



**Diversité des insectes  
en Suisse**

Importance, tendances, actions possibles

Photo de couverture: Le **phanéroptère commun** (*Phaneroptera falcata*) est une espèce de Tettigoniidae thermophile qui vit en Suisse, surtout au pied sud du Jura, jusqu'à une altitude de 1000 m. On le trouve, par exemple, dans des prairies maigres et des vignobles, mais aussi sur des sites rudéraux et des jachères florales ou dans des zones humides. Le succès de sa reproduction dépend de la présence de buissons ou de structures similaires. Comme l'espèce vole bien, elle peut rapidement coloniser de nouveaux habitats. Elle tire également profit du réchauffement climatique et étend constamment son territoire européen vers le nord.

## MENTIONS LÉGALES

### EDITRICE ET CONTACT

Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT)  
Forum Biodiversité Suisse  
Maison des Académies • Laupenstrasse 7 • Case postale • 3001 Berne • Suisse  
+41 31 306 93 40 • biodiversity@scnat.ch • biodiversity.scnat.ch  @biodiversityCH

### PROPOSITION DE CITATION

Widmer I, Mühlethaler R et al. (2021) Diversité des insectes en Suisse: importance, tendances, actions possibles. Swiss Academies Reports 16 (9)

### AUTEURES ET AUTEURS

Ivo Widmer • Roland Mühlethaler • Bruno Baur • Yves Gonseth • Jodok Guntern • Gregor Klaus • Eva Knop • Thibault Lachat • Marco Moretti • Daniela Pauli • Loïc Pellissier • Thomas Sattler • Florian Altermatt

### CONTRIBUTIONS

Hannes Baur (chapitre 5.4) • Verena Lubini (chapitre 5.6) • Andreas Müller (chapitre 5.1) • Christophe Praz (chapitre 5.1) • Jürg Schmid (chapitre 5.3) • André Wagner (chapitre 5.6) • Hansruedi Wildermuth (chapitre 5.5) • Hans-Peter Wymann (chapitre 5.3)

### REMERCIEMENTS

Les auteures et les auteurs remercient les nombreux spécialistes qui ont généreusement mis leur temps et leur savoir à la disposition du présent rapport. Nous remercions tout particulièrement Tobias Roth, Matthias Plattner et Stefan Birrer du MBD/Hintermann & Weber AG pour nos entretiens et leurs indications précieuses concernant les données et les analyses du Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD). Nous remercions également Christoph Scheidegger, qui a accompagné l'élaboration du rapport en tant que délégué du Comité élargi de la SCNAT et contrôlé le respect des consignes de la SCNAT en matière d'AQ, pour ses indications et ses précieux commentaires.

### TRADUCTION

Henri-Daniel Wibaut

### ILLUSTRATIONS ET INFOGRAPHIQUES

Monika Rohner (monikarohner.com)

### PHOTOS

Thomas Marent (thomasmarent.com)

### MISE EN PAGE

Olivia Zwygart (SCNAT)

L'élaboration des bases du présent rapport a été réalisée avec le soutien financier de l'OFEV. Seul la SCNAT porte la responsabilité de son contenu.

1<sup>e</sup> édition, 2021

Le rapport imprimé peut être commandé sous biodiversity@scnat.ch pour CHF 30.- ou téléchargé sous biodiversity.scnat.ch/publications.

ISSN (print) 2297-1793  
ISSN (online) 2297-1807

DOI: doi.org/10.5281/zenodo.5144800



Cradle to Cradle™-rapport certifiée et climatiquement neutre, imprimée par Vögeli AG à Langnau.



GOLD

# Diversité des insectes en Suisse

Importance, tendances, actions possibles

## ODD : OBJECTIFS DE DURABILITÉ DE L'ONU

Dans la présente publication, le Forum Biodiversité de l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT) analyse l'évolution de la diversité des insectes et de leurs populations en Suisse ainsi que les causes des changements observés. Il attire l'attention sur l'importance des insectes et montre les conséquences qu'entraînent les pertes d'insectes. En particulier la mise en œuvre du programme en 12 points proposé dans le rapport ainsi que les mesures y afférentes pour la conservation et la promotion des insectes en Suisse fournissent une contribution à l'ODD 2, dans la mesure où ils encouragent une agriculture durable, et aux ODD 6 et 15, dans la mesure où ils contribuent à la protection des écosystèmes terrestres et aquatiques, à leur restauration et à leur exploitation durable.

LES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE (ODD) SONT DES OBJECTIFS DÉFINIS AU NIVEAU ÉCONOMIQUE, SOCIAL ET ÉCOLOGIQUE. LES CHEFS D'ÉTAT ET DE GOUVERNEMENT DES NATIONS UNIES ONT ADOPTÉ LES 17 OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE EN 2015. CES NOUVEAUX OBJECTIFS DOIVENT ÊTRE MIS EN ŒUVRE D'ICI 2030 A L'ÉCHELLE MONDIALE ET PAR L'ENSEMBLE DES ÉTATS MEMBRES DE L'ONU ET SERVIR A GARANTIR L'INSTAURATION D'UN DÉVELOPPEMENT DURABLE.

> [sustainabledevelopment.un.org](https://sustainabledevelopment.un.org)

> [eda.admin.ch/agenda2030/fr/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung.html](https://eda.admin.ch/agenda2030/fr/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung.html)



# Contenu

<b>1</b>	<b>Résumé .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Situation de départ et objectif du rapport .....</b>	<b>9</b>
2.1	Les insectes à protéger .....	9
2.2	Reculs préoccupants.....	9
2.3	Rapports souvent trop peu différenciés .....	9
2.4	Objectif et orientation du présent rapport .....	10
2.5	Procédé et base de données.....	10
2.5.1	Listes rouges.....	10
2.5.2	Programmes de monitoring.....	10
2.5.3	Etudes scientifiques.....	11
<b>3</b>	<b>Diversité des insectes .....</b>	<b>17</b>
3.1	Hyménoptères.....	17
3.2	Diptères .....	17
3.3	Coléoptères.....	18
3.4	Lépidoptères.....	18
3.5	Hémiptères.....	18
3.6	Orthoptères .....	18
3.7	Libellules .....	18
3.8	Ephéméroptères, plécoptères et trichoptères.....	20
<b>4</b>	<b>Importance des insectes .....</b>	<b>23</b>
4.1	Importance écologique .....	23
4.2	Importance pour la société et l'économie .....	23
<b>5</b>	<b>Tendances et état des communautés d'insectes.....</b>	<b>27</b>
5.1	Abeilles sauvages .....	27
5.2	Coléoptères.....	28
5.3	Papillons .....	30
5.4	Sauterelles, grillons et criquets .....	34
5.5	Libellules .....	35
5.6	Ephéméroptères, plécoptères et trichoptères.....	36
5.7	Evaluation des changements constatés.....	38
<b>6</b>	<b>Causes de l'évolution .....</b>	<b>41</b>
6.1	Changements d'affectation des milieux.....	41
6.1.1	Zones agricoles .....	41
6.1.2	Forêt .....	44
6.1.3	Eaux .....	45
6.1.4	Milieu urbain .....	45
6.1.5	Milieux proches de la nature .....	47
6.2	Facteurs d'influence transversaux.....	47
6.2.1	Fragmentation des milieux .....	47
6.2.2	Apport d'azote atmosphérique.....	49
6.2.3	Changement climatique .....	50
6.2.4	Espèces exotiques envahissantes .....	50
6.2.5	Pollution lumineuse.....	51
6.3	Evaluation des divers facteurs d'influence.....	53



Le portrait d'une ischnure naine (*Ischnura pumilio*) montre parfaitement ses grands yeux à facettes, qui permettent aux libellules de poursuivre leurs proies et de les capturer d'habitude en plein vol. Aussi leurs larves, qui vivent dans l'eau, sont des prédateurs. Pour la dernière mue (éclosion de l'animal adulte), les larves quittent l'eau en général le long d'une plante et s'y accrochent. Tant que la carapace de chitine n'a pas durci et que les ailes ne sont pas complètement déployées, ces animaux sont très vulnérables et constituent des proies faciles. Ce n'est que plus tard qu'ils révéleront leur talent d'acrobate et leur rapidité de vol.

<b>7</b>	<b>Lacunes de connaissance.....</b>	<b>55</b>
7.1	Diversité des espèces.....	55
7.2	Variations temporelles.....	55
7.3	Causes de l'évolution et actions requises.....	56
7.4	Rôle des insectes dans les services écosystémiques.....	56
<b>8</b>	<b>Instruments existants et actions supplémentaires requises .....</b>	<b>57</b>
8.1	Instruments par activités sectorielles .....	57
8.2	Programmes d'organisations et de particuliers .....	60
8.3	Actions requises supplémentaires.....	60
<b>9</b>	<b>Programme en 12 points pour la conservation et la promotion des insectes en Suisse .....</b>	<b>64</b>
9.1	Identifier et préserver les hauts lieux entomologiques .....	66
9.2	Valoriser, interconnecter et créer des habitats .....	66
9.3	Mettre en œuvre des mesures ciblées de promotion des espèces.....	67
9.4	Réduire les risques et l'emploi des pesticides .....	67
9.5	Réduire les apports en azote et en phosphore.....	68
9.6	Adopter un mode d'exploitation respectueux des insectes .....	68
9.7	Conjurer le changement climatique.....	69
9.8	Réduire la pollution lumineuse.....	69
9.9	Étendre les monitorages et les suivis.....	70
9.10	Intensifier la recherche .....	70
9.11	Améliorer la connaissance des espèces et les compétences pratiques.....	71
9.12	Actionner les grands leviers .....	71
<b>10</b>	<b>Bibliographie .....</b>	<b>73</b>
<b>11</b>	<b>Annexe.....</b>	<b>87</b>
	<b>Auteurs et auteurs.....</b>	<b>107</b>

#### En bref (Encadrés)

2.1	Comment mettre en évidence l'évolution de la diversité des insectes et de leur biomasse?.....	11
2.2	Paramètres de mesure pour le recensement des insectes.....	14
6.1	Importance des microstructures pour les insectes.....	41

#### Figures

2.1	Bases pour la description de la situation des insectes en Suisse et leurs tendances.....	12
2.2	Défis liés à l'évaluation des tendances en matière de diversité et de fréquence des insectes .....	15
3.1	Diversité des insectes en Suisse.....	19
4.1	Importance des insectes dans les écosystèmes .....	25
5.1	Le changement climatique modifie la faune des lépidoptères en Suisse .....	32
5.2	De nombreux insectes sont menacés en Suisse et figurent sur la liste rouge des espèces menacées .....	39
6.1	Facteurs de menace de la diversité des insectes en Suisse .....	42



Parfois confondu avec le hanneton commun, plus grand, le **hanneton de la Saint-Jean** apparaît un peu plus tard dans l'année.

Plusieurs espèces de coléoptères sont réunies sous ce nom ; l'une d'entre elles (*Amphimallon solstitiale*) est reproduite ici. Les larves de cette espèce vivent environ quatre ans dans le sol, où elles se nourrissent de racines et d'autre matière végétale. Les adultes mangent surtout des feuilles fraîches. L'espèce est très répandue et apparaît surtout le soir en essaims.

# 1 Résumé

Le monde des insectes et sa diversité fascinante en formes et en couleurs est l'aboutissement d'une évolution de plusieurs millions d'années qui, pour cette simple raison, mérite d'être protégé. En raison de leur richesse spécifique, de leur biomasse considérable et de leurs multiples spécialisations, les insectes jouent un rôle majeur dans presque tous les écosystèmes où ils exercent de nombreuses fonctions clés. La diminution de la diversité des insectes et de leur biomasse a des incidences négatives sur les services écosystémiques et, ainsi, des conséquences potentiellement graves pour la société et l'économie. De nombreuses plantes cultivées sont, par exemple, tributaires de la pollinisation par les insectes. Plus les pollinisateurs présents sont nombreux et variés, plus la qualité et la quantité de la pollinisation est grande ce qui améliore la production de fruits et de graines. En outre, les insectes contrôlent les ravageurs et contribuent à la décomposition et à la transformation de la matière organique dont dépend la fertilité des sols.

Pourtant, ces prestations ne vont plus de soi. Sur la base de nombreuses études, les scientifiques du monde entier aboutissent à la conclusion que la diversité et la biomasse des insectes diminuent. En ce qui concerne la Suisse, il n'y a eu jusqu'à présent aucune vue d'ensemble des connaissances relatives à l'état et les tendances des communautés d'insectes. En publiant le présent Swiss Academies Report avec le concours d'expertes et d'experts, le Forum Biodiversité Suisse de l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT) comble cette lacune.

Le rapport se fonde sur les listes rouges nationales, sur les résultats de programmes nationaux de monitoring, sur des études locales et régionales concernant différents groupes d'insectes ainsi que sur des expertises. Il documente de manière nuancée – pour autant que des données soient disponibles – l'évolution de la diversité et des effectifs d'insectes en Suisse ainsi que les causes des changements observés. Il attire l'attention sur l'importance des insectes et met en évidence les conséquences liées à leur raréfaction. Le rapport met en lumière les lacunes à combler et présentent les principales mesures susceptibles de sauvegarder et de promouvoir les insectes en Suisse.

Depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle environ, des baisses marquées de la diversité des insectes et de la taille de leurs populations ont été constatées en Suisse au plan national, régional et local, en particulier sur le Plateau. Les listes rouges montrent que de nombreuses espèces menacées, étroitement liées à des habitats spécifiques, présentent en-

core aujourd'hui des réductions d'effectifs. Au cours des dernières décennies, cette évolution a pu être observée non seulement sur le Plateau, mais aussi dans le Jura et les Alpes. Certaines espèces thermophiles communes sont en revanche devenues plus fréquentes au cours des vingt dernières années et continuent de se propager. Cependant, de nombreux groupes d'insectes n'ont pas été suffisamment étudiés jusqu'à présent pour que l'on puisse se prononcer sur l'évolution de leurs effectifs ou de leur diversité. De même, il n'existe pas encore de données nationales documentant l'évolution à long terme de la biomasse des insectes en Suisse. Il est toutefois permis de supposer que des pertes similaires à celles observées dans d'autres pays européens ont eu lieu dans notre pays.

Pour quelques rares espèces d'insectes, des tendances positives ont pu être observées depuis le début du millénaire grâce aux mesures efficaces de conservation et de promotion de la biodiversité qui ont été prises. Néanmoins, la situation des insectes en Suisse demeure globalement préoccupante. Les effectifs de nombreuses espèces sont descendus à un niveau inquiétant. Leur survie à long terme et, partant, les services écosystémiques qu'elles fournissent sont donc compromis.

Comme d'autres groupes d'organismes, les insectes sont tributaires d'un paysage varié, riche en structures, en milieux proches de la nature et en surfaces écologiquement intactes. Les causes de l'érosion des effectifs et de la diversité des insectes sont multiples et connues. Elles sont principalement dues aux facteurs suivants: perte d'habitats, dégradation de la qualité des milieux (réduction de l'offre alimentaire, accroissement des apports d'azote, épandage de pesticides, exploitation hostile aux insectes, absence de structures, pollution lumineuse), fragmentation des écosystèmes, réchauffement climatique et irruption d'espèces exotiques envahissantes. En fonction de leur combinaison, ces facteurs ont un impact différent sur les divers groupes d'insectes et peuvent se renforcer mutuellement. Les insectes des milieux aquatiques et des zones humides ainsi que ceux des milieux agricoles sont fortement affectés par plusieurs facteurs. En forêt, la situation est meilleure, bien que les espèces les plus exigeantes, tributaires de bois mort de gros diamètre, soient en grand danger, et que les futaies dominantes soient trop sombres pour les espèces héliophiles et thermophiles.

Durant les dernières décennies, l'importante perte de surfaces proches de la nature et le recul de la biodiversité qui en découle en Suisse ont stimulé la création de nombreux instruments destinés à protéger et à promouvoir les espèces et les écosystèmes menacés. Ces instruments ont largement contribué à ce que les pertes d'insectes ne soient pas plus graves voire même que leur situation s'améliore localement. Dans l'ensemble toutefois, les efforts accomplis pour sauvegarder et promouvoir la biodiversité, et donc les insectes, sont réduits à néant par des mesures de développement qui accroissent la pression sur les écosystèmes et les espèces. Il en résulte que les effectifs de nombreuses d'entre elles continuent de régresser en dépit des mesures adoptées. Ces pertes affectent avant tout les espèces spécialisées, tributaires d'habitats, de sites potentiels de nidification et d'hivernage qui se raréfient ou de plantes hôtes spécifiques. Des mesures supplémentaires s'imposent donc d'urgence pour sauvegarder à long terme la diversité et les effectifs des insectes en Suisse.

Même si les connaissances actuelles sont très lacunaires pour de nombreux groupes d'insectes, celles disponibles sont suffisantes pour pouvoir agir. Concernant la conservation et l'amélioration de la situation des insectes en Suisse, nous avons élaboré un programme de 12 points assorti de mesures concrètes. Il complète les instruments existants et porte sur les causes reconnues et scientifiquement démontrées du déclin des insectes. Ce programme aborde non seulement les causes actuelles de la régression des insectes, mais il thématise également leur surveillance, la recherche, la connaissance des espèces et les compétences pratiques. Les 12 points et les mesures qui en découlent sont harmonisés. Pour que leur impact soit aussi fort que possible, il faudra les aborder en parallèle et dans leur intégralité.

## 2 Situation de départ et objectif du rapport

### 2.1 Les insectes à protéger

Les insectes sont omniprésents dans notre environnement et peuvent susciter de fortes émotions. Ils représentent une part significative de la biomasse animale dans les écosystèmes et sont, en raison de leur diversité fonctionnelle et taxonomique, liés à une multitude de processus écologiques dont l'être humain tire souvent profit (Schowalter et al. 2018; voir figure 4.1). La diversité considérable des insectes mérite toutefois d'être protégée indépendamment de son utilité – simplement parce qu'elle est là. Chaque espèce ou groupes d'organismes incarne le résultat d'une évolution de plusieurs millions d'années. Un grand nombre d'arguments scientifiquement fondés et basés sur des systèmes de valeurs différents justifient la sauvegarde de la biodiversité et donc de la diversité des insectes. Le Forum Biodiversité Suisse a synthétisé ces arguments en 2020 (Forum Biodiversität Schweiz 2020; biodiversity.scnat.ch/argumentarium).

### 2.2 Reculs préoccupants

Durant les dernières décennies, des reculs alarmants de diversité des espèces d'insectes et de taille de leur aire de répartition géographique ont été constatés dans de nombreux pays. De nouvelles études montrent en outre que la répartition, la fréquence et la biomasse d'espèces pourtant très communes diminuent également (Kosior et al. 2007; Hallmann et al. 2017, 2021; Stepanian et al. 2020; voir encadré 2.2 pour paramètres de mesure pour le recensement des insectes).

Les rapports scientifiques sont éloquents au point de justifier l'adoption immédiate de mesures de conservation et de promotion des insectes (Montgomery et al. 2019, 2021; Fartmann et al. 2021). Il existe d'ores et déjà des actions possibles, scientifiquement fondées, qui peuvent profiter non seulement aux insectes mais à l'ensemble de la biodiversité et qui offrent simultanément des avantages écologiques, sociaux et économiques (Harvey et al. 2020).

Comme le démontre ce rapport le recul des insectes a été constaté et documenté aux échelles locale, régionale et nationale en Suisse également. Ce recul concerne aussi bien la taille de l'aire de répartition que les effectifs des espèces. La fiche d'information du Forum Biodiversité Suisse «Disparition des insectes en Suisse et conséquences éventuelles pour la société et l'économie» a fourni pour la première fois – en s'appuyant sur les listes rouges – une vue d'ensemble de l'état des populations

d'insectes et des causes de la diminution de leurs effectifs (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2019).

### 2.3 Rapports souvent trop peu différenciés

Les résultats de certaines études sur les insectes ont été parfois fortement généralisés dans les rapports qui leur ont été consacrés. On y parle souvent d'une disparition planétaire des insectes voire même d'une «apocalypse des insectes» (Jarvis 2018; Saunders et al. 2020a, b). Y ont surtout contribué diverses études dont les conclusions sont exagérément pessimistes et fortement simplifiées (Sánchez-Bayo & Wyckhus 2019, p.ex.) et qui ont suscité un vaste écho médiatique (Didham et al. 2020).

Il existe toutefois un grand nombre d'études nuancées, s'appuyant sur les résultats de nombreuses analyses, qui font état de régressions locales et régionales tout à fait préoccupantes de populations d'insectes. Des chercheurs ont ainsi analysé les données issues de 166 études à long terme menées sur plus de 1600 sites dans le monde (van Klink et al. 2020a, b; mais comparez Desquilbet et al. 2020; Jähnig et al. 2020) et démontré qu'en moyenne mondiale, l'abondance d'insectes terrestres tels que papillons, orthoptères ou fourmis a régressé de 0,92 % par an entre 1925 et 2018. Ce taux apparemment peu élevé, correspond toutefois à un déclin de 24 % sur 30 ans et même de la moitié du nombre d'insectes sur 75 ans. La disparition des insectes est donc insidieuse; sa véritable ampleur n'apparaîtra qu'après des décennies de collecte et d'analyse minutieuse des données. A vrai dire, cette méta-analyse a révélé de grandes différences dans les tendances locales – même entre des sites voisins – et des tendances positives pour certains groupes d'insectes et périodes d'observation.

Des conclusions par trop généralisées ne sont donc pas conformes à la complexité des changements observés au niveau de la diversité des insectes et de leurs effectifs: il y a des perdants et des gagnants parmi eux. Pour pouvoir procéder à une appréciation fondée de la situation des insectes, une présentation nuancée de l'état, des tendances et des changements intervenus pour les différents groupes et espèces d'insectes dans les différents paysages et milieux s'avère nécessaire.

## 2.4 Objectif et orientation du présent rapport

Jusqu'à présent, une vue d'ensemble rassemblant les connaissances disponibles au sujet de la situation des insectes en Suisse faisait défaut. Le Forum Biodiversité Suisse comble cette lacune en publiant le présent Swiss Academies Report. S'appuyant sur les bases scientifiques disponibles et les appréciations complémentaires d'expert-e-s, ce rapport consacré aux insectes de Suisse, documente l'évolution de leur diversité et de leurs effectifs et isole les causes de cette évolution. Ce faisant, il classe les résultats par différents échelles spatiales, différentes périodes et différents groupes d'espèces et attire l'attention sur les lacunes existantes. Il montre en outre à quel point les insectes sont importants et irremplaçables dans les écosystèmes et, en fin de compte, pour l'économie et la société. Il rend hommage aux efforts accomplis jusqu'à présent pour la sauvegarde de la biodiversité, et donc des insectes, tout en mettant en évidence les besoins d'action supplémentaires. Un programme en 12 points concrétise les démarches nécessaires pour améliorer la situation des insectes en Suisse là où régressions massives ont été observées. Le rapport met autant que possible l'accent sur la situation en Suisse, tout en intégrant, le cas échéant, des études provenant d'autres pays ou de portée mondiale.

## 2.5 Procédé et base de données

L'élaboration du rapport s'est fondée sur une vaste exploration de la littérature scientifique. Par ailleurs, des expert-e-s de différents groupes d'insectes ont été invités à fournir des publications et des rapports particulièrement pertinents sur l'évolution ou la situation de certains groupes d'insectes en Suisse ou dans les pays voisins. La base de données bibliographiques qui en a résulté englobe des publications à vocation locale, régionale, nationale, européenne et mondiale, provenant aussi bien de revues scientifiques réputées que de la littérature grise. Finalement, trois sources de données étaient disponibles : les listes rouges, les programmes de monitoring et diverses études scientifiques ponctuelles (voir encadré 2.1 et figure 2.1). De plus, les expertises des autrices et auteurs ainsi que d'autres expert-e-s ont été intégrées pour différents groupes d'insectes. Lorsque les informations fournies reproduisent une appréciation personnelle d'expert-e-s, il en est fait mention.

### 2.5.1 Listes rouges

Les listes rouges se fondent principalement sur l'évolution documentée de l'effectif de chaque espèce dans le territoire considéré, de la surface qu'elles colonisent réellement, de même que de la taille et du degré d'isolement des populations. Sur la base de ces critères, il est possible de déterminer leur risque d'extinction (voir encadré 2.2 ;

Keith et al. 2013 ; Fivaz & Gonseth 2014 ; Schmidt 2017). Plus le territoire colonisé est petit et fragmenté, plus les effectifs régressent rapidement, et plus le degré de menace est élevé.

Depuis 2000, chaque liste rouge publiée en Suisse est établie selon un processus pluriannuel et sur la base des critères internationalement reconnus de l'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN). L'application des critères de l'IUCN requiert d'importants jeux de données. Par conséquent, pour chaque liste rouge, de vastes relevés sont effectués sur le terrain. Les spécialistes impliqués inventorient notamment les sites dans lesquels les différentes espèces ont été observées dans le passé et vérifient si elles y sont encore présentes (voir encadré 2.2).

En Suisse, les listes rouges jouent un rôle essentiel dans l'évaluation de l'état des populations d'insectes. Le présent rapport a surtout pris en considération les listes rouges conformes aux recommandations et aux critères de l'IUCN (voir Fivaz & Gonseth 2014). Les listes rouges plus anciennes (Duelli 1994) reposent dans une large mesure sur des appréciations d'expert-e-s et sont établies sur la base de critères différents. Elles ne peuvent donc pas être directement comparées avec les listes établies selon les dernières normes de l'IUCN. Pour des appréciations à long terme, elles constituent néanmoins une source importante et scientifiquement fondée. Elles fournissent l'état estimé des populations des différentes espèces au début des années 1990, état tributaire de leur évolution au cours du XX<sup>e</sup> siècle.

Les listes rouges établies selon les critères de l'IUCN sont disponibles pour les groupes d'insectes suivants : libellules (Gonseth et al. 2002 ; nouvelle édition à paraître) ; orthoptères (Monnerat et al. 2007), éphéméroptères, plécoptères et trichoptères (Wagner et al. 2012) ; papillons diurnes et zygènes (Wermeille et al. 2014) et coléoptères saproxyliques des familles de buprestidés, cérambycidés, cétoniidés et lucanidés (Monnerat et al. 2016). Des listes rouges similaires sont en cours d'élaboration et leur publication est prévue pour les groupes suivants : cigales, abeilles sauvages ainsi que carabidés et cicindelins.

### 2.5.2 Programmes de monitoring

Combinées avec les listes rouges, les données issues des programmes de monitoring représentent une base importante pour l'appréciation de l'évolution de la diversité et de l'effectif des espèces. Le Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD) recense l'évolution à long terme de la diversité de certaines espèces végétales et animales, parmi lesquelles les papillons diurnes ainsi que les éphéméroptères, les plécoptères et les trichoptères. Le MBD se concentre sur le recensement des espèces présentes dans le paysage suisse normal et documente ainsi surtout l'évo-

lution des populations des espèces communes (BAFU 2020). L'état des populations des espèces spécialisées plus rares confinées dans certains milieux est estimé sur la base des données complémentaires recueillies dans le cadre des travaux listes rouges.

Il existe par ailleurs des programmes de monitoring qui recensent et évaluent certains groupes d'insectes, tels que le programmes NAWA (Observation nationale de la qualité des eaux de surface) ou ALL-EMA (Arten und Lebensräume Landwirtschaft – Espèces et milieux agricoles). Certains programmes cantonaux prennent également en considération les insectes, comme par exemple le programme argovien « Langfristüberwachung der Artenvielfalt in der normal genutzten Landschaft des Kantons Aargau » (LANAG).

L'ensemble des programmes de monitoring ne couvrent que la période des 10 à 20 dernières années. Cependant les grandes pertes de biodiversité en Suisse ont eu lieu au siècle dernier (Lachat et al. 2010), surtout à partir des années 1950 (voir figure 2.1). Il n'existe pas en Suisse d'études à long terme focalisées sur l'évolution de la biomasse des insectes (Guyot et al. 2018; voir aussi chapitre 7.2).

### 2.5.3 Etudes scientifiques

En plus des recensements effectués dans le cadre des listes rouges et des programmes de monitoring, de nombreuses autres études scientifiques relatives aux insectes ont été réalisées (Tableau A.1, annexe, p. ex.). Certaines recensent à intervalles réguliers et sur une longue période la diversité des insectes d'un même site (étude à long terme; encadré 2.1), d'autres répètent des recensements anciens (si possible dans les mêmes sites et à l'aide des mêmes méthodes) et comparent la diversité actuelle des espèces ou les nombres d'individus observés (biomasse) avec les données plus anciennes (autrefois/maintenant; voir encadré 2.1). Le travail mené par Fürst (2020), qui a comparé sur le Plateau suisse des séries de données de 1987, 1997 et 2019, en constitue un bon exemple. Les spécimens des collections historiques et les catalogues détaillés d'entomologistes de la fin du XIX<sup>e</sup> et du début du XX<sup>e</sup> siècle documentent l'état de la diversité à leur époque et constituent la base de nouveaux recensements dans les mêmes territoires (Frédéric de Rougemont et Emile Favre pour les papillons du Jura Neuchâtelois et du Valais, Friedrich Ris pour les papillons de Suisse nord-orientale ou Adolf Nadig pour les orthoptères des Alpes orientales et méridionales p. ex.).

#### Encadré 2.1 Comment mettre en évidence l'évolution de la diversité des insectes et de leur biomasse ?

L'évolution de la diversité spécifique et de la fréquence des insectes (et de leur biomasse) peut être mise en évidence selon diverses approches. Ces approches se complètent et leur combinaison aboutit à un résultat probant.

**Comparaisons sur de longues périodes, également « autrefois/maintenant ».** Certaines études relatives à l'évolution des populations d'insectes comparent la diversité ou les effectifs (parfois en tant que biomasse) actuels des espèces avec des données anciennes (voir figure 2.1). Dans le cadre de relevés effectués sur le terrain pour les listes rouges, par exemple, des sites où certaines espèces avaient été observées dans le passé sont réinspectés. Cette approche peut fournir de précieuses informations sur l'évolution temporelle des populations si les relevés sont effectués dans les mêmes sites avec les mêmes méthodes (même effort d'échantillonnage, p. ex.).

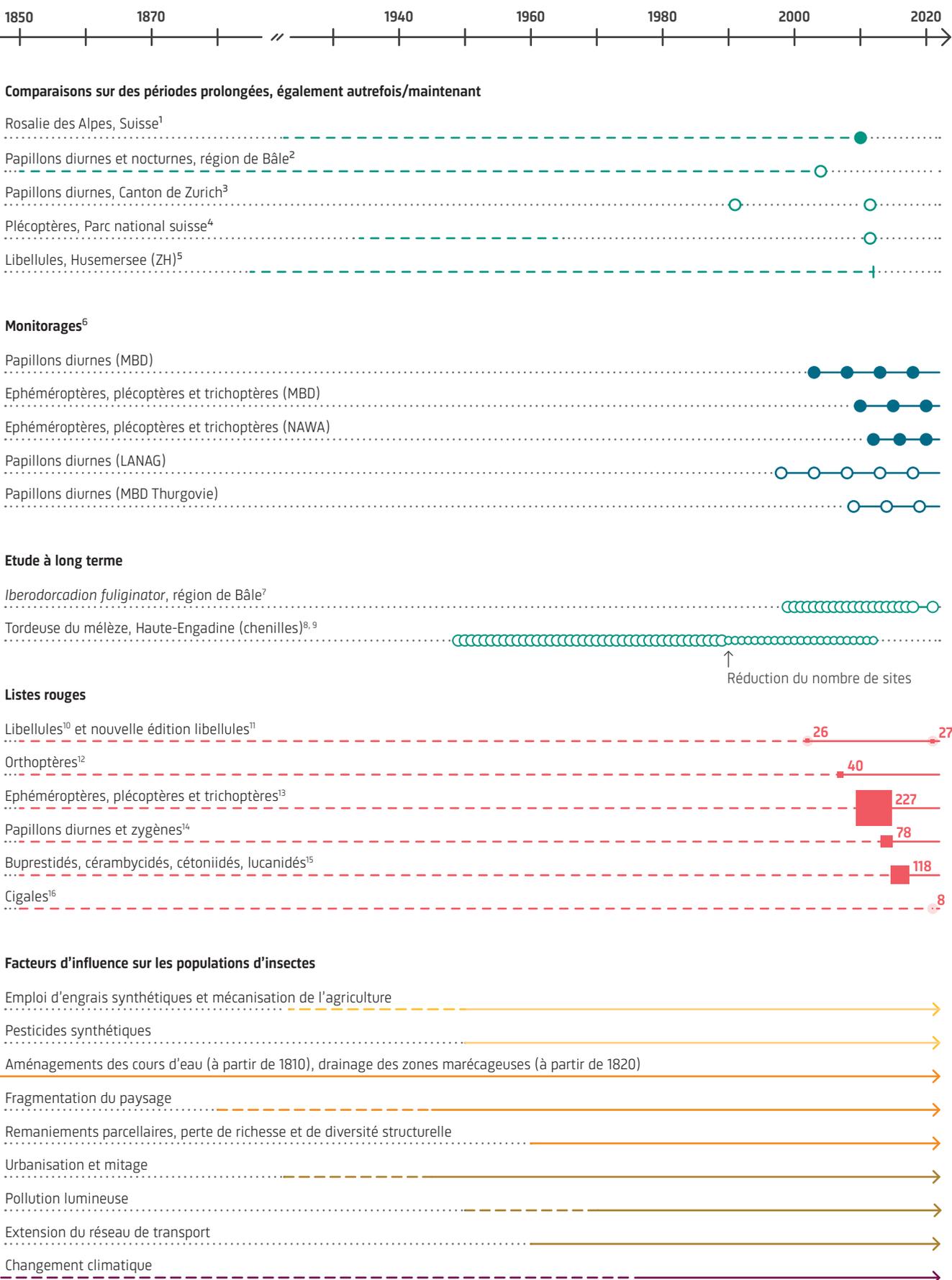
Ces informations manquent toutefois très souvent dans le cas de relevés très anciens ce qui limite fortement les possibilités de comparaison des données historiques avec les données récentes prélevées selon des méthodes standardisées. Par ailleurs, les quantités d'insectes observées chaque année fluctuent notamment en fonction des conditions météorologiques des mois précédant les relevés, ce qui peut avoir une forte influence sur les résultats annuels (voir figure 2.2). Ainsi, une espèce d'insectes peut une année présenter dix fois plus d'individus que l'année suivante (une « année à guêpes », p. ex.).

**Etudes à long terme et monitoring.** Une autre approche consiste à recenser chaque année la diversité des insectes sur un ou plusieurs sites durant une période prolongée (20 ans ou plus) (voir figure 2.1). Elle permet aussi d'évaluer la variation de la fréquence de chaque espèce sur plusieurs années (voir figure 2.2). En plus du temps requis et de l'incertitude du financement durant toutes ces années, cette approche présente l'inconvénient que, pour certains groupes d'insectes, la détermination garantie d'une espèce requiert que des animaux soient capturés et tués.

Les programmes de monitoring recensent les insectes à intervalles réguliers. Ceux dont ces intervalles sont assez longs, par exemple tous les cinq ans, présentent les mêmes inconvénients que dans le des comparaisons « autrefois/maintenant ». Cependant, l'impact de ces inconvénients diminue avec l'augmentation du nombre de séries de données (porte sur quatre séries de données ou davantage évaluées à intervalles réguliers).

**Etudes à long terme non invasives.** Les inconvénients mentionnés plus haut disparaissent si les insectes peuvent être observés et leur fréquence enregistrée chaque année sans préjudice porté à leur habitat (sans capture des animaux). Exemples: monitoring des papillons diurnes à l'aide de la méthode standardisée des transects linéaires, monitoring acoustique de certains orthoptères ou cigales, monitoring des lucioles (Gardiner & Didham 2020) ainsi qu'étude à long terme sur les effectifs de certaines espèces de coléoptères (Baur et al. 2020).

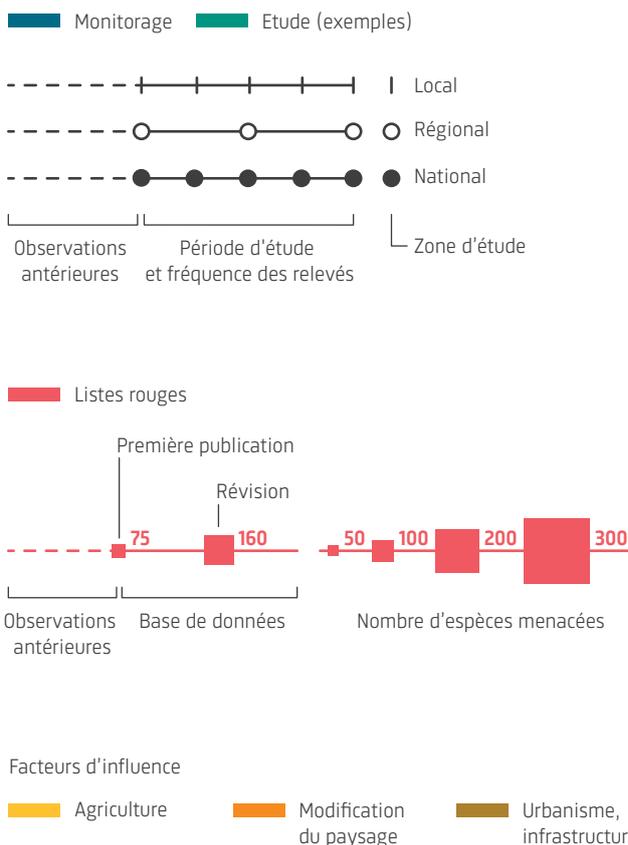
Figure 2.1 Bases pour la description de la situation des insectes en Suisse et leurs tendances



L'évolution de la diversité spécifique et de la fréquence des insectes peut être mise en évidence selon diverses approches (voir encadré 2.1). Les différents relevés se distinguent en ce qui concerne l'étendue de la zone d'étude (locale - nationale), couvrent de différentes périodes d'observation et sont basés sur des différentes fréquences de collecte de données. Les différentes sources de données se complètent et dressent ensemble un tableau pertinent. Les relevés effectués à divers moments, souvent répartis sur de longues périodes, permettent de comparer l'état actuel de la diversité des espèces et/ou le nombre d'individus avec des données antérieures (autrefois/maintenant). Les programmes de monitoring et les études à long terme recensent régulièrement (chaque année, p. ex.) la diversité des insectes sur un ou plusieurs sites et sur une période prolongée. Les listes rouges dressent le bilan du degré de menace pesant sur différentes espèces d'insectes parmi des groupes, pour lesquels des données suffisantes sont disponibles. Ces listes se fondent sur des données relevées selon les approches décrites ci-dessus, principalement celles des monitorages. Les séries temporelles des programmes de monitoring en Suisse sont relativement courtes jusqu'à présent et ne donnent qu'une idée de l'évolution des populations des groupes d'insectes étudiés au cours des 10 à 20 dernières années. Bon nombre des modifications anthropogènes de l'environnement et leurs incidences négatives aussi bien sur la biodiversité que sur les populations d'insectes eurent toutefois lieu dès le début du XIX<sup>e</sup> siècle, par exemple sous la forme d'aménagements des cours d'eau et de drainages à grande échelle des zones marécageuses (voir facteurs d'influence sur les populations d'insectes). Les premières répercussions de ces changements environnementaux sur la diversité entomologique n'ont donc pas été enregistrées par les programmes de monitoring. Les listes rouges peuvent cependant fournir des indications pertinentes sur l'évolution à long terme des effectifs d'insectes.

1-16 Bibliographie, voir p. 84.

**Légende**



## Encadré 2.2 Paramètres de mesure pour le recensement des insectes

Les variations temporelles de la diversité des insectes et de leurs effectifs peuvent être évaluées sur la base des paramètres suivants : **1. richesse, diversité et composition des communautés d'espèces**, **2. fréquence et biomasse des espèces**, et **3. présence et répartition des différentes espèces** (Montgomery et al. 2021). A cet égard, différentes méthodes peuvent être appliquées sur diverses échelles spatiales et temporelles (différents types de pièges, monitoring acoustique, relevé visuel actif, p. ex.).

Les différents paramètres de mesure se complètent. En même temps, chaque variable requiert une échelle d'échantillonnage spatiale et temporelle différente. Autrefois, les insectes étaient principalement collectés en vue d'établir des listes faunistiques. L'accent était mis sur les espèces rares ou particulièrement attractives; les espèces jadis fréquentes et largement répandues n'étaient guère recensées. Cela réduit la comparabilité des données relevées autrefois avec celles des programmes de monitoring modernes et standardisés.

- 1. Richesse des espèces (*species richness*), diversité des espèces (*species diversity*) et composition des communautés d'espèces (*species composition*):** différentes variables de la diversité des espèces dans une région, un écosystème ou une biocénose (Schaefer 2012). Tandis que la richesse des espèces décrit le nombre des espèces observées dans une région ou une communauté, la diversité des espèces prend aussi en considération la fréquence relative des espèces présentes. L'évolution observée au niveau de la diversité et de la composition des communautés d'espèces dans des biocénoses suggère fréquemment des changements environnementaux (Oliver et al. 2015; Woodcock et al. 2019).
- 2. Fréquence relative/abondance (*abundance*) et biomasse (*biomass*):** nombre d'individus ou masse (poids frais ou sec) des individus de certaines espèces ou de certains groupes d'espèces par rapport à une unité de surface (Schaefer 2012). Pour estimer la fréquence et la biomasse, il faut dénombrer ou peser les individus des différentes espèces avec précision. Les informations relatives à la biomasse des insectes donnent directement des indications sur la qualité de certains services écosystémiques. Les mesures de biomasse ont été rarement effectuées jusqu'à présent, mais ont renforcé l'intérêt actuel pour le déclin des insectes (Hallmann et al. 2017, p. ex.).
- 3. Répartition (*distribution*):** présence (*occurrence*) d'une population ou d'une espèce sur un vaste territoire (répartition géographique; Schaefer 2012). Pour pouvoir évaluer l'occurrence et la répartition d'une espèce, il faut que la présence de l'espèce soit observée (*presence*). La surveillance de l'occurrence et de la répartition d'une espèce est sans doute la méthode la plus fréquemment appliquée. Les changements intervenant dans la présence et la répartition des espèces sont de précieux indicateurs de l'évolution des caractéristiques des milieux (changement climatique, intensification de l'exploitation du sol, évolution de la présence de plantes nourricières; Soroye et al. 2020, p. ex.).

### Diversité des insectes et service écosystémique

Les services écosystémiques rendus dans une région sont tributaires de la diversité spécifique des insectes et avant tout des fréquences relatives des différentes espèces d'insectes (Garibaldi et al. 2013; Macadam & Stockan 2015; Oliver et al. 2015; Winfree et al. 2015; Woodcock et al. 2019; Pérez Méndez et al. 2020). Ainsi, une communauté de pollinisateurs riche en espèces peut servir d'assurance contre la disparition d'espèces à la suite de maladies ou de parasitoses, puisque toutes les espèces ne sont pas affectées au même titre. Des espèces jusque-là peu fréquentes peuvent alors jouer un rôle essentiel pour la fonction écosystémique.

### Sur quels paramètres les listes rouges se fondent-elles ?

Les listes rouges informent sur le degré de menace des espèces pour les groupes d'organismes bénéficiant d'un bon niveau de connaissances. En Suisse, depuis 2000, chaque liste rouge est établie selon les critères de l'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN). Pour chaque liste rouge, de nombreux relevés sont effectués sur le terrain. Ainsi, les spécialistes impliqués vérifient que les espèces anciennement mentionnées dans les sites qu'ils échantillonnent y sont toujours présentes.

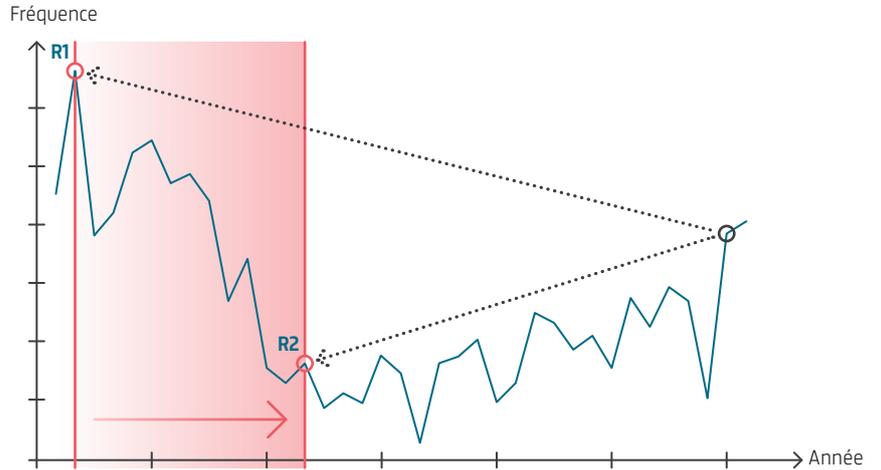
L'appréciation du degré menace des différentes espèces prend principalement en compte l'évolution documentée du nombre total d'individus sur le territoire national ainsi que de la surface effectivement colonisée par les espèces et la taille et le degré d'isolement de leurs populations. En cas d'absence de données sur la taille de leurs populations – ce qui est le cas pour la plupart des groupes d'insectes –, les données relatives à la répartition sont utilisées (Fivaz & Gonseth 2014). Elles se basent sur des données historiques et récentes issues de collections publiques et privées ainsi que d'articles scientifiques et sur les observations récentes rassemblées dans les projets d'inventaires et de monitorages nationaux et régionaux. Ces données permettent d'évaluer le risque d'extinction d'une espèce (Keith et al. 2013; Fivaz & Gonseth 2014). Plus le territoire colonisé est petit et fragmenté et plus les effectifs décroissent vite, plus le degré menace est élevé.

**Figure 2.2 Défis liés à l'évaluation des tendances en matière de diversité et de fréquence des insectes**

Les variations démographiques rendent difficile l'évaluation des tendances en matière de diversité et de fréquence des insectes. Sur la base d'une tendance hypothétique (série temporelle de données de fréquences d'insectes sur plus de 50 ans ; en bleu), trois principaux défis sont présentés dont il faut tenir compte, pour pouvoir tirer des conclusions fiables sur les évolutions temporelles des populations d'insectes (voir Didham et al. 2020).

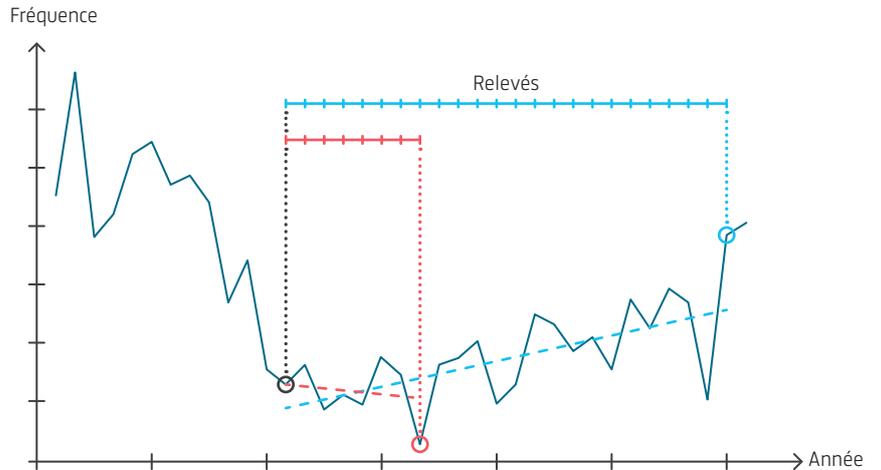
**Déplacement du point de référence**

Faute de connaissance solide de la taille historique de population, la perception des évolutions temporelles peut être fortement faussée par le déplacement du point de référence. La comparaison avec le point de référence R2 montre une hausse relative de la fréquence, alors que la comparaison avec le point de référence plus éloigné R1 montre que la fréquence a certes augmenté au cours des dernières décennies, mais qu'elle demeure nettement plus basse qu'au début de la série temporelle. Ces différences peuvent donner lieu à une erreur d'appréciation de l'évolution et de la situation des insectes.



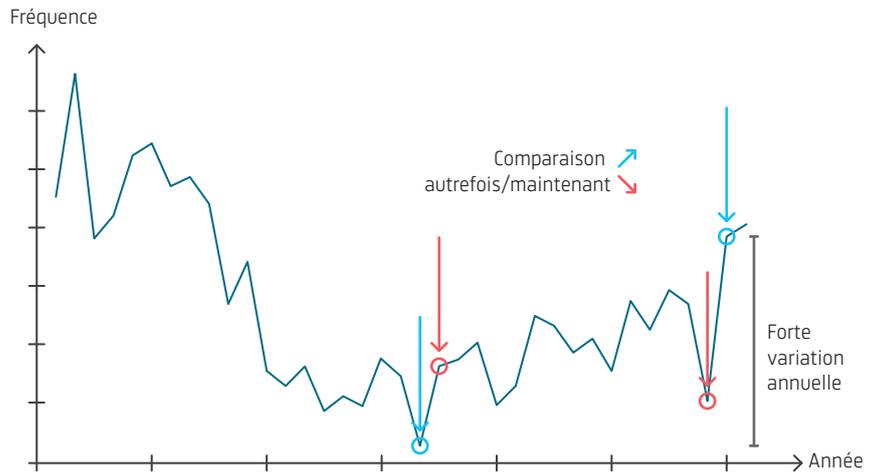
**Longueur de la série temporelle**

Si la diversité des insectes est régulièrement recensée sur une période prolongée (chaque année, p. ex.), la variation des fréquences peut aussi être mesurée entre plusieurs années. Les séries temporelles longues (en bleu) réduisent les erreurs d'interprétation de tendances liées à des variations naturelles de la fréquence des insectes, à la suite de mauvaises conditions météorologiques au cours d'une année, par exemple (cercle rouge). De longues séries temporelles accroissent également le rapport signal/bruit et donc la pertinence statistique des tendances démographiques.



**Effet lié à l'instantanéité**

Dans le cas de simples comparaisons « autrefois/maintenant » (proprement dit une série temporelle à partir de deux points), le biais liés à des points de départ et d'arrivée supérieurs ou inférieurs à la moyenne peuvent s'avérer problématiques. Cet effet d'instantanéité peut être grave chez les espèces d'insectes présentant de fortes variations naturelles de leurs fréquences entre différentes années. Les comparaisons temporelles binaires de fréquences d'insectes sont donc grevées de grandes incertitudes. Même si des relevés antérieurs sont répétés avec exactitude (mêmes sites, même méthodes), ils ne présenteront que la différence entre deux instants, ce qui n'est pas la même chose qu'une tendance à long terme (série temporelle).





Les mâles des **aurores** (*Anthocharis cardamines*) sont les représentants colorés des piérides généralement blanc, encore très répandues chez nous. Les femelles ne présentent pas de motif orange sur les ailes. Les chenilles, bien camouflées, se nourrissent principalement de brassicacées (cardamine des prés, p. ex.) et hibernent sous forme de chrysalides dans la litière du sol (matière morte, surtout végétale), pour éclore sous forme de papillon adulte le printemps suivant, au bout d'une dizaine de mois.

## 3 Diversité des insectes

De tous les êtres vivants supérieurs, les insectes présentent de loin la plus grande richesse en espèces et en formes. Plus d'un million d'espèces d'insectes ont été décrites dans le monde, et on estime à cinq autres millions le nombre d'espèces qui attendent d'être découvertes. Leandro et al. (2017) font état de 105 000 espèces en Europe. Baur & Ungricht (2019a, b) supposent que 44 000 à 60 000 espèces sont présentes rien qu'en Suisse (voir tableau 3.1). A titre de comparaison, on y a « seulement » dénombré 437 espèces de vertébrés, 4292 espèces végétales et entre 7000 et 15 000 espèces de champignons.

Les insectes sont des modèles d'évolution (Segerer & Rosenkranz 2018). Ils se distinguent par leur corps en trois parties (tête, thorax et abdomen), leur squelette de chitine, leurs yeux à facettes, leurs deux antennes et leurs trois paires de pattes. Du point de vue de l'évolution, les insectes forment un groupe très ancien qui fit son apparition il y a environ 500 millions d'années, leur plus grande diversification se faisant parallèlement à la diversification des plantes à fleurs. Ils ont colonisé toutes les régions du globe et présentent une infinité de spécialisations.

En Suisse, les insectes colonisent tous les milieux, depuis les petits plans d'eau du Plateau jusqu'aux éboulis de l'étage alpin en passant par les bandes herbeuses qui longent les routes. Ils offrent une diversité fascinante de modes de vie, de formes et de couleurs (voir Marent 2020, p.ex.). Bon nombre d'espèces sont tributaires de ressources spécifiques (plantes hôtes, microstructures etc.) et ne se rencontrent que dans certains milieux. D'autres sont moins spécialisées et ont des modes de vie généralistes dans des milieux variés.

La grande richesse entomologique de la Suisse résulte d'une grande variété de milieux différents et d'un fort gradient altitudinal sur un espace réduit. De plus, le pays est sous l'influence de diverses régions bioclimatiques. La Suisse assume une responsabilité internationale particulière pour les espèces d'insectes présentes principalement ou exclusivement dans les Alpes.

Les pages qui suivent présentent quelques groupes d'insectes importants ainsi que des informations sur leur diversité en Suisse (voir aussi figure 3.1).

### 3.1 Hyménoptères

Les hyménoptères sont sans doute le groupe d'insectes le plus riche en espèces de Suisse. Les plus connus sont les

abeilles, les guêpes et les fourmis avec un nombre attesté d'espèces légèrement supérieur à 1400. Les ichneumons, l'une des nombreuses familles d'hyménoptères parasitoïdes, sont moins connus et pourtant plus riches en espèces (environ 1900); leurs larves se développent dans le corps des larves d'autres insectes et d'araignées. Ils jouent un rôle essentiel dans la régulation naturelle des insectes susceptibles de poser des problèmes à la sylviculture et à l'agriculture.

Pollinisatrices irremplaçables des plantes sauvages et cultivées, les abeilles sauvages et les abeilles mellifères (Apidés) jouent un rôle déterminant dans la plupart des écosystèmes terrestres (Breeze et al. 2011; Garibaldi et al. 2011, 2013; Button & Elle 2014; Kleijn et al. 2015; Mallinger & Gratton 2015). La Suisse, qui héberge dans ses vallées sèches intra-alpines les communautés les plus riches en espèces d'abeilles sauvages d'Europe centrale et septentrionale (Oertli et al. 2005), a donc une responsabilité particulière pour la sauvegarde de nombreuses espèces européennes. Les abeilles sauvages sont très exigeantes en matière d'habitat (Zurbuchen & Müller 2012; Westrich 2019). De multiples études montrent que la préservation à long terme de la pollinisation des plantes sauvages et cultivées ne requiert pas seulement les abeilles mellifères, mais aussi une faune d'abeilles sauvages riche en espèces et en individus (Klein et al. 2003; Holzschuh et al. 2012; Blitzer et al. 2016).

Comme tous les autres groupes d'insectes, abeilles sauvages se distinguent par une grande diversité de modes de vie. Certaines nichent par exemple exclusivement dans des coquilles d'escargot abandonnées. Elles présentent en outre des stratégies sophistiquées pour se procurer le nectar, s'accoupler et protéger leur descendance.

### 3.2 Diptères

Les espèces moustiques, mouches et autres moucheron (diptères) sont également très nombreuses: plus de 7000 sont présentes en Suisse. Les diptères assument de nombreuses fonctions écologiques (voir aussi chapitre 4.1). Les syrphes, par exemple, sont des pollinisateurs importants et les larves de nombreuses espèces contribuent à la décomposition de la matière organique (déchets végétaux, excréments, cadavres). D'autres sont parasite ou se nourrissent du sang des vertébrés (moustiques, taons) et peuvent donc transmettre des maladies. En raison de la rapidité de leur développement et de leur abondance certaines espèces de diptères représentent une ressource alimentaire essentielle

pour les poissons (sous forme de larves) ainsi que pour les oiseaux et les chauves-souris (en tant qu'insectes volants).

### 3.3 Coléoptères

Les coléoptères forment le troisième plus grand groupe d'insectes de Suisse (près de 6500 espèces) (info fauna 2021). Selon certaines estimations, jusqu'à 7400 espèces seraient même présentes en Suisse (Baur & Ungricht 2019a, b). A l'échelle mondiale, les coléoptères constituent l'ordre le plus important de la classe des insectes.

Les coléoptères colonisent aussi bien les milieux terrestres qu'aquatiques et occupent des fonctions importantes dans les écosystèmes. Certaines espèces sont prédatrices d'insectes et autres invertébrés (carabidés, coccinelles), d'autres se nourrissent de bois mort ou dépourissant (saproxylophages; rosalie des Alpes, capricorne, bostryche) ou d'autres matières organiques telles qu'excréments ou cadavres (géotrupidés, nécrophores). Un grand nombre d'espèces se nourrissent de plantes et de pollen (hannetons, cétoines, lémas). Les espèces phytophages peuvent causer des préjudices économiques et font donc ou ont fait l'objet de luttes ciblées (années de grand vol des hannetons). Beaucoup d'espèces de coléoptères sont attrayantes et spectaculaires, comme les carabidés, les lucanes, les buprestes, les longicornes et les cétoines.

### 3.4 Lépidoptères

Dans la pratique les papillons (près de 3700 espèces en Suisse) se divisent en trois groupes artificiels de tailles très inégales: les papillons diurnes (212 espèces), les macrolépidoptères essentiellement nocturnes (1500 espèces) et les microlépidoptères (2000 espèces; petit papillon et mites). La grande majorité des espèces de papillons diurnes (80%) vit en zone agricole. Certaines sont très attrayantes et bien connues du grand public. Les papillons sont en général très sensibles aux modifications de leur habitat (Erhardt & Thomas 1991), de nombreuses espèces ayant des exigences très spécifiques quant à la structure et au mode d'exploitation des milieux qui les abritent ainsi qu'au cortège de plantes hôtes qu'elles y trouvent (Pearse & Altermatt 2013, p. ex.). Cela concerne tout particulièrement leurs chenilles qui, de par leur faible mobilité, ne peuvent que difficilement changer d'aires d'alimentation. Les adultes en revanche sont plus mobiles. Certains, tels ceux du moro-sphinx dont le vol rappelle celui d'un colibri, sont des voyageurs au long cours qui chaque année arrivent en Suisse en provenance du Bassin méditerranéen.

### 3.5 Hémiptères

Avec un peu plus de 1900 espèces identifiées, les hémiptères forment un autre groupe riche en espèces. En font partie les punaises, les cigales et les pucerons. Ils se nourrissent tous d'aliments liquides, principalement du suc végétal, qu'ils prélèvent à l'aide de leur rostre. Parmi les punaises figurent aussi toutefois des espèces prédatrices et parasites (comme la fameuse punaise des lits). Les pucerons et les cicadelles exsudent le sucre superflu des sucres végétaux sous forme de miellat. Celui-ci est récupéré par de nombreux autres insectes (fourmis élèveuses mais aussi abeilles mellifères par ex.) et constitue ainsi une ressource énergétique importante dans leur alimentation. Les pucerons et les cicadelles forment en outre souvent des populations très denses et contribuent ainsi fortement à la biomasse entomologique d'un milieu. Bon nombre d'espèces présentent également un degré élevé de spécialisation en matière de plantes hôtes et d'habitats.

### 3.6 Orthoptères

La Suisse héberge 112 espèces de sauterelles, grillons et criquets. En général héliothermophiles, elles colonisent pratiquement tous les milieux terrestres jusqu'à 3100 m d'altitude. Plus sensibles à la structure qu'à la qualité de la végétation des milieux qu'elles colonisent, elles peuvent être réparties en plusieurs guildes: espèces pionnières des zones alluviales, éboulis, dalles rocheuses et lapiez, espèces palustres des bas- et hauts-marais, espèces des prairies et pâturages secs et espèces des forêts et leurs lisières (Baur et al. 2006; Monnerat et al. 2007).

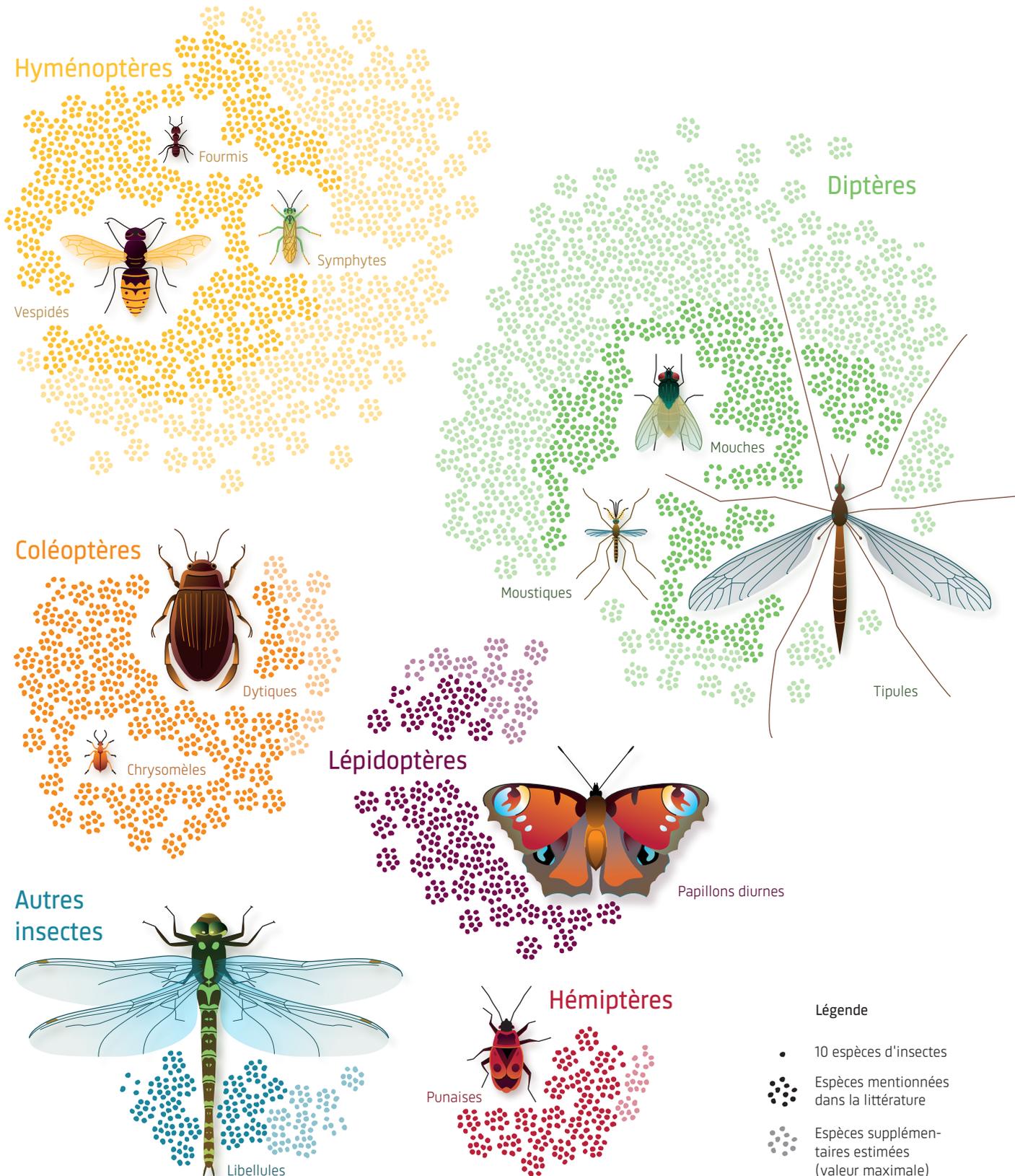
Phytophages, carnivores ou à régime mixte, elles revêtent une grande importance fonctionnelle, en tant que proie dans la chaîne alimentaire notamment. Les sauterelles réagissent rapidement à l'évolution des conditions environnementales. Elles et présentent des durées de génération relativement courtes et sont très fidèles à leur habitat. Elles sont ainsi de bons indicateurs de la qualité écologique des paysages fluviaux et des milieux agricoles (Schlegel & Schnetzler 2018). Enfin, la plupart des espèces peuvent être détectées et identifiées grâce à leur chant, si bien qu'elles sont souvent prises en compte dans les programmes de monitoring.

### 3.7 Libellules

76 espèces de libellules (odonates) vivent en Suisse (Gonseth et al. 2002). Les libellules constituent ainsi un groupe d'insectes relativement restreint mais d'autant plus visible. Avant que les adultes ne s'envolent et se révèlent chasseurs élégants et efficaces, toutes les espèces passent la majeure partie de leur vie dans l'eau sous forme de larves.

**Figure 3.1 Diversité des insectes en Suisse**

En Suisse, d'après la littérature spécialisée, près de 30 000 espèces d'insectes sont connues (points sombres). Des estimations révèlent toutefois que 44 000 à 60 000 espèces pourraient y être présentes (points clairs; Baur & Ungricht 2019a, b). La majorité des espèces d'insectes suisses appartiennent aux six principaux groupes présentés (hyménoptères, diptères, coléoptères, papillons, hémiptères, autres insectes); des représentants typiques sont illustrés en guise d'exemples.



Elles s'y nourrissent d'insectes et autres arthropodes, à l'occasion aussi de petits vertébrés. Selon leurs préférences écologiques les libellules privilégient les eaux stagnantes riches en végétation riveraine et plantes aquatiques (mares, étangs et lacs), les eaux stagnantes pionnières sans végétation (mares et étangs de gravières, p.ex.), les rivières, les ruisseaux, les sources ou les marais. Elles sont donc de bonnes indicatrices de la qualité de ces milieux.

### 3.8. Ephéméroptères, plécoptères et trichoptères

Outre les libellules, un grand nombre d'autres groupes d'insectes passent la majeure partie de leur vie ou leur

vie larvaire dans l'eau ou au bord de l'eau. Parmi eux figurent les éphéméroptères, les plécoptères et les trichoptères (près de 500 espèces en Suisse). Les larves de plécoptères et d'éphéméroptères vivent essentiellement dans les cours d'eau et leurs sources, un petit nombre d'espèces d'éphémères étant liées aux lacs et étangs. Des larves de trichoptères peuvent pour leur part se trouver dans tous les types de milieux aquatiques de Suisse : sources, ruisseaux et rivières aussi bien que gouilles, mares, étangs et lacs. Les différentes espèces d'insectes aquatiques réagissent spécifiquement aux variations des caractères physico-chimiques et de la charge en pesticides et autres polluants des cours d'eaux et servent par conséquent de bioindicateurs pour l'appréciation de la qualité de leurs eaux (indices saprobiques).

Tableau 3.1 Nombre des espèces d'insectes en Suisse (d'après Baur & Ungricht 2019a, b)

Groupes d'insectes			Nombre d'espèces		Références
Classification	Ordre (ou groupe équivalent)	Taxon	Connu	Estimé (min. - max.)	(Sauf indication contraire, les chiffres se réfèrent à Merz 2012)
Diptères	Mouches, moustiques	Diptera	7068	10 892-22 099	Bächli et al. 2014
Hyménoptères	Guêpes, abeilles, fourmis	Hymenoptera	8852	19 330-19 356	
Coléoptères	Coléoptères	Coleoptera	6367	7194-7352	info fauna 2019
Lépidoptères	Papillons	Lepidoptera	3668	3668-4609	SwissLepTeam 2010
Hémiptères	Punaises, cigales, pucerons	Hemiptera	1926	1926-2209	
Autres insectes	Archéognathes	Archaeognatha	38	38-76	
	Blattoptères	Blattodea	13	17-19	
	Collembolés	Collembola	328	454-470	
	Dermatoptères	Dermaptera	8	8	
	Diploures	Diplura	18	48-54	
	Ephéméroptères	Ephemeroptera	86	86-103	Lubini et al. 2012
	Mante religieuse	Mantodea	1	1	
	Mécoptères	Mecoptera	7	7-12	
	Mégaloptères	Megaloptera	3	3-4	
	Neuroptères	Neuroptera	90	90-133	
	Libellules	Odonata	76	76-81	Wildermuth et al. 2005
	Orthoptères	Orthoptera	112	112-119	
	Poux	Phthiraptera	23	23-41	
	Plécoptères	Plecoptera	111	111-125	Lubini et al. 2012
	Protoures	Protura	7	7-15	
	Psocoptères	Psocoptera	101	101-164	
	Raphidioptères	Raphidioptera	12	12-18	
	Puces	Siphonaptera	80	80-92	
	Strepsiptères	Strepsiptera	6	6-10	
	Thysanoptères	Thysanoptera	115	115-314	
Trichoptères	Trichoptera	302	363-388	Lubini et al. 2012	
Zygentomes	Zygentoma (Thysanura)	3	3-6	Burckhardt 2000	
<b>Total</b>	<b>Insectes</b>	<b>Insecta (Hexapoda)</b>	<b>29 421</b>	<b>44 771-57 878</b>	



Long d'un petit centimètre, le **demi-diable** (*Centrotus cornutus*), qui appartient à la famille des membracides, est très visible en raison des excroissances spectaculaires de son pronotum. La fonction de ces excroissances n'a pas encore été élucidée. Le demi-diable est une des rares espèces de cicadomorphes indigènes, qui met deux ans à se développer depuis l'œuf jusqu'à l'insecte adulte. Ils hibernent au stade larvaire. Deux autres espèces de membracides sont également présentes en Suisse, dont une a été introduite d'Amérique du Nord.



En raison de leur aspect velu et de leur mode de butinage, les espèces de la famille des **bombyliidés** sont souvent confondues avec les bourdons. Au contraire de ces derniers, les bombyliidés ne possèdent toutefois qu'une seule paire d'ailes totalement développées, ce qui les range dans l'ordre des diptères. Chez les diptères, les ailes postérieures se sont transformées en ce que l'on appelle des haltères, qui servent à la stabilité du vol. L'espèce représentée ici (*Bombylius canescens*) est très répandue en Europe ; ses larves sont des parasites d'abeilles (sauvages), tandis que les adultes ont une alimentation purement végétale (nectar et pollen).

## 4 Importance des insectes

En raison de leur richesse en espèces, de leur biomasse et de leurs multiples spécialisations, les insectes prennent une part déterminante au bon fonctionnement des écosystèmes et, en fin de compte, au bien-être des humains.

### 4.1 Importance écologique

Les insectes pollinisent 88 % de toutes les espèces de plantes à fleurs de la zone tempérée (Ollerton et al. 2011). La relation étroite entre les insectes et les plantes est le résultat de millions d'années d'évolution commune. Leur interdépendance est parfois telle qu'une certaine plante peut être tributaire de la pollinisation par une seule espèce d'insectes. Les hyménoptères, les diptères, les papillons et les coléoptères pollinisent les fleurs et jouent donc un rôle essentiel dans la multiplication des plantes.

Les insectes sont présents dans presque tous les réseaux alimentaires et constituent une ressource importante pour de nombreux vertébrés. A l'état larvaire ou adulte, les diptères et les éphémères sont, par exemple, une source de nourriture importante pour les poissons. De même, les insectes représentent l'aliment de base de nombreux oiseaux et chauves-souris. Pour assurer leur croissance les jeunes oiseaux sont par exemple tributaires d'aliments riches en protéines. C'est pourquoi des espèces sinon granivores comme les moineaux et de nombreux fringilles nourrissent leur nichée surtout d'insectes (voir aussi figure 4.1). On suppose que la régression des insectes et notamment de leur biomasse est une des principales causes de la baisse des effectifs de certaines espèces d'oiseaux (Guyot et al. 2018; Knaus et al. 2018).

Les insectes jouent également un rôle important dans le sol. Bon nombre d'espèces contribuent à la décomposition de la matière végétale morte et restituent ainsi au sol des nutriments (Schowalter et al. 2018; voir aussi figure 4.1). En dilacérant la matière organique, ils la préparent en outre pour les champignons et les micro-organismes, qui poursuivront ensuite le processus de décomposition (Wermelinger 2017). Les insectes favorisent ainsi la fertilité du sol et la formation d'humus (Maeder et al. 2002; Birkhofer et al. 2008; Filser et al. 2016) et donc aussi finalement la capacité de production agricole. De nombreuses espèces de coléoptères, parmi les 6500 connues, sont en Suisse impliquées dans la décomposition de matières organiques. Les bousiers, par exemple, collectent les excréments de bovins et les enterrent. D'une part, cela enrichit le sol en nutriments et minéraux (Bang et al. 2005; Slade et al. 2016); d'autre part, cela empêche leur décomposition à l'air libre et permet d'éviter des émissions

notables de gaz à effet de serre. Les insectes qui, comme beaucoup d'abeilles sauvages, nichent au sol creusent des galeries qui aèrent les sols compacts, ce qui concourt à retenir l'eau (Olf & Ritchie 1998).

Les insectes sont d'importants disséminateurs de plantes (Del Toro et al. 2012). Les fourmis en particulier contribuent à la dissémination des semences. Certains végétaux ont même développé des structures spécifiques, favorisant ce service rendu par les fourmis. Ces graines contiennent des élaïosomes, structures riches en protéines, en lipides et/ou hydrates de carbone fixées à la graine, dont les fourmis sont très friandes (Elizalde et al. 2020).

L'influence des insectes sur les rapports de concurrence entre les plantes a été peu étudiée jusque-là. Les insectes herbivores peuvent, par leur consommation, affaiblir des espèces dominantes et donc influencer sur la concurrence directe entre les plantes. Il pourrait en résulter une plus grande diversité d'espèces. Il est aussi intéressant d'observer que certaines espèces d'insectes assurent, selon leur stade de développement, des fonctions écologiques différentes: les chenilles de nombreux papillons se nourrissent des feuilles fraîches ou des organes floraux de leurs plantes hôtes alors que les adultes, en revanche, se nourrissent de nectar et pollinisent les plantes.

Les insectes jouent également un rôle central dans la dynamique des écosystèmes forestiers (Schowalter 2012; Wermelinger 2017). Certaines espèces pondent leurs œufs dans des arbres affaiblis ou malades au détriment desquels se développeront leurs larves. Elles peuvent ainsi modifier le cortège d'essences des forêts et accroître leur diversité. Une plus grande diversité d'essences augmente l'adaptabilité des forêts aux changements climatiques et favorise aussi une plus grande production de biomasse (Schowalter 2012).

### 4.2 Importance pour la société et l'économie

Nous bénéficions aussi des nombreuses fonctions écologiques remplies par les insectes dans les écosystèmes. Les scientifiques parlent à ce sujet de services écosystémiques (Millennium Ecosystem Assessment 2005) ou de Nature's Contributions to People (Díaz et al. 2018). Les services écosystémiques fournis par les insectes concernent toutes les catégories du « Millennium Ecosystem Assessment »: assistance (dissémination des graines ou formation et fertilité du sol, p. ex.), régulation (pollinisation ou contrôle biologique des ravageurs, p. ex.), approvisionnement (production de miel, p. ex.) et prestations culturelles (observa-

tion de la nature, tourisme, art, p. ex.). La régression des insectes entraîne une régression des services écosystémiques (voir aussi figure 4.1). Ce phénomène n'a pas seulement des incidences écologiques, mais aussi des conséquences sociales et économiques (Noriega et al. 2018).

L'apport économique considérable des insectes pollinisateurs est connu depuis longtemps et est souvent mentionné dans les médias (Losey & Vaughan 2006; IPBES 2016; Noriega et al. 2018). Une grande partie des plantes cultivées européennes dépendent de la pollinisation par les insectes (Ollerton et al. 2011; Goulson 2019; voir aussi figure 4.1). En Suisse, 5 % de la surface agricole utile tire profit de la pollinisation par les insectes, et même 14 % si l'on ne prend en compte que les grandes cultures. Sutter et al. (2017) estiment en outre la valeur économique annuelle de la pollinisation par les insectes en Suisse à 205–479 millions de francs. Une étude récente (Lippert et al. 2021) a révélé que l'économie allemande perdrait environ 3,8 milliards d'euros chaque année, si tous les insectes pollinisateurs étaient éliminés. A l'échelle mondiale, l'apport économique des pollinisateurs s'élève à 1000 milliards de dollars par an. Parmi les groupes d'insectes pollinisateurs, les hyménoptères sont les plus connus en raison du caractère emblématique des abeilles mellifères. On sait moins que les hyménoptères constituent le groupe d'insectes le plus riche en espèces de Suisse. Parmi elles, un grand nombre d'abeilles sauvages prennent une part significative à la pollinisation des plantes cultivées (Holzschuh et al. 2012; Kennedy et al. 2013). Les abeilles et autres insectes pollinisateurs sont indispensables à une agriculture productive et à une alimentation saine en Suisse (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2019).

En tant que prédateurs ou parasitoïdes, les insectes fournissent d'autres prestations importantes pour l'agriculture (Kremen et al. 2007). Par leur régime alimentaire essentiellement carnivore ils jouent un rôle déterminant dans la régulation naturelle des populations des insectes ravageurs. Pour l'Autriche, Zulka & Götzl (2015) ont estimé à 129–329 millions d'euros par an le bénéfice financier des insectes dans la lutte biologique contre les ravageurs. En zone agricole, ces insectes sont tributaires non seulement de la présence de proies, mais aussi de celle de sites de reproduction, de repos ou de nidification appropriés (Landis et al. 2000). L'augmentation de l'abondance et de la diversité des insectes prédateurs et parasitoïdes est à même de renforcer la lutte contre les ravageurs, d'en réduire les coûts et d'accroître les rendements pour peu qu'elle ne soit pas affectée par l'emploi d'insecticides ou la suppression des microstructures indispensables à leur survie. Des écosystèmes agricoles fonctionnels peuplés de populations saines d'insectes prédateurs peuvent ainsi réduire le coût de la lutte contre les ravageurs et le besoin en insecticides.

Les insectes fournissent également des produits commercialisables, tels que le miel ou la gomme-laque (au-

jourd'hui encore un composant important dans l'industrie des couleurs et des peintures). Le miel dit de forêt se compose principalement de liquide sucré (miellat) que certains insectes (en particulier pucerons et cochenilles) exsudent après l'avoir prélevé sur les plantes. Les abeilles mellifères et bien d'autres s'en nourrissent.

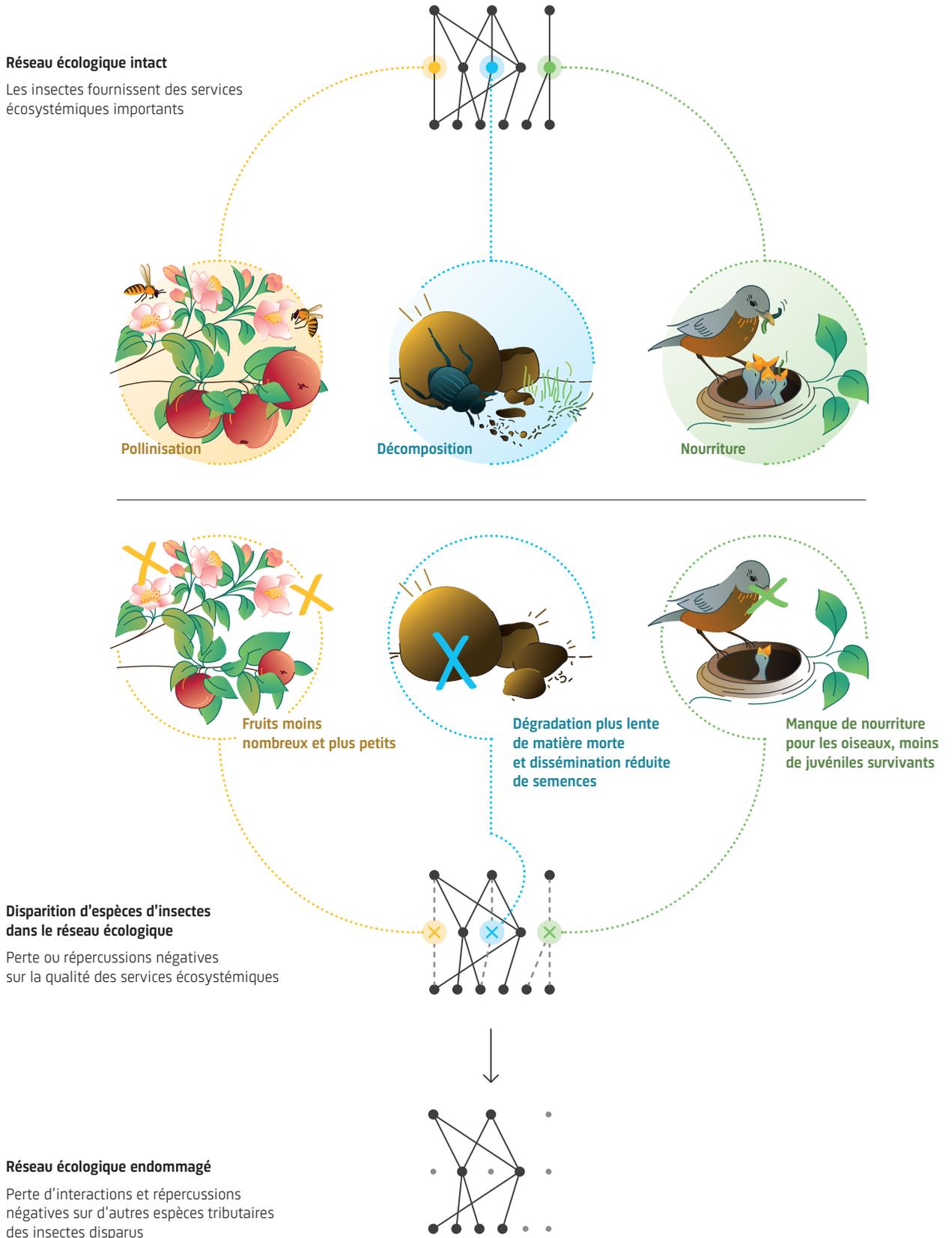
Dans de nombreuses régions du monde, les insectes sont aussi source de protéines, de minéraux et de vitamines. Dans certaines régions d'Afrique 250 espèces sont considérées comme comestibles. En Europe centrale, le hanneton était consommé jusqu'à la seconde guerre mondiale. Depuis le 1<sup>er</sup> mai 2017, trois espèces d'insectes sont officiellement homologuées en tant que denrées alimentaires en Suisse. Leur consommation ne dépend pas seulement de leur goût et de leur valeur nutritive, mais aussi de préférences ou de réticences culturelles. A cela s'ajoute que de nombreux insectes ne sont dans la nature disponibles qu'à certaines périodes de l'année.

Il ne faut au demeurant pas perdre de vue que certaines espèces d'insectes, en cas de pullulation, peuvent être à l'origine d'importantes pertes économiques. A l'échelle mondiale, les insectes sont responsables de 17 à 30 % des pertes de récolte, ce qui peut se révéler catastrophique dans les pays déjà marqués par la famine et la pauvreté. Les insectes jouent également un rôle majeur dans les stocks d'aliments: les pertes occasionnées pouvant s'élever à environ 40 % dans les pays en développement. D'autre part, l'apparition massive de ravageurs (bostryches, scolites p. ex.) dans des forêts déjà affaiblies par la sécheresse ou dévastées par le vent, est un phénomène redouté en sylviculture. Enfin, certaines espèces d'insectes sont des vecteurs potentiels de maladies à graves incidences médicales ou vétérinaires (fièvre jaune, paludisme, dengue, p. ex.).

L'ampleur de ces fléaux est souvent aggravée par les effets directs ou indirects des activités humaines. La mondialisation des échanges commerciaux associée au réchauffement climatique sont responsables respectivement de l'introduction puis de l'expansion en Europe d'espèces comme la pyrale du buis ou le moustique tigre et donc des conséquences que génèrent leur présence. L'industrialisation de l'agriculture, l'expansion des monocultures et la banalisation des paysages qui en découle ont favorisé l'expansion de nombreux ravageurs dont les populations peuvent exploser en raison de l'absence ou de la rareté d'organismes antagonistes. Les insectes sont combattus partout où ils entrent en conflit direct avec les intérêts économiques ou sanitaires de l'être humain que cela soit par l'épandage de pesticides ou par des moyens de lutte biologique: élevage et lâcher d'organismes antagonistes (parasitoïdes tels qu'ichneumons ou chalcidiens par ex.) ou épandage de bacilles (BTI, *Bacillus thuringiensis* notamment) ou de spores de champignons entomopathogènes (*Beauveria* sp. p. ex.).

### Figure 4.1 Importance des insectes dans les écosystèmes

Les insectes occupent des positions clés dans de nombreux réseaux écologiques et fournissent des services écosystémiques essentiels. Ainsi, bon nombre de plantes cultivées sont tributaires de la pollinisation par les insectes. Les insectes contribuent en outre à la transformation et décomposition de matières organiques et représentent une base alimentaire vitale pour d'autres animaux (oiseaux, p. ex.). La disparition des insectes affecte les réseaux écologiques. Les incidences négatives qui en découlent (réduction des services écosystémiques) peuvent avoir de graves conséquences pour la société et l'économie.





Certaines femelles de **criquet des clairières** (*Chrysochraon dispar*) arborent une couleur pourpre intense, alors que les mâles sont entre vert clair et jaune doré métallique. L'espèce appartient à la sous-famille des criquets chanteurs ; elle est très répandue en Suisse hormis au Tessin et dans les Grisons. Le criquet des clairières est surtout présent dans les prairies humides et les surfaces marécageuses, mais aussi dans les jachères et les zones riveraines.

## 5 Tendances et état des communautés d'insectes

Les entomologistes observent et étudient les communautés de nombreux groupes d'insectes depuis des décennies. Les connaissances accumulées sont dispersées dans de multiples publications spécialisées.

Le présent chapitre condense de manière nuancée le savoir disponible sur la situation et l'évolution de la diversité et de la fréquence de certains groupes d'insectes en Suisse. Il s'appuie principalement sur les résultats des listes rouges et des programmes de monitoring. Ces acquis sont complétés par des études de cas locales et limitées dans le temps ainsi que par l'expertise de divers entomologistes. Les causes de cette évolution sont examinées au chapitre 6.

L'analyse de diverses études sur l'évolution locale ou régionale de communautés d'insectes menées en Suisse aboutit à un résultat contrasté concernant l'évolution de l'effectif des populations (tableau A.1, annexe). Sur les 45 études, 14 révèlent une tendance négative, 10 une tendance positive et 21 une tendance peu marquée. Les tendances positives se dessinent plutôt dans les études menées dans une période récente et plutôt brève; les tendances négatives ont en revanche surtout été mises en évidence dans des études effectuées sur une période prolongée.

### 5.1 Abeilles sauvages

Les abeilles sauvages sont très exigeantes en matière d'habitat et tributaires de paysages dynamiques formés d'une mosaïque de milieux aux affectations variées, riches en fleurs et en microstructures. Leur grande richesse en espèces, leur spécialisation souvent marquée et leurs exigences très diversifiées en termes de plantes nourricières et sites de nidification font des abeilles sauvages d'excellents indicateurs de la valeur naturelle des paysages ouverts et semi-ouverts et de leur diversité globale en espèces (Haeseler 1993; Schmid-Egger 1995; Duelli & Obrist 1998). A l'inverse de nombreux autres groupes d'organismes, les abeilles sauvages se distinguent également par leur potentiel bioindicateur en milieu urbain. Elles peuvent être présentes en grand nombre dans des habitats aussi parcellisés que l'espace bâti, pour peu qu'ils répondent à leurs exigences (Zurbuchen & Müller 2012).

#### Exemple abeilles sauvages

##### Haute diversité en abeilles sauvages malgré une agriculture intensive

Dans le cadre des travaux d'actualisation de la liste rouge des abeilles sauvages de Suisse (publication prévue), 117 espèces d'abeilles sauvages, parmi lesquelles plusieurs espèces rares et menacées, ont été identifiées sur une surface majoritairement agricole d'1 km<sup>2</sup> près de Buch dans le canton de Schaffhouse. Ce nombre élevé, qui équivaut à environ un cinquième de la faune d'abeilles sauvages de Suisse, est surprenant dans la mesure où la zone fait l'objet d'une exploitation intensive. Cette diversité d'espèces s'explique toutefois par la part élevée de surfaces de promotion de la biodiversité, riches en fleurs et en microstructures (jachères florales avant tout), que l'office cantonal d'aménagement du territoire et de protection de la nature a créées avec le concours des agriculteurs locaux: ces surfaces écologiquement précieuses représentent 9,8% du carré kilométrique et 11% de la surface agricole utile. Cet exemple démontre que des zones vouées à une exploitation agricole intensive peuvent présenter une haute diversité en espèces rares et menacées, si la part des surfaces riches en fleurs et en microstructures est élevée.

Au cours des dernières décennies, les abeilles sauvages ont subi des pertes parfois majeures tant sur le plan des effectifs que de la diversité des espèces en raison de la forte diminution quantitative et qualitative de l'offre en fleurs et en microstructures dans de vastes régions d'Europe centrale (Biesmeijer et al. 2006; Nieto et al. 2014). Ainsi, en fonction du pays et de la région, entre 38% et 68% de toutes les espèces figurent sur la dernière liste rouge (Zurbuchen & Müller 2012). Comme le montrent les travaux bientôt achevés d'actualisation de la liste rouge des abeilles sauvages de Suisse, il est probable qu'entre 40% et 45% de toutes les espèces indigènes sont menacées. Sur les 625 espèces identifiées jusqu'à présent en Suisse, 60 ont sûrement ou vraisemblablement disparu de notre pays, ce qui correspond à une perte d'espèces de près de 10%. A cette perte massive s'oppose l'apparition en Suisse de 13 espèces, qui ont sans doute immigré depuis 2000 grâce au réchauffement climatique mais sont encore essentiellement confinées aux régions limitrophes proches de l'Italie et de la France. Le réchauffement climatique pourrait également expliquer qu'une dizaine d'espèces autrefois présentes en Suisse aient recolonisé notre pays après plusieurs décennies d'absence et que d'autres espèces aient pu fortement étendre leur aire de répartition ou soient devenues plus fréquentes ces

dernières années après avoir accusé une baisse constante pendant une longue période.

Alors que la fréquence et la diversité des abeilles sauvages se situent à un niveau alarmant dans les régions vouées à une exploitation agricole intensive de basse et moyenne altitude, des populations d'abeilles sauvages riches en espèces et en individus se maintiennent dans des régions topographiquement plus variées et exploitées plus extensivement de des arcs alpin et jurassien. Les vallées sèches intra-alpines en particulier sont des hauts lieux de diversité apicole. Elles hébergent les communautés d'abeilles sauvages les plus riches d'Europe centrale et septentrionale, parmi lesquelles se trouvent de nombreuses espèces rares et menacées. Ainsi, sur une surface de deux kilomètres carrés située en Valais en amont de Loèche, pas moins de 280 espèces ont été identifiées (Oertli et al. 2005). Avec l'intensification croissante de l'exploitation agricole dans les régions de montagne, ces hauts lieux sont aussi de plus en plus menacés.

## 5.2 Coléoptères

Il n'y a que peu d'études en Suisse sur la diversité et l'évolution des effectifs de coléoptères. Une liste rouge existe pour quatre familles : buprestes (Buprestidae), longicornes (Cerambycidae), cétoines (Cetoniidae) et lucanes (Lucanidae) (Monnerat et al. 2016). La plupart des espèces de ces groupes participent aux processus de décomposition et de recyclage du bois (coléoptères dits xylophages) et trouvent de bonnes conditions de développement dans de nombreux types de milieux ou structures paysagères riche en vieux bois ou en bois mort : forêts claires, forêts alluviales, structures semi-forestières riches en arbustes (lisières, haies, pâturages boisés etc.), vieux vergers, allées d'arbres et parcs arborés. Les 256 espèces évaluées ne représentent qu'une petite partie des quelque 1300 espèces de coléoptères saproxyliques présentes en Suisse (Lachat et al. 2019).

Sur les 256 espèces évaluées, 118 (46 %) sont menacées et 47 (18 %) potentiellement menacées (figure 5.2). La majorité de ces espèces vivent dans ou en lisière des forêts alluviales et autres forêts de feuillus de basse altitude. Bon nombre de ces espèces sont tributaires d'arbres-habitats (Bütler et al. 2020), en d'autres termes de vieux arbres à cavités ou présentant des parties mortes dans le tronc ou dans le houppier.

## Exemples Coléoptères

### ***Iberodorcadion fuliginator*, autrefois *Dorcadion fuliginator* dans la région de Bâle**

*Iberodorcadion fuliginator* est fortement lié aux prairies et pâturages chauds et secs riches en insectes. En Suisse, il est menacé d'extinction (Monnerat et al. 2016). Cette espèce de trogidés très spécialisée et très localisée (région de Bâle et de Schaffhouse) se nourrit préférentiellement d'une seule espèce de plante, le brome dressé (*Bromus erectus*). Elle vit avant tout dans des talus où cette espèce de graminée typique des prairies maigres abonde. Une étude à long terme a recensé annuellement, de 1999 à 2018, les effectifs d'*Iberodorcadion fuliginator* dans 13 sites de la région bâloise. L'analyse montre que sa population totale a diminué de 90 % en l'espace de 20 ans. L'espèce a disparu dans un site, ses effectifs accusent une baisse critique dans cinq sites, une nette régression dans quatre sites et ne sont stables que dans trois sites (Baur et al. 2020). L'intensification de l'utilisation du sol et l'épandage abondant d'engrais ou de produits phytosanitaires dans les herbages ou cultures fruitières basse-tige avoisinantes expliquent la diminution des effectifs de ce coléoptère sur certains de ces sites.

### **Chances et risques pour la rosalie des Alpes (*Rosalia alpina*)**

La rosalie des Alpes est considérée comme menacée en Suisse (Duelli & Wermelinger 2010; Monnerat et al. 2016). Elle est présente dans les forêts de feuillus ensoleillées. Ses larves se développent dans quelques essences, principalement les hêtres (*Fagus sylvatica*), les érables (*Acer* sp.) ou les ormes (*Ulmus* sp.). Les effectifs de rosalie des Alpes ont fortement régressé en Suisse durant la première moitié du siècle dernier (Lachat et al. 2013). Cette diminution est sans doute principalement imputable à l'abandon de modes d'exploitation traditionnels tels que les pâturages boisés dotés de vieux feuillus ainsi qu'à l'assombrissement de la forêt par suite de l'accroissement du stock de bois sur pied.

Les calculs basés sur des données récentes et historiques des cent dernières années révèlent que la taille des populations en Suisse a augmenté durant la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle et que toutes les populations locales connues s'étaient maintenues. Le passage de la production de bois de chauffage à la production de bois de sciage a modifié les conditions d'habitat dans un sens favorable au développement de la rosalie des Alpes, la densité de hêtres sénescents et morts sur pied ayant augmenté en particulier dans les terrains abrupts des étages collinéen et submontagnard. Nul ne peut dire cependant si les populations pourront s'y maintenir à long terme. L'utilisation accrue de bois énergie en corrélation avec les mesures prises contre le changement climatique pourrait renforcer la pression sur la rosalie des Alpes et de nombreuses autres espèces saproxyliques.

### **La marche en avant du bostryche typographe (*Ips typographus*)**

Le bostryche typographe est le coléoptère xylophage le plus célèbre et sans doute aussi le plus redouté de la forêt (Jakob et al. 2015; Jakoby & Wermelinger 2015; Stroheker et al. 2020, 2021). L'espèce s'attaque non seulement à des épicéas affaiblis par la sécheresse ou récemment abattus par le vent, mais aussi, en cas de pullulation, à des épicéas en bonne santé dont elle provoque la mort. Comme l'épicéa est l'essence la plus importante de Suisse au plan économique, le bostryche est considéré comme ravageur. D'un point de vue écologique, c'est un coléoptère xylophage très efficace qui agit, tel un ingénieur, à l'échelle d'écosystèmes entiers: il peut fortement modifier un habitat et le rendre ainsi favorable à d'autres espèces, à d'autres coléoptères xylophages ou aux pics p. ex. (Müller et al. 2008; Bussler 2011). Le bostryche typographe profite du changement climatique qui soumet les épicéas à une forte pression. Ces derniers souffrent rapidement de la sécheresse en raison de leur enracinement superficiel et sont donc ensuite d'autant plus sensibles aux tempêtes. D'autre part, grâce à la hausse des températures, le bostryche peut produire davantage de générations par an (2 à 3 au lieu de 1 à 2; Jakoby et al. 2015), ce qui génère des infestations supplémentaires. Ces multiplications massives de bostryches typographes génèrent d'importants volumes de bois dit infesté qui, depuis 1998, sont mesurés pour toute la Suisse. La statistique révèle une augmentation massive de bostryches typographes au cours des dernières années. En 2019, le volume de bois infesté était le deuxième plus élevé depuis la création de cette statistique; il ne lui a été supérieur que durant l'été caniculaire de 2003 (Stroheker et al. 2020). Cet exemple démontre que si de nombreux insectes xylophages sont directement ou indirectement menacés par les activités humaines, certaines espèces au contraire en profitent et voient leurs effectifs s'accroître.

### 5.3 Papillons

Les papillons (diurnes et nocturnes) figurent parmi les groupes d'insectes les mieux étudiés (Fox et al. 2015; Habel et al. 2019; Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019; van Strien et al. 2019). Des études historiques mentionnant la présence ou précisant la distribution des espèces existent pour de nombreuses régions d'Europe. Elles permettent, en cas de renouvellement des relevés de terrain dans les mêmes régions, de tirer certains enseignements sur l'évolution à long terme des populations (Habel et al. 2019; van Strien et al. 2019). C'est aussi le cas pour la Suisse (Keller 1994; Keller et al. 2000; Hegetschweiler 2003; Altermatt et al. 2006).

Sur les quelque 3700 espèces de papillons dont la présence en Suisse est documentée (SwissLepTeam 2010), 226 sont régulièrement échantillonnées sur le terrain dans le cadre des travaux d'actualisation des listes rouges nationales et des suivis du MBD. Ces 226 espèces rassemblent les papillons de jour (ou Rhopalocères), les hespéries (Hesperiidae) et les zygènes (Zygaenidae) (Altermatt et al. 2006; Wermeille et al. 2014).

La liste rouge des papillons diurnes et zygènes montre que, sur les 226 espèces recensées, 78 (35 %) sont menacées et 44 (19 %) potentiellement menacées (Wermeille et al. 2014, figure 5.2). Bon nombre de ces espèces vivent dans des prairies et pâturages maigres à basse et moyenne altitude ou sont tributaires de buissons et de biotopes de transition (Wermeille et al. 2014). Les zones humides sont plus pauvres en espèces, la part de celles qui sont menacées est toutefois nettement plus élevée. Parmi elles figurent les espèces qui ont subi les plus lourdes pertes d'effectifs.

Selon les expert-e-s, les espèces les plus exigeantes, liées principalement aux forêts clairsemées et aux vastes étendues de prairies sèches ou humides, ont, en Suisse, presque totalement disparu à basse altitude entre 1950 et 1990 (voir contributions de Jürg Schmid, « En quoi les papillons de nuit nous préoccupent-ils ? » et Hans-Peter Wyman, « Les papillons sont-ils en voie de disparition ? »). Une tendance similaire se dessine aujourd'hui aux étages montagnard et subalpin, où beaucoup d'espèces encore fréquentes il y a quelques années, se raréfient dans les surfaces agricoles exploitées (Lütolf et al. 2009). La richesse en espèces et les nombres d'individus observés diminuent dramatiquement dans de multiples sites.

Depuis 2003, l'évolution des effectifs et de la distribution des espèces de papillons communes de Suisse (papillons diurnes, hespéridés et zygènes) est suivie dans le cadre du MBD (BAFU 2020). L'analyse des relevés effectués montre que la diversité spécifique moyenne des papillons diurnes par kilomètre carré est nettement plus élevée au versant nord des Alpes (44) que sur le Plateau suisse (26). Il y a cent ans, il en allait autrement : la diversité des papillons diurnes la plus élevée était à l'époque en plaine (Schweizerischer Bund für Naturschutz 1987).

Depuis le début du deuxième millénaire, on observe toutefois aussi des revirements de tendance, en particulier pour les espèces les moins exigeantes, et à partir d'un niveau de départ très bas : la diversité moyenne des papillons diurnes a progressé d'environ 10 % en Suisse entre 2005 (34 espèces; moyenne de cinq ans) et 2016 (37 espèces en moyenne annuelle) (Données de base MBD mars 2019). La diversité des espèces s'est accrue de 0,29 espèce par an en moyenne depuis le début des relevés. La progression annuelle la plus forte et la plus significative a été observée sur le Plateau (0,44 espèce sur une période de 11 ans). Au versant sud des Alpes, en revanche, une légère mais significative régression de la diversité des espèces a été constatée (- 0,10 espèce).

L'interprétation de ces données doit prendre en considération le fait que la diversité et la fréquence des papillons diurnes ont fortement évolué dans les décennies qui ont précédé le MBD : les effectifs de nombreuses espèces ont subi des pertes massives entre 1950 et 1990 (Gonseth 1987; Schweizerischer Bund für Naturschutz 1987; Altermatt et al. 2006). Les pertes de territoires et de populations se reflètent dans le grand nombre d'espèces menacées. A cela s'ajoute que, depuis le début du MBD, ce sont surtout les espèces ayant de faibles exigences en matière d'habitat qui ont progressé. Sont également devenues plus fréquentes les espèces qui réagissent positivement à la mise en place de surfaces de promotion de la biodiversité en zone agricole ainsi que certaines espèces thermophiles. La régression se poursuit toutefois, notamment pour les espèces des zones humides.

Les données du MBD révèlent que le changement climatique a une incidence sur la faune des papillons diurnes. L'indice des papillons diurnes montre que, tendanciellement, ce sont les espèces privilégiant les températures élevées qui étendent leur territoire, tandis que les espèces adaptées aux basses températures sont en régression (figure 5.1). A moyen terme, si de plus en plus d'espèces alpines sont remplacées par des espèces de plaine plus communes on assistera à une uniformisation et donc à un appauvrissement des communautés d'espèces de nombreuses régions (Roth et al. 2021b).

## Exemples papillons

### Evolution de la faune des macrolépidoptères dans la région de Bâle

Une vaste étude sur l'état et l'évolution de la faune des macrolépidoptères de la région bâloise a été publiée il y a quelques années (Altermatt et al. 2006). Cette étude est fondée sur un inventaire de tous les macrolépidoptères (y compris les psychidés), soit sur plus de 150 000 observations de 1112 espèces (papillons diurnes et nocturnes). Les données proviennent de collections privées et muséales, de références bibliographiques et d'observations faites par ses auteurs; elles s'étendent du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle à 2004. L'étude révèle un recul constant des espèces de macrolépidoptères depuis 1950; 163 espèces n'ont plus été observées après 1980 et ont sans doute disparu de la région. En revanche, 29 espèces nouvelles pour la région ont été recensées. Globalement, le nombre des espèces disparues est donc nettement supérieur à celui des nouveaux arrivants.

### Evolution des populations de papillons diurnes dans la région de Zurich

Durant les années 2011/2012, l'association pour la promotion des papillons du canton de Zurich a recensé les populations de papillons diurnes de 46 communes zurichoises et a comparé les données recueillies avec celles provenant de relevés effectués entre 1990 et 1992 (Bossart et al. 2015). Les analyses effectuées montrent que la taille de l'aire de distribution et les effectifs de nombreuses espèces ont diminué au cours des vingt dernières années. Tandis que le nombre total d'espèces identifiées (diversité spécifique) s'est maintenu aux alentours de 80, un net recul des effectifs a été observé en particulier des espèces les plus spécialisées (liées à un milieu précis). Les espèces moins spécialisées sont en revanche demeurées aussi fréquentes ou ont même augmenté. Ces généralistes, qui produisent souvent deux générations ou plus par an, supportent la détérioration des conditions environnementales du Plateau et bénéficient du réchauffement climatique. Ce dernier leur a permis d'accroître la densité de leurs populations et se disséminer rapidement par la suite. La composition communautaires locales de papillons a ainsi massivement évolué au détriment des spécialistes et n'a cessé de s'uniformiser.

## En quoi les papillons de nuit nous préoccupent-ils ?

La disparition des jolis papillons de jour interpelle l'ami de la nature, qui déplore leur absence.

Les papillons nocturnes (macro- et microlépidoptères) sont moins pris en considération, bien qu'ils représentent près de 95 % des espèces de papillons et soient souvent beaucoup plus fortement liés à une nature intacte.

Des données quantitatives comparatives documentant la présence des espèces autrefois et aujourd'hui font largement défaut. Cependant, des observations régulières révèlent que certaines espèces dont la présence chez nous était évidente il y a cent ans ont disparu alors que d'autres espèces ont subitement fait leur apparition. Nul ne sait si ce dernier fait résulte d'expansions naturelles de leur aire de distribution, de fluctuations périodiques de leurs effectifs ou du changement climatique. Mais chacun peut constater à quel point notre paysage a évolué au cours des dernières décennies. L'agriculture intensive gagne constamment du terrain dans les vallées et atteint même aujourd'hui l'étage subalpin; l'urbanisation poursuit sa progression et les routes ne cessent de s'élargir. La nuit est souvent déchirée par des enseignes lumineuses, des projecteurs et des éclairages

publics, ce qui perturbe les cycles naturels de reproduction des papillons nocturnes.

Il en résulte une banalisation et un appauvrissement de la biodiversité naturelle. Les papillons de nuit tributaires des marais et des marécages, des forêts alluviales et des berges naturelles figurent parmi les espèces les plus menacées; les espèces des prairies maigres et les spécialistes des milieux secs sont de plus en plus confinés et deviennent de plus en plus rare; les spécialistes des lisières forestières disparaissent faute d'habitat favorable, les forêts exploitées côtoyant aujourd'hui sans transition les terres cultivées.

Cela ne signifie toutefois pas que le nombre des papillons nocturnes diminue forcément globalement, car certaines espèces peu exigeantes tirent profit de cette tendance. Mais la richesse et la diversité des espèces en souffrent, de même que tous ceux qui en ont connaissance!

*Contribution de Jürg Schmid, lépidoptériste, auteur du livre « Les Microlépidoptères des Alpes » et coauteur du livre « Les Papillons et leurs biotopes »*

### Figure 5.1 Le changement climatique modifie la faune de lépidoptères en Suisse

En raison du réchauffement climatique, les espèces privilégiant les températures plus élevées (thermophiles) ont eu tendance à étendre leur territoire au cours des 30 dernières années, tandis que pour les espèces adaptées aux basses températures (indicatrices de froid) leur aire de répartition et leur fréquence ont diminué. C'est ce que révèlent les tendances de l'indice des papillons diurnes, qui combine les données du Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD) et d'Info Fauna (reproduction d'après Roth et al. 2021b).

Evolution des effectifs de papillons diurnes, répartis entre les thermophiles (46 espèces) et les indicatrices de froid (22 espèces)

..... Moyenne de 2003 à 2007 = 100



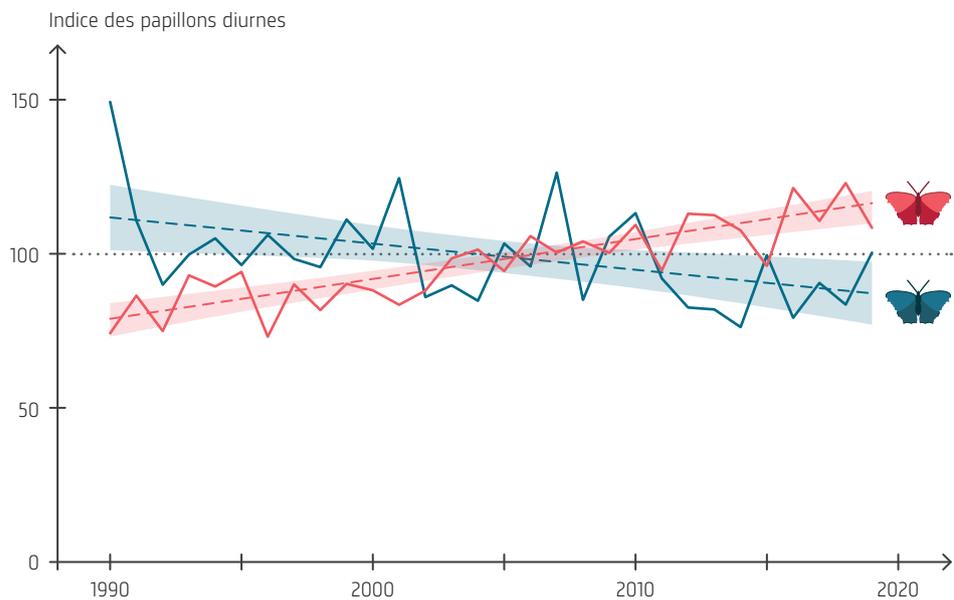
#### Thermophiles

— Evolution des effectifs  
- - - Moyenne  
Marge d'incertitude



#### Indicatrices de froid

— Evolution des effectifs  
- - - Moyenne  
Marge d'incertitude



## Les papillons sont-ils en voie de disparition ?

Karl Vorbrodt écrivait en 1911 : « En guise d'exemple typique je citerai les environs d'Olten, où Wullschlegel a découvert de nombreuses espèces de papillons que l'on ne peut même plus imaginer dans cette région aujourd'hui. »

50 ans plus tard, Anton Schmidlin tira un bilan tout aussi décevant de l'état de la faune des papillons diurnes des alentours de Berne : sur les 101 espèces anciennement mentionnées, il n'en dénombrait plus que 46.<sup>1</sup> D'autres espèces encore ont disparu depuis lors. Ces estimations sont-elles pertinentes ?

Quand je traversais le Kandertal mi-avril il y a 40 ans, beaucoup de prairies étaient brun jaune – et non vert intense comme aujourd'hui. Et en mai elles étaient multicolores au sud de Frutigen : sauge, knautie, sainfoin, œillets, vipérine, géraniums – des taches de couleur partout. La richesse entomologique était tout aussi élevée : depuis ma voiture, je pouvais voir voler des lycénidés, des piérides, des coliadinés, des satyrinés et des nacrés, parfois aussi un machaon ou même encore un apollon juste avant d'arriver à Kandersteg. Au fond de cette vallée, cette époque appartient depuis longtemps au passé. Ce que Vorbrodt avait remarqué sur le Plateau il y a plus de 100 ans s'observe aujourd'hui aux étages montagnard et subalpin des Alpes. La richesse en espèces et en individus subit partout des pertes dramatiques.

Autre scène. Région de Berne, 2021 : davantage d'espèces de papillons diurnes y vivent aujourd'hui qu'en 1960. Et, à l'échelle nationale (voir chapitre 5.3, p. 30), les analyses du MBD révèlent un accroissement du nombre d'individus de nombreuses espèces durant les 20 dernières années. Comment l'expliquer ?

Le réchauffement planétaire, les tempêtes,<sup>2</sup> les jardins proches de la nature ainsi que les remblais de voie ferrée et les talus de route, qui ne sont plus exploités systématiquement, ont permis aux généralistes des populations résiduelles isolées ont de nouveau pu se disséminer. S'y ajoutent des bénéficiaires de la chaleur, qui n'avaient encore jamais pu être identifiés sur le Plateau suisse, tel que la piéride de l'ibéride, qui a littéralement « inondé » le Plateau depuis 2008.

Les espèces plus exigeantes des forêts claires (moirés), des vastes prairies sèches (mélitées) ou des zones humides (le fadet des laïches, divers lycaenidés, p. ex.), ont presque totalement disparu en plaine. Il faut contre-carrer avec détermination cette tendance à moyenne et à haute altitude, par exemple au travers d'une interdiction systématique de fertiliser les surfaces qui ne l'ont jamais été.

*Contribution de Hans-Peter Wymann, illustrateur scientifique et collaborateur scientifique du Musée d'histoire naturelle de Berne*

1 Schmidlin A. (env. 1960) Manuscrit non publié, maintenant en possession du Musée d'histoire naturelle de Berne.

2 Tempête Lothar du 26.12.1999. Cet épisode provoqua l'ouverture temporaire de surfaces étendues, qui a sans doute favorisé la dissémination de certaines espèces. Un gros travail de recherche s'impose à ce sujet !

## 5.4 Sauterelles, grillons et criquets

Sur les 105 espèces d'orthoptères évaluées dans la liste rouge, 40 (39 %) sont menacées et 19 (19 %) potentiellement menacées (figure 5.2). Avec une part de 60 % d'espèces menacées, ce sont les espèces pionnières des bancs de gravier alluviaux et les espèces des bas- et hauts-marais qui ont le plus régressé au cours des 150 dernières années. Parmi les orthoptères des prés et pâturages secs, le groupe le plus riche en espèces de Suisse, près d'un tiers sont menacées. Les espèces forestières et semi-forestières sont en revanche moins menacées (à quelques exceptions près). Sans doute parce que plusieurs espèces de cette guilda peuvent aussi être présentes dans des parcs et des jardins (Monnerat et al. 2007). En plaine, de vastes trous sont apparus au siècle dernier dans les aires de répartition de nombreuses espèces, même si quelques espèces menacées ont pu se disséminer et regagner un peu de terrain grâce à la mise en place de surfaces de promotion de la biodiversité en zone agricole et à la renaturation de certains cours d'eau.

### Exemple orthoptères

#### Evolution de la faune locale d'orthoptères dans une zone agricole du canton de Zurich

Dans la commune de Schönenberg (ZH), la faune d'orthoptères a été recensée dans 100 surfaces de la zone agricole en 1990, 2000 et 2016 (Schlegel & Schnetzler 2018). A cet effet, 70 surfaces de promotion de la biodiversité et 30 prairies grasses conventionnelles ont été examinées. Sur les prairies grasses, la diversité (= nombre d'espèces) n'a pas connu d'évolution majeure par rapport au relevé des années 1990 et 2000. Cependant, des écarts notables ont été constatés concernant la fréquence relative (abondance) des espèces. Tandis que certaines espèces ont subi des pertes massives depuis 1990, d'autres ont nettement augmenté leur fréquence relative. Il y a donc eu une modification de la composition spécifique des communautés. Ainsi *Chorthippus biguttulus*, plutôt xérophile, s'est révélé nettement plus fréquent dans les prairies grasses en 2016 qu'en 1990 et en 2000, alors que *Chorthippus dorsatus*, plutôt hygrophile, a présenté une tendance inverse. Sur certaines surfaces de promotion de la biodiversité, un accroissement significatif du nombre d'espèces d'orthoptères a été constaté en 2016 par rapport à 1990. Cela s'explique en premier lieu par l'apparition d'espèces thermophiles (*Pteronemobius heydenii*, p. ex.).

### Finis les chants !

Les sauterelles, grillons et criquets (orthoptères) figurent parmi les insectes les plus marquants. Ils sont relativement grands et facilement repérables à distance en raison de leurs chants. Jusqu'il y a quelques décennies, ils retentissaient dans chaque prairie. En effet, une espèce, le criquet des pâtures (*Pseudochorthippus parallelus*), était omniprésent, même dans les prairies les plus grasses du Plateau suisse. Ce n'est plus le cas aujourd'hui. Les prairies artificielles se sont propagées, sur lesquelles aucune sauterelle ne chante plus, même la plus commune.

Cette évolution n'a peut-être pas été remarquée par tout le monde. Mais elle devrait nous faire réfléchir. En effet, là où les espèces fréquentes sont sous pression, il est à probable que les autres ne sont pas mieux loties. D'après la liste rouge des orthoptères de Suisse (Monnerat et al. 2007), environ deux cinquièmes des espèces comptent déjà parmi les espèces menacées. Les causes de cette régression sont relativement évidentes et incontestées. L'habitat se réduit, souvent de manière insidieuse. Qui remarquera qu'une prairie n'est plus la même qu'il y a 30 ans ? Il faut bien regarder ... ou bien écouter.

Pour aider les orthoptères, il faudrait d'abord endiguer la disparition de leur habitat, et ce non seulement sur le Plateau. Les régions de montagne sont aussi concernées depuis longtemps. Il faudrait par ailleurs valoriser les surfaces, de sorte que le territoire des espèces puisse même s'étendre le cas échéant. Il conviendrait ensuite d'assurer une interconnexion efficace.

Si ces mesures devaient se concrétiser au cours des années à venir et si la charge en substances toxiques devait diminuer dans l'air, l'eau et le sol, je ne vois pas pourquoi les populations ne devraient pas se stabiliser voire même se redresser. Les orthoptères ont en général une grande faculté d'adaptation et réagissent aussi particulièrement aux stimulations positives. De plus, leur potentiel de dissémination est souvent sous-estimé. Ce ne sera donc pas de leur faute si leurs effectifs continuent de diminuer.

*Contribution de Hannes Baur, collaborateur scientifique du Musée d'histoire naturelle de Berne et coauteur du livre « Sauterelles, grillons et criquets de Suisse »*

## 5.5 Libellules

La liste rouge des libellules de Suisse montre que 27 (36 %) des 75 espèces indigènes évaluées sont menacées (figure 5.2) (nouvelle édition à paraître). Six autres espèces (8 %) sont considérées comme potentiellement menacées. Les espèces des bas-marais et des hauts-marais ainsi que des bancs de gravier des bords de cours d'eau sont les plus menacées.

### Exemple libellules

#### Evolution de la faune des libellules dans le Zürcher Weinland

55 espèces de libellules ont été identifiées entre 1885 et 2012 autour du Husemersee (ZH). Depuis 1931, 13 d'entre elles n'ont toutefois plus été trouvées; une autre espèce a disparu après 1974. Parmi les espèces initialement présentes, seule la moitié environ (56 %) s'est donc maintenue. Dix nouvelles espèces ont cependant été observées entre 2004 et 2012 (Wildermuth 2013).

Les espèces de libellules disparues localement, toutes typiques des marais, ont perdu leur habitat pendant les deux guerres mondiales par suite de l'exploitation massive de la tourbe. Une partie en tout cas des espèces nouvellement immigrées ont sans doute tiré profit du réchauffement climatique.

### Les spécialistes manquent de plans d'eau appropriés

Les libellules sont tributaires de différents types de plans d'eau ouverts pour le meilleur et pour le pire. En raison de la destruction et de l'évolution des zones humides survenues au cours des deux cents dernières années, les populations de pratiquement toutes les espèces ont fortement diminué à basse et moyenne altitude. Selon les dernières estimations et sur la base des critères stricts de l'IUCN, 36 % des 75 espèces évaluées à l'échelle nationale sont affectés à l'une des quatre catégories de menaces de la liste rouge. Ainsi, depuis sa dernière édition il y a vingt ans, les choses ont peu évolué sur le plan purement quantitatif, mais des déplacements ont eu lieu entre les différentes catégories de menaces. Tandis que la situation de plusieurs espèces autrefois menacées d'extinction ou fortement menacées s'est améliorée grâce aux mesures spécifiques de revitalisation et d'entretien des hauts-marais, des rivières et des ruisseaux, elle s'est dégradée pour les espèces alpines vivant dans les marais d'altitude; avec la hausse des températures moyennes et la diminution des précipitations en été, le changement climatique a pour effet que les populations de plaine se raréfient. Les espèces plutôt adaptées à un climat plus frais sont également concernées. Parallèlement à cela, des espèces, le plus souvent généralistes, dont le centre de répartition se situe en Méditerranée progressent. Il en résulte des changements à l'intérieur de la communauté des espèces.

La situation actuellement précaire des libellules est imputable au manque cruel de plans d'eau appropriés en particulier pour les spécialistes. Si les eaux s'assèchent pendant la phase larvaire ou si la température de l'eau dépasse le seuil de tolérance des larves en période de canicule, des disparitions locales de libellules sont à craindre. Pour enrayer leur recul, de nouvelles mesures s'imposent en plus de la protection et de l'entretien des sites actuellement connus: renaturation d'autres cours d'eau, régénération des hauts-marais et des bas-marais, réaménagement de nombreux plans d'eau suffisamment profonds en dehors des marais et des zones alluviales. Il ne faut pas non plus oublier de préserver aussi les habitats terrestres riches en insectes, qui servent aux libellules de sites de maturation, de chasse et de repos.

*Contribution de Hansruedi Wildermuth, coéditeur de « Odonata – Die Libellen der Schweiz », auteur de livres et de publications spécialisées sur les libellules*

## 5.6 Ephéméroptères, plécoptères et trichoptères

Sur les 499 espèces indigènes évaluées (86 espèces d'éphéméroptères, 111 espèces de plécoptères et 302 espèces de trichoptères), respectivement 43 %, 40 % et 51 % sont menacées selon la liste rouge (figure 5.2) (Lubini et al. 2012). 15 % (9 espèces d'éphéméroptères, 19 espèces de plécoptères et 43 espèces de trichoptères) sont consi-

dérés comme potentiellement menacées. Les espèces les plus menacées sont liées aux rivières de plaine et en partie aussi aux petits lacs, aux étangs et aux petits ruisseaux de prés. Il est à noter que la perte des zones alluviales, habitat important pour les insectes aquatiques, observée depuis 1900 s'élève à 70 % et celle des marais à plus de 80 % (Lachat et al. 2010).

### Exemple plécoptères

#### Evolution de la faune des plécoptères dans le Parc National Suisse

Les plécoptères ont été recensés dans le Parc National Suisse en 2011 et 2012 dans 33 sites et dans différents types de cours d'eau – des sources aux rivières en passant par les ruisseaux (Knispel & Lubini 2015). 34 espèces ont pu être identifiées. Les données historiques sur les plécoptères recensés dans la même zone entre 1934 et 1964 ont permis une comparaison à long terme. La faune des plécoptères présente une grande stabilité dans le Parc National. A une exception près, les chercheurs ont pu retrouver les mêmes espèces (même les espèces indigènes et rares) un demi-siècle plus tard. Trois nouvelles espèces ont été observées dans le parc, alors qu'une espèce s'est déplacée apparemment vers des sites plus élevés. Ce changement pourrait être lié au

réchauffement climatique. Dans l'ensemble, la morphologie et le régime des cours d'eau ne sont pratiquement pas influencés par l'être humain dans cette réserve naturelle intégrale. Combinés à la diversité des types de cours d'eau et des substrats, ils semblent contribuer à la diversité et à la stabilité de la faune des plécoptères.

Dans d'autres régions davantage influencées par l'être humain, il en va tout autrement. De nets reculs des effectifs de plécoptères sont constatés là où des données sont disponibles. Ils ont en grande partie disparu du Rhin supérieur, et leur diversité est également faible aujourd'hui dans de nombreux cours d'eau du Plateau suisse, tout comme celle des éphéméroptères et des trichoptères (Kaelin & Altermatt 2016).

### La faune des plécoptères en Suisse évolue

En 1842, au début des recherches menées en Suisse sur les plécoptères, 37 espèces avaient été décrites par le Genevois François-Jules Pictet. Environ 180 ans plus tard, 122 espèces ont été identifiées. 44 % des 111 espèces évaluées figurent sur la liste rouge.

La surveillance systématique des cours d'eau débuta dans les années 1990 par des projets cantonaux et se poursuivit en 2010 par des projets nationaux. Dans certains cas, les analyses sont plus anciennes : dans les eaux du parc national, la diversité des espèces est demeurée stable depuis environ 80 ans. Sur le Plateau suisse, en revanche, aucune tendance homogène n'a été observée au cours des dernières décennies : en fonction du bassin versant, des augmentations et des diminutions ont été enregistrées, ainsi dans de nombreux cas qu'une certaine stabilité des nombres d'espèces. L'intensité d'exploitation du sol et la diversité des espèces présentent une corrélation négative. C'est pourquoi la situation des plécoptères, qui ne supportent pas les eaux polluées, est précaire sur le Plateau suisse, où de nombreux cours d'eau ne contiennent que peu d'espèces en faible densité. Plus de la moitié des échantillons provenant des

petits ruisseaux du projet NAWA étaient même dépourvus de plécoptères en 2019. Outre la qualité insuffisante de l'eau, les corrections ou mise sous tuyau des cours d'eau, les assèchements des marais et l'exploitation des sources pour produire de l'eau potable ont réduit la diversité des espèces durant 150 ans. L'exploitation hydroélectrique y a aussi contribué, surtout dans l'arc alpin. Leur extension à venir maintiendra cette tendance. Pourtant, des populations résiduelles d'espèces typiques survivent dans certains cours d'eau. Récemment, des retours d'espèces rares ont également été observés. Les conditions les plus propices actuellement sont remplies dans les petits ruisseaux dont le bassin versant est intact et bien interconnectés. En raison du changement climatique, les espèces eurythermes prennent la place des espèces sténothermes et progressent en altitude. L'assèchement plus fréquent des ruisseaux durant l'été pourrait entraîner un recul de la diversité des espèces et l'isolement des populations. A l'avenir, les généralistes auront tendance à évincer les spécialistes.

*Contribution de Verena Lubini, experte en hydroécologie et macrozoobenthos*

## Ephéméroptères : pertes massives de biomasse

Un exemple peut parfaitement illustrer la situation des éphéméroptères dans le Rhin et diverses régions du Plateau suisse – les données collectées par Ferdinand Neeracher à Bâle en 1905 et en 1910. Neeracher observa huit « grandes » espèces d'éphéméroptères. Seules deux espèces vivent encore aujourd'hui dans la Wiese et figurent respectivement sur la liste rouge en tant qu'espèce vulnérable (VU) ou menacée d'extinction (CR). Aucune des six espèces restantes n'a été retrouvée dans le Rhin; deux d'entre elles sont considérées comme disparues (RE) à l'échelle nationale, deux sont considérées comme menacées d'extinction (CR) et deux comme fortement menacées (EN). Une des espèces disparues, *Oligoneuriella rhenana*, avait même été localisée autrefois sur le « Rhin à Bâle ». Elle a aujourd'hui totalement disparu du Plateau suisse et n'est plus présente que dans trois, éventuellement quatre, petits cours d'eau préalpins. En ce qui concerne les quantités d'éphéméroptères, la citation suivante de Paul Steinmann en 1919 à propos de la même espèce peut donner une idée: « *Oligoneuria rhenana*, le « moustique du Rhin », aussi couramment appelé éphémère, apparaît chez nous régulièrement au mois d'août en nuées abondantes qui peuvent ressembler à un tourbillon de neige. Tous les enfants le connaissent. » (Steinmann 1919)

La régression de la biomasse des éphéméroptères peut aussi être parfaitement résumé par une remarque d'un ancien pêcheur à qui j'avais parlé par hasard en 2005 en faisant des relevés dans le Rhin: « Quoi, il y a encore des éphémères dans le Rhin? Lorsque je pêchais, mon pantalon était tellement taché par les éphémères qui couvraient l'eau que je devais rentrer chez moi. En tout cas les poissons étaient tellement bourrés d'éphémères qu'ils ne mordaient plus. »

Au XX<sup>e</sup> siècle, pratiquement toutes les grandes espèces d'éphéméroptères ont subi un net recul sur le Plateau suisse. Aujourd'hui toutefois, la qualité de l'eau a pu être nettement améliorée par les stations d'épuration, et la situation ne s'aggrave plus pour les grandes espèces. Pour permettre une recolonisation, il est néanmoins nécessaire de poursuivre les efforts de renaturation, de limiter les variations de débit artificielles (éclusées) et de lutter contre les micropolluants. Comme la plupart des espèces benthiques, les éphéméroptères ont besoin d'une bonne qualité d'eau, mais la structure de l'habitat est tout aussi importante.

Au cours des vingt dernières années, bon nombre d'espèces ont migré vers l'amont en raison de la hausse de la température de l'eau. L'exemple le plus concret est celui de la Singine, qui a été intensivement étudiée dans les années 80 depuis le Schwarzsee, vers l'amont et vers l'aval (Hefti et al. 1991). 31 espèces ont été identifiées en aval du Schwarzsee. En 2017, il a été constaté que 9 de ces 31 espèces avait migré vers l'amont et colonisaient aujourd'hui la Singine en amont du Schwarzsee. Deux espèces n'ont plus été observées en aval, et plusieurs ont disparu des sites les plus bas. D'une manière générale, les zones alpines sont actuellement encore assez alimentées par les glaciers, qui continuent de fournir de l'eau froide en grande quantité. En revanche, l'exemple de la Singine montre que les espèces pourraient disparaître en plaine dans un proche avenir.

De même, plusieurs petites espèces d'éphéméroptères qui colonisent avant tout les petits et moyens cours d'eau du Plateau suisse et du Jura se propagent et progressent même vers les cours d'eau des vallées alpines. Il s'agit d'espèces déjà très répandues dans les pays voisins et qui tendent maintenant à être plus fréquentes aussi en Suisse.

*Contribution d'André Wagner, spécialiste des éphéméroptères et auteur de travaux scientifiques sur ce groupe d'insectes*

## 5.7 Evaluation des changements constatés

Par rapport à la grande diversité des insectes de Suisse, seuls quelques groupes d'insectes ont été suffisamment étudiés pour disposer de données pertinentes permettant de tirer des conclusions sur l'évolution à long terme de leurs effectifs et de leur diversité. Les indications les plus probantes sont celles des listes rouges nationales. Cependant, les groupes d'organismes évalués jusqu'à présent ne représentent qu'une infime fraction de toutes les espèces d'insectes présentes en Suisse. Un ordre riche en espèces fait totalement défaut, les hémiptères et deux autres n'ont été qu'effleurés : les diptères et les hyménoptères. Il est toutefois permis de supposer que les changements constatés pour les groupes traités dans les listes rouges sont extrapolables aux autres groupes d'insectes.

Les données disponibles permettent avant tout d'estimer l'évolution de la taille de l'aire de distribution et dans certains cas des effectifs des groupes traités. Des études comparatives sur l'évolution à long terme de la biomasse des insectes font presque totalement défaut – et ce non seulement en Suisse (Guyot et al. 2018). Cependant, les affirmations des entomologistes qui observent la faune des insectes depuis des décennies soulignent le déclin notable de la quantité d'insectes (Ineichen 2001).

Les listes rouges donnent des indications révélatrices sur l'évolution des populations d'insectes (Gonseth 2017). Sur les 2259 espèces figurant sur ces listes, 125 sont considérées comme éteintes en Suisse et 165 autres espèces sont menacées d'extinction (état août 2021). Les espèces disparues étaient toutes liées aux grands cours d'eau de plaine et à leurs berges. Les espèces menacées d'extinction, en revanche, colonisent des habitats très différents tels que sources et petits cours d'eau, rives de lac, bas-marais périodiquement inondés, hauts-marais, prairies maigres ou forêts clairsemées et riches en bois mort et en vieux bois. En général, les constats effectués révèlent un recul massif de la diversité des insectes par rapport à la situation prévalant au début du XX<sup>e</sup> siècle. Cette évolution est particulièrement imputable à la forte régression des habitats appropriés (voir chapitre 6).

Les données relatives à l'état et à l'évolution de la diversité des insectes et de leurs effectifs en Suisse permettent d'identifier diverses tendances, parfois contradictoires, affectant les différents groupes d'espèces (tableau A.1, annexe). Cela s'explique notamment par les périodes considérées. Les séries temporelles des programmes de monitoring sont relativement courtes : MBD (Monitoring de la biodiversité en Suisse) et NAWA (Observation nationale de la qualité des eaux de surface) ne donnent qu'une idée de l'évolution des populations des groupes d'insectes étudiés au cours des 10 à 18 dernières années. Certaines des modifications anthropiques massives de l'environnement ayant de fortes incidences négatives sur la biodiversité ont toutefois débuté dès le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle : telles les grandes corrections fluviales et le drainage généralisé des zones humides (Lachat et al. 2010). Les études qui n'ont commencé qu'après ces profondes modifications se fondent donc sur un niveau de diversité déjà fortement amoindri (voir aussi figures 2.1 et 2.2). Une évaluation fondée de l'évolution et de l'état des populations d'insectes doit donc impérativement combiner les informations relatives aux tendances à long et à moyen terme.

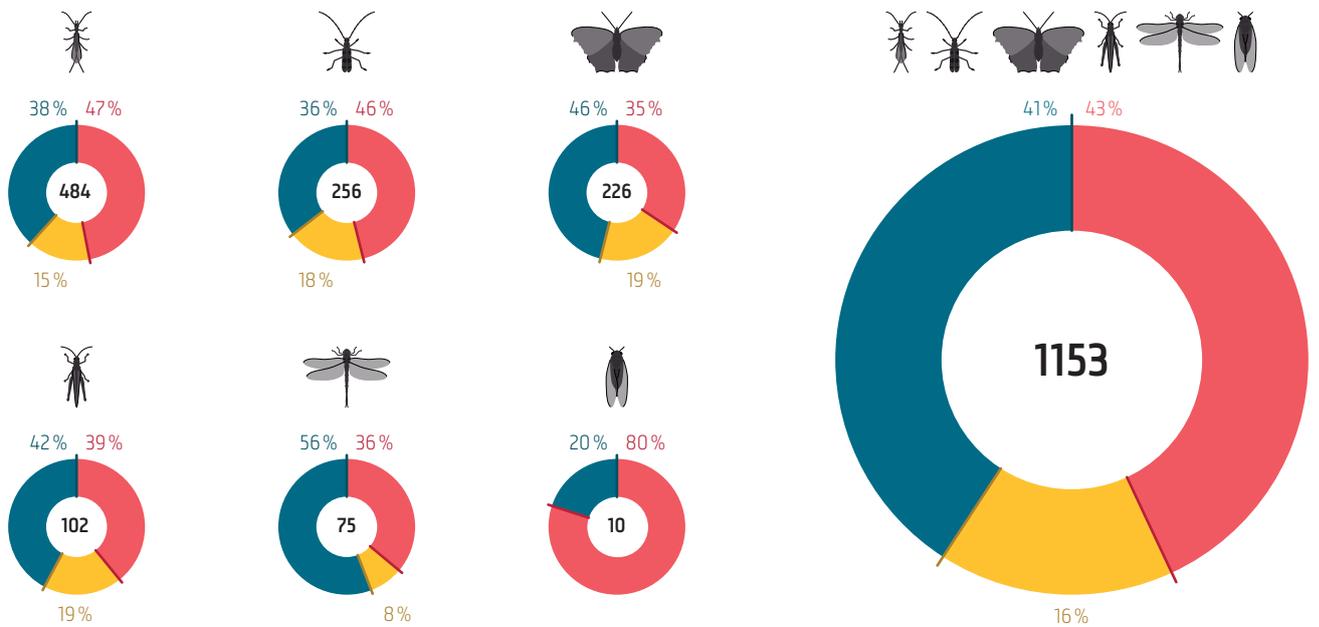
Même si le nombre des espèces demeurent plus ou moins constant dans une zone donnée, la composition des communautés d'espèces peut avoir considérablement évolué pendant la même période. Il apparaît en général que, parmi les espèces d'insectes, la fréquence des généralistes tend à s'accroître, alors que celle des spécialistes décroît. Cette tendance est également observée chez les végétaux (Bornand et al. 2016) et les oiseaux (Keller et al. 2010; Knaus et al. 2018). Ainsi, les communautés d'espèces deviennent de plus en plus similaires sur de vastes secteurs (homogénéisation), ce qui augmente la vulnérabilité des différentes communautés en cas de changements majeurs (Turrini & Knop 2015; Knop 2016). Cette tendance s'est tout d'abord manifestée sur le Plateau suisse, mais elle est de plus en plus souvent observée aujourd'hui dans le Jura, les Préalpes et les Alpes.

**Figure 5.2 De nombreux insectes sont menacés en Suisse et figurent sur la liste rouge des espèces menacées**

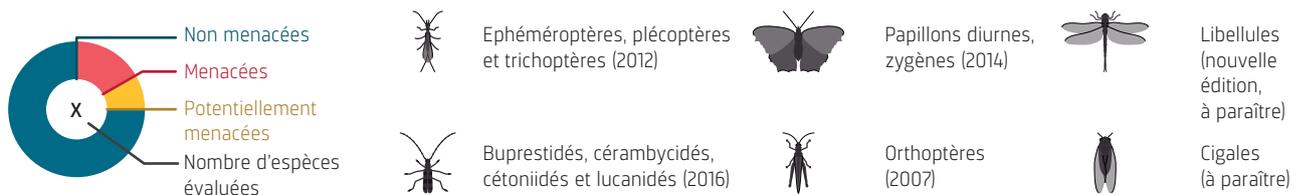
Il existe actuellement en Suisse des listes rouges pour six groupes d'insectes. Sur les 1153 espèces d'insectes évaluées, 43% sont menacées et 16% sont potentiellement menacées. Au total, 38 espèces sont considérées comme disparues (RE) et 107 autres espèces sont menacées d'extinction (CR).

**Part des espèces menacées, potentiellement menacées et non menacées par groupe d'insectes**

**Part des espèces menacées, potentiellement menacées et non menacées dans l'ensemble des groupes d'insectes étudiés**



**Légende**





Les diptères constituent un des groupes d'insectes les plus riches en espèces et sont donc très variés en ce qui concerne leur forme et leur mode de vie. Longue d'environ un centimètre, l'*alophore hémiptère* (*Phasia hemiptera*) reproduite ici présente la forme classique d'une mouche. Les adultes se nourrissent exclusivement de pollen de fleurs, mais les œufs sont pondus sur des punaises des bois et la larve qui en éclot pénètre dans la punaise. En tant que parasitoïde, l'asticot dévore son hôte de l'intérieur et entraîne ainsi sa mort.

## 6 Causes de l'évolution

Les insectes sont tributaires d'un paysage varié riche en structures et en milieux proches de la nature. L'évolution de l'affectation du sol (intensification de la production agricole ou développement urbain et infrastructurel, p. ex.) génère des pertes massives ainsi qu'un rétrécissement et un morcellement des milieux naturels. En même temps, les structures d'habitat importantes pour les insectes diminuent. Les causes supra-écosystémiques (épannage de pesticides, accroissement des apports d'azote et de phosphore, modes d'exploitation néfastes aux insectes ou changement climatique, p. ex.) entraînent une dégradation de la qualité des milieux subsistants. Les facteurs d'influence agissant directement sur les insectes (voir aussi tableau 6.1) dissimulent souvent des causes d'ordre supérieur (forte consommation de la société et utilisation non durable des ressources naturelles, p. ex.). Parmi ces causes d'ordre supérieur et vecteurs indirects figure également le cadre culturel, légal et institutionnel, qui co-détermine les échelles de valeurs, les prises de décision et le comportement des individus et de la société dans son ensemble (voir figure 6.1).

Le présent chapitre fournit une vue d'ensemble des principaux facteurs d'influence et des vecteurs sous-jacents qui modifient les écosystèmes et, partant, les populations d'insectes (IPBES 2019). Les mesures et les instruments actuels destinés à la conservation et à la promotion seront présentés au chapitre 8.

### 6.1 Changements d'affectation des milieux

Au cours des siècles, une bonne partie de la surface de l'Europe occidentale a été affectée à l'agriculture par le biais de vastes campagnes de déforestations (Poschlod 2015). La mosaïque qui en a souvent résulté, constituée de forêts, de prairies et de champs, accrut presque partout la diversité des espèces jusqu'au début du XX<sup>e</sup> siècle (Sauberer et al. 2008). L'utilisation traditionnelle du sol élargit l'offre en milieux semi-naturels et proches de la nature pour de nombreuses espèces végétales et animales spécialisées des paysages ouverts. Un revirement survint avec l'avènement de l'agriculture intensive et la forte croissance démographique qui marqua l'immédiat après-guerre: l'affectation du sol fut radicalement transformée. Il en résulta des pertes et des dégradations massives de l'habitat d'une grande partie des espèces d'insectes (Foley et al. 2005).

#### Encadré 6.1 Importance des microstructures pour les insectes

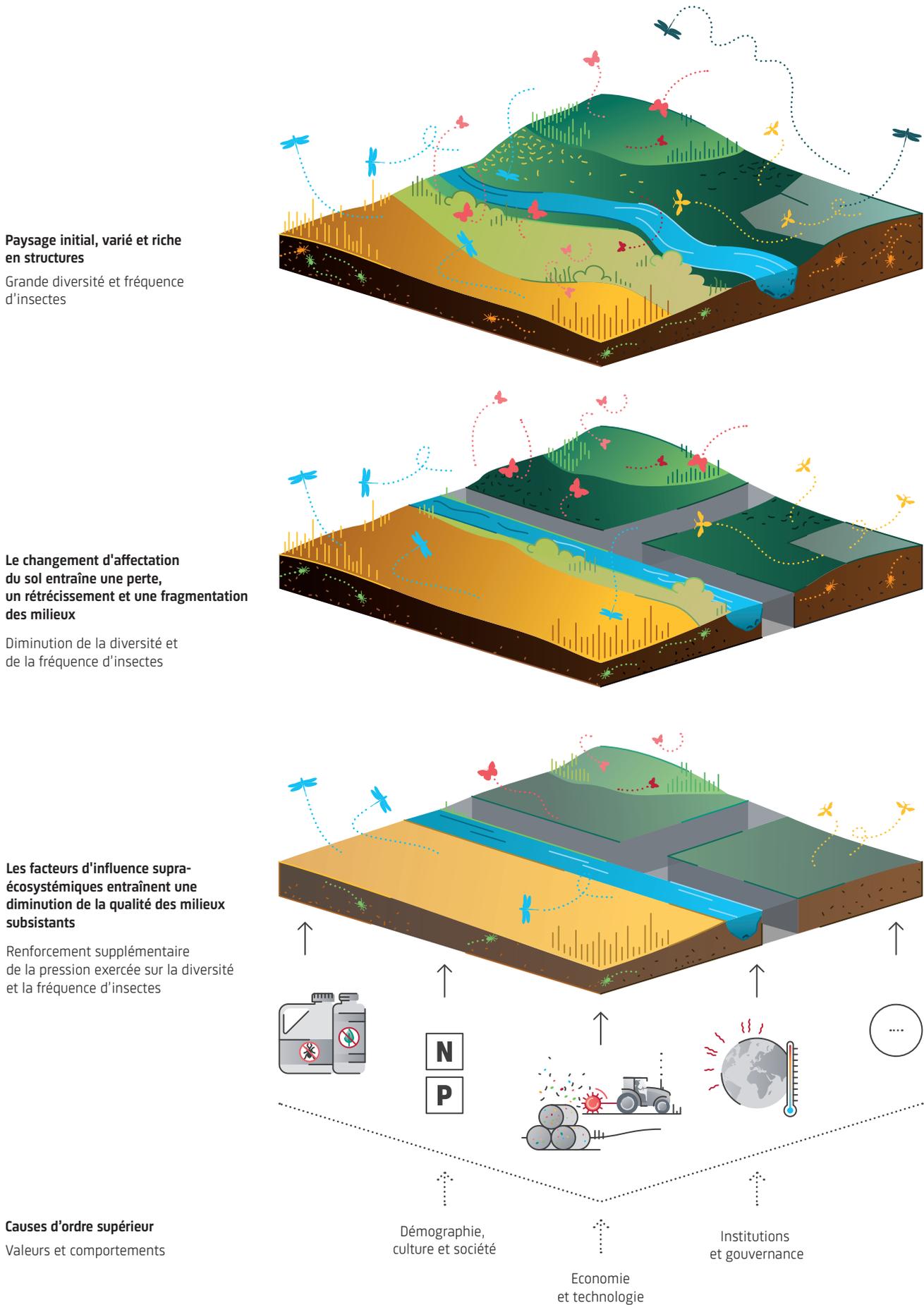
Les microstructures sont essentielles à la présence de nombreuses espèces d'insectes (Guntern et al. 2020). Les tas de branches et de rondins, les souches, les troncs d'arbres morts sur pied ou couchés ainsi que les clôtures de bois non traité sont des habitats importants pour les insectes saproxyliques, telles certaines espèces d'abeilles sauvages qui aménagent les cellules dans lesquelles se développe leur couvain dans les galeries forées par des larves de coléoptères (Zurbuchen & Müller 2012). Certaines espèces d'insectes trouvent refuge et peuvent accomplir l'intégralité de leur cycle de vie dans les bandes herbeuses qui ne sont fauchées que tous les deux ou trois ans. Les massifs d'orties sont essentiels à de nombreuses espèces d'insectes. Les chenilles d'une cinquantaine d'espèces de papillons se nourrissent de cette plante. Les mares et étangs abritent non seulement de nombreuses espèces aquatiques, mais sont aussi une source d'eau pour les insectes terrestres. Les surfaces de sol nu abritent les nids de nombreuses espèces (Zurbuchen & Müller 2012). Elles sont primordiales pour une part importante des espèces indigènes d'hyménoptères aculéates, abeilles sauvages et guêpes solitaires et sociales notamment. La qualité de ces structures joue un rôle capital pour les insectes. Les zones bien ensoleillées ou semi ombragées, pauvres en nutriments et dotées d'une végétation indigène clairsemée sont particulièrement appropriées.

#### 6.1.1 Zones agricoles

##### Pertes d'habitat

L'intensification de la production agricole a bouleversé le paysage de l'Europe centrale en particulier à partir de 1950 (Baur et al. 2004; Poschlod 2015). Les remaniements parcellaires réunirent en vastes unités les petites parcelles fragmentées par des siècles de partages successoraux ce qui favorisa une mécanisation croissante de l'agriculture synonyme de rectification des lisières forestières, de canalisation ou de mise sous tuyau des ruisseaux et de suppression des microstructures (Ewald & Klaus 2010; Poschlod 2015; Guntern et al. 2020) (voir aussi encadré 6.1 sur l'importance des structures pour les insectes). L'intensification des pratiques agricoles sur les sites favorables associée à la déprise des surfaces peu productives en montagne eurent pour effet que la diversité des milieux et des espèces qui en dépendent, insectes compris, fut fortement réduite (Walter et al. 2010). Les éléments paysagers proches de la nature, qui rendaient difficile l'exploitation mécanique ont été supprimés jusqu'à aujourd'hui: arbres

Figure 6.1 Facteurs de menace de la diversité des insectes en Suisse



isolés, arbustes, tas de pierres, fossés, sites humides et mares (Poschlod 2015; Guntern et al. 2020).

### Fertilisants

La biodiversité de beaucoup d'écosystèmes des terres cultivées souffre de l'apport régulier de fertilisants (Guntern et al. 2020). Une étude européenne concernant 130 prairies et 141 champs a par exemple révélé que la diversité de la flore accusait une décroissance exponentielle en fonction de l'apport d'azote croissant (Kleijn et al. 2009). La diversité d'insectes est fortement corrélée à la diversité végétale (Schuldt et al. 2019) et décline donc avec cette dernière. En raison de l'emploi généralisé de fertilisants de synthèse et des grandes quantités de lisier épandues l'augmentation du nombre de fauches qui en a résulté, les prairies à fromental riches en espèces, autrefois très répandues, ont enregistré une régression dramatique (Bosshard 2015). Elles étaient traditionnellement fauchées deux fois par an et souvent pâturées une fois avant ou après la fauche. A partir des années 1950, elles ont presque toutes été converties en prairies intensives voire, dans une moindre mesure, en cultures ouvertes ou bien construites. Les surfaces résiduelles qui persistent sur le Plateau suisse ne représentent plus au maximum que 2 % de la surface agricole utile (Bosshard 2015). De nombreux insectes se sont ainsi vus privés de ressources alimentaires sur de vastes étendues.

### Pesticides

Les pesticides sont des produits phytosanitaires largement utilisés en agriculture. Ils visent à réduire les pertes de quantité et de qualité des récoltes, en luttant contre les insectes ravageurs (insecticides), les plantes concurrentes concurrentes (herbicides) et les infections par les champignons (fongicides) (Dudley & Alexander 2017). Ces substances actives à large spectre (non spécifiques) éliminent ou altèrent aussi la vie d'organismes non ciblés. Alors que les insecticides portent un préjudice immédiat aux insectes en général, les herbicides réduisent avant tout l'offre des plantes hôtes dont ils sont tributaires (Marshall et al. 2003). Leur habitat s'en trouve ainsi modifié ce qui constitue une menace pour leurs populations (Theiling & Croft 1988; Brittain et al. 2010; Geiger et al. 2010; Henry et al. 2012).

Des cas d'atteinte directe portée aux insectes par les herbicides sont aussi connus (voir Straw et al. 2021, p. ex.), tout comme le fait que de faibles concentrations d'insecticides (non létales) ou que les effets conjugués de substances actives d'origines différentes peuvent avoir des effets très négatifs sur la physiologie, le comportement, la reproduction et le développement des insectes (Hayes & Hansen 2017). Les pesticides peuvent affecter des organismes non cibles dans, mais aussi à proximité voire à distance des cultures traitées par suite de leur transport par l'eau ou le vent (dérive, charriage), notamment dans les cours

d'eau ou en lisière de forêt (Egan et al. 2014; Doppler et al. 2017; Spycher et al. 2018). L'emploi de pesticides est donc actuellement considéré comme une des principales causes du déclin des insectes (Geiger et al. 2010; Brühl & Zaller 2019; Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019). Il peut en outre renforcer l'action d'autres facteurs (destruction ou dégradation de leurs habitats, émission d'autres polluants p. ex.) (Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019).

Ces dernières années, l'intérêt s'est surtout focalisé sur les insecticides de la catégorie des néonicotinoïdes (Mitchell et al. 2017) et sur le fipronil (Pisa et al. 2015, 2017; Simon-Delso et al. 2015; Wood & Goulson 2017). Le recul des papillons en Grande-Bretagne ainsi que des insectes et des oiseaux insectivores aux Pays-Bas a été directement corrélé à l'emploi de néonicotinoïdes (Hallmann et al. 2014; Gilburn et al. 2015). Cependant, les disparitions d'insectes ont commencé bien avant l'introduction des néonicotinoïdes (chez les papillons diurnes et nocturnes de Grande-Bretagne, p. ex.; Pollard & Yates 1993; Conrad et al. 2004) et ont également concerné des zones peu exposées aux apports de pesticides.

Les insectes peuvent aussi être affectés par des biocides et autres produits vétérinaires utilisés comme antiparasitaires sur les animaux de rente et parvenus dans l'environnement par émission directe ou par épandage de lisier et de fumier de ferme (Lumaret et al. 1993; Verdù et al. 2018; Schoof & Luick 2019; Tonelli et al. 2020). Certaines substances demeurent actives dans les excréments plusieurs semaines après leur administration et ont par exemple un impact négatif sur les espèces d'insectes participant à la décomposition de matières organiques comme les excréments (bousier ou scatophage, p. ex.).

### Mécanisation

Dans les prairies, l'emploi de faucheuses autochargeuses et autres machines modernes pour la récolte du fourrage ont pour effet de faire périr un très grand nombre d'insectes (Humbert et al. 2009). L'utilisation des conditionneurs à fourrage frais en particulier est la cause de taux de mortalité très élevés. Par ailleurs, l'efficacité de ces engins permet de faucher de très vastes surfaces en très peu de temps, si bien que les insectes ne disposent d'aucune surface de repli.

L'emploi de herse rotatives et autres engins tels que cultivateurs rotatifs, herse à disques ou pailleuses-broyeuses pose également des problèmes. En montagne, dans les Alpes et le Jura, ils détruisent de plus en plus de microstructures (Apolloni et al. 2017) dont dépendent de nombreuses espèces d'insectes. Les surfaces ainsi aplanies sont en outre souvent ensemencées par des mélanges très pauvres en fleurs qui n'offrent ainsi aucune nourriture aux insectes. Si l'usage de tels engins est parfois interdit, les dérogations sont nombreuses.

### Irrigation

L'irrigation à grande échelle des prairies et pâturages secs – par des installations d'arrosage notamment –, combinées à une exploitation par ailleurs déjà intensifiée ont pour effet un changement radical de la structure et de la nature de la végétation des prairies permettant une augmentation du nombre de coupes voire même parfois le recours à de nouvelles techniques de récolte favorisant l'ensilage (Jeangros & Bertola 2001 ; Riedener et al. 2013 ; Graf et al. 2014). En cas d'installation peu soignée ou par manque de pratique, les structures proches (murgiers, murs, haies) et les surfaces protégées avoisinantes (prairies sèches, pelouses steppiques) en seront aussi affectées. Si les arrosages des prairies et pâturages secs peuvent massivement dévaloriser les habitats des insectes leur irrigation traditionnelle par ruissellement, en revanche, peut plutôt accroître leur diversité (Volkart 2008).

### Pâturage de moutons au-delà de la limite naturelle de la forêt

Le pâturage par les moutons au-delà de la limite naturelle de la forêt a aujourd'hui une influence très négative sur la biodiversité. La végétation des surfaces intensivement pâturées est massivement dégradée, avec les conséquences qui en découlent pour la faune entomologique alpine (Hans-Peter Wymann, communication personnelle).

## 6.1.2 Forêt

Au cours des 150 à 200 dernières années, la forêt a connu des changements majeurs tant sur le plan qualitatif que quantitatif (Scheidegger et al. 2010). Certains insectes en ont tiré profit (dont certaines espèces saproxyliques, p. ex.), d'autres non (dont celles des forêts clairsemées). Outre la production de bois de construction et de chauffage, les forêts servaient aussi autrefois de pâturages, à la production de fourrage, de litière et de substances actives telles que le tan et la résine (Stuber & Bürgi 2011). La diversité de ces pratiques sylvicoles a donné naissance à des forêts hétérogènes et clairsemées. En raison de leur exploitation intensive, elles étaient cependant, jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, quasi dépourvues de vieux bois et de bois mort. Même les branches et arbres secs étaient utilisés. Lorsque la demande de bois diminuait, on exportait le bois épars, ne serait-ce que par pur souci d'ordre (Lachat et al. 2019). L'abandon des pratiques traditionnelles et l'adoption de futaies ont entraîné une homogénéisation et un assombrissement des forêts.

L'évolution de la diversité entomologique en forêt a été moins bien étudiée jusqu'à présent que celle des milieux ouverts (Scherber et al. 2019 ; Seibold et al. 2019 ; Knoblauch et al. 2020). Des études menées en Allemagne suggèrent que le déclin des insectes en forêt est certes plus lent que dans les prairies (Seibold et al. 2019), mais quand même nettement mesurable. Knoblauch et al. (2020) esti-

ment que la situation est toutefois meilleure dans les forêts suisses. Cette hypothèse se fonde sur la longue tradition d'une sylviculture proche de la nature, qui contribue globalement à la sauvegarde d'une plus riche diversité. Autre différence par rapport à l'Allemagne : l'interdiction générale des fertilisants et des pesticides dans les forêts suisses (à l'exception du traitement du bois abattu sur les aires de stockage, qui requiert une autorisation cantonale).

### Vieux bois et bois mort

Le volume de bois sur pied et le volume de bois mort se sont de nouveau accrus au cours des dernières décennies, notamment grâce à une sylviculture proche de la nature. Cependant, les peuplements sénescents, comparables aux forêts primaires, qui offrent de précieux habitats à de nombreux insectes sylvicoles, font encore défaut. Le bois mort en particulier – dans une quantité et une diversité suffisante – joue un rôle essentiel pour la survie de nombreuses espèces xylobiontes (Lachat et al. 2019). Malgré un accroissement documenté du volume de bois mort en Suisse depuis les années 1980 (Brändli et al. 2020), 46 % des espèces de coléoptères xylobiontes des quatre familles étudiées sont considérées comme menacées (Monnerat et al. 2016). Les espèces exigeantes notamment, qui nécessitent de gros volumes de bois mort de grands diamètres, sont fortement menacées.

Selon certains indices, la biomasse des insectes xylobiontes augmente en Suisse. L'accroissement du volume de bois mort et de vieux bois joue aussi un rôle important pour les pics qui, pour la plupart cherchent de préférence leur nourriture (larves d'insectes) dans le bois mort. Ainsi, six espèces de pics sur huit nichent régulièrement en Suisse présentent une évolution positive de leurs effectifs. D'autres facteurs comme le changement climatique devraient aussi favoriser cette tendance (Mollet et al. 2009 ; Lachat et al. 2019).

### Assombrissement

Par rapport aux formes traditionnelles d'exploitation forestières, les futaies actuellement dominantes et leur volume abondant de bois sur pied offrent un habitat trop sombre pour les insectes héliophiles et thermophiles. Ces espèces souffrent de l'impact négatif lié à l'absence des phases pionnières et des phases de sénescence clairsemées et à l'exploitation intensive des surfaces ouvertes depuis la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle (Imesch et al. 2015). L'abandon de l'exploitation en taillis, par exemple, et l'assombrissement des Thurauen qui en a découlé a provoqué une nette diminution de la diversité des espèces de papillons diurnes (de plus de 35 %) ainsi que de leur fréquence (d'environ 90 %) (Schiess & Schiess-Bühler 1997).

### 6.1.3 Eaux

Les eaux courantes et stagnantes et leurs rives figurent parmi les milieux les plus riches en espèces de Suisse. Elles ne couvrent certes qu'environ 2 à 3 % de la superficie du pays, mais, avec leurs zones de transition vers la terre ferme (zones alluviales, p. ex.) elles hébergent plus de 80 % de toutes les espèces de Suisse, parmi lesquelles une grande partie d'insectes (Altermatt 2020).

#### Pertes d'habitat

A partir de 1850, l'homme commença à profondément modifier le réseau dense et complexe des ruisseaux et des rivières pour récupérer des terres et se protéger contre les crues. La plupart des cours d'eau furent convertis en canaux, séparés des terres par des enrochements; beaucoup de ruisseaux furent mis sous tuyau (Altermatt 2020). L'exploitation hydroélectrique a en outre transformé les cours d'eau en une succession de lacs de retenue et occasionné l'assèchement du lit de nombreux ruisseaux en montagne. L'exploitation par éclusées des centrales hydrauliques provoque des crues artificielles qui ont une incidence négative sur l'hydroécologie.

#### Qualité de l'eau

Dans le cadre de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA), les petits cours d'eau sont également analysés depuis 2018. L'évaluation de toutes les données relevées jusqu'à présent concernant le macrozoobenthos – invertébrés aquatiques vivant au fond des eaux et visibles à l'œil nu – révèle que plus de la moitié des eaux courantes présentent un indice de qualité biologique insatisfaisant et ne satisfont donc pas aux exigences de l'ordonnance sur la protection des eaux (BAFU 2020). Cet état de fait a une influence négative sur les insectes qui y vivent (Burdon et al. 2019).

L'extension des stations d'épuration des eaux usées a cependant permis d'améliorer sensiblement la qualité des eaux en Suisse depuis les années 1990 et de rétablir un niveau naturel de charge en phosphore, ce qui a profité aux insectes aquatiques (van Klink et al. 2020a). Les incidences de l'eutrophisation des lacs – manque d'oxygène dans les eaux profondes par exemple – persistent cependant et sont parfois irréversibles (Vonlanthen et al. 2012; Kiefer et al. 2020). De même, la teneur en nitrate des eaux de surface dépasse encore les valeurs limites dans 15 à 20 % de toutes les stations de mesure, et ce avant tout dans les petits ruisseaux charriant une part importante d'eaux usées ou dont le bassin versant présente une part importante de terres agricoles (Guntern et al. 2020).

Les eaux sont en outre fortement chargées en micropolluants, qui proviennent surtout de l'agriculture (produits phytosanitaires, antibiotiques; Doppler 2017; Spycher 2019) et des zones urbaines (produits phytosanitaires,

biocides, antibiotiques, substances en traces issus de produits courants tels que médicaments, détergents et de soin du corps). La charge en micropolluants peut être forte dans les cours d'eau (Doppler et al. 2020; Guntern et al. 2021), notamment dans ceux dont le bassin versant est essentiellement formé de terres agricoles (cultures céréalières, cultures permanentes avant tout) ou qui présentent une part élevée d'eau provenant de stations d'épuration. Diverses substances actives peuvent déjà porter atteinte aux organismes aquatiques en faibles concentrations (Rösch et al. 2019; Doppler et al. 2020).

### 6.1.4 Milieu urbain

Depuis les années 1930, l'urbanisation et le mitage du paysage ont sensiblement augmenté (Jaeger & Schwick 2014). Entre 1985 et 2009, la surface bâtie a progressé en Suisse de 0,8 m<sup>2</sup> par seconde, soit une augmentation de 585 km<sup>2</sup> ou de 24 % (Statistique suisse de la superficie, relevés de 1979/1985, 1992/1997, 2004/2009). La forte extension du milieu urbain est principalement imputable à la croissance démographique et à une plus grande mobilité individuelle qui requiert la construction constante de nouvelles routes et un besoin accru de lotissements. Il convient toutefois de souligner que l'urbanisation a affiché une croissance disproportionnée par rapport à la croissance démographique (1935–2002: croissance démographique 17 %, croissance du milieu urbain 155 %; voir Jaeger & Schwick 2014).

L'imperméabilisation des sols entraîne une perte durable d'habitats – tant par suite de l'accroissement de la surface que de la densification du bâti. Ainsi, beaucoup d'abeilles et de guêpes fouisseuses ne trouvent plus de sol nu de structure appropriée à l'aménagement de leurs nids. Les jardins et les espaces verts n'hébergent le plus souvent pas assez de plantes indigènes pouvant servir de ressource alimentaire aux insectes. Ils sont en outre de plus en plus souvent entretenus à l'aide d'outils qui leur sont néfastes tels que souffleuses ou débroussailluses. La tendance à aménager des jardins de gravier au cours des dernières années aggrave encore cette situation. Enfin, dans beaucoup de jardins privés ou communautaires, des quantités de pesticides et d'engrais incompatibles avec la survie de fortes densités d'insectes sont utilisées.

Cependant, les zones périurbaines peuvent héberger un grand nombre d'espèces d'insectes. En raison des conditions environnementales particulières, elles ont toutefois des exigences et des caractéristiques écologiques très similaires: il s'agit le plus souvent d'espèces à tendances généralistes, très mobiles et plutôt tolérantes face aux températures élevées. Les espaces verts particulièrement riches en structures, les friches et les parcs peuplés de vieux arbres à cavité peuvent toutefois constituer aussi



Au contraire des demoiselles, les libellules ne peuvent pas replier leurs ailes sur leur corps au repos. Le **sympétrum du Piémont** (*Sympetrum pedemontanum*), ici au repos, est encore présent en Suisse aujourd'hui avant tout dans les lacs des Préalpes et le long des cours d'eau. Dans de nombreuses régions, cette espèce a toutefois disparu en raison de la réduction de son habitat et de la dégradation de la qualité des milieux subsistants.

des milieux précieux pour certaines espèces rares et menacées (Ives et al. 2015; Hall et al. 2017).

Pour certaines espèces d'insectes, le milieu urbain peut même se substituer à des habitats aujourd'hui absents des zones ouvertes vouées à un entretien intensif. Ainsi les toits plats végétalisés, les talus qui bordent les voies de communication et les jardins proches de la nature améliorent non seulement la qualité de vie de la population citadine, mais offrent aussi aux insectes des habitats intéressants et des habitats relais (Braaker et al. 2014).

### 6.1.5 Milieux proches de la nature

Beaucoup de milieux naturels ou proches de la nature, typiques et caractéristiques de la Suisse, ont subi de lourdes pertes au cours des derniers siècles (Lachat et al. 2010). Les populations des espèces qui en sont tributaires se sont réduites en conséquence, beaucoup d'entre elles étant aujourd'hui en danger ou menacées d'extinction. Afin de protéger les habitats d'animaux et de végétaux menacés, des inventaires nationaux de biotopes ont été établis pour cinq types de milieux : hauts-marais et marais de transition, bas-marais, zones alluviales, sites de reproduction d'amphibiens et prairies et pâturages secs. Les principales surfaces résiduelles de ces milieux ont été mise sous protection en tant que biotopes d'importance nationale. Ils représentent ensemble 2,2 % de la superficie du pays. Elles constituent les aires nodales de l'infrastructure écologique – du réseau national de milieux de valeur – dont la mise en place est envisagée. La qualité écologique des biotopes d'importance nationale diminue toutefois en maints endroits, comme l'a constaté le suivi des effets de la protection des biotopes en Suisse (Bergamini et al. 2019).

Bon nombre des sites de haute valeur aujourd'hui protégés ne peuvent garder leurs spécificités que grâce à l'application de mesures d'entretien appropriées (gestion des zones protégées). Ces mesures sont souvent définies spécialement pour la conservation de certains organismes cibles, orchidées, reptiles ou certains oiseaux nicheurs par exemple, mais rarement pour celle des communautés d'insectes. D'autre part, le pâturage extensif qui favorisait le maintien de certains habitats dans nombre de ces milieux a de plus en plus cédé la place à la fauche au cours des dernières décennies. Cette dernière, qui ne correspond plus au type d'exploitation initial et est souvent effectuée au même moment à l'échelle de régions entières, prive de nombreux insectes des refuges nécessaires à leur survie (Balmer 1999; Balmer & Erhardt 2000).

Effectuée inopinément – souvent aussi en zones protégées – la fauche exerce une influence négative sur de nombreuses espèces d'insectes. Outre leur élimination directe par les faucheuses (Frick & Fluri 2001; Humbert

et al. 2010), elle supprime d'un seul coup les ressources alimentaires de tous les insectes qui se nourrissent de tissus végétaux ou de nectar (orthoptères, papillons, cigales, p. ex.). Bon nombre de ces espèces ne trouvent plus par la suite les plantes hôtes sur lesquelles pondre leurs œufs ou voient leurs larves décimées et leurs populations ainsi s'affaiblir chaque année un peu plus (Di Giulio et al. 2001; Nickel et al. 2016).

A long terme, l'absence de toute exploitation ou de tout entretien peut également avoir une influence négative sur la faune entomologique, les successions naturelles vers la forêt se traduisant par une modification progressive des communautés et par une baisse de leur diversité en espèces. Les premières à disparaître sont les espèces d'insectes liées à une végétation basse et clairsemée et aux surfaces de sol nu. De tels effets ont été particulièrement bien étudiés pour les papillons (Baur et al. 2006; Nilsson et al. 2008; Stefanescu et al. 2009).

## 6.2 Facteurs d'influence transversaux

Aux facteurs d'influence qui affectent les insectes dans certains milieux précis s'ajoutent des facteurs transversaux qui concernent les milieux dans leur ensemble. Combinés aux facteurs déjà mentionnés, ils peuvent parfois encore augmenter la pression sur les populations d'insectes.

### 6.2.1. Fragmentation des milieux

La fragmentation croissante des milieux naturels ou proches de la nature limite voire supprime les connexions entre habitats favorables et influence le déplacement des insectes. Il en résulte un affaiblissement des échanges d'individus (Baur et al. 2005; Fischer & Lindenmayer 2007; Fletcher et al. 2018) et donc des échanges génétiques au sein ou entre les populations concernées (dynamique des métapopulations; Hanski 1999; Eichel & Fartmann 2008; Stuhldreher & Fartmann 2014). De plus, la colonisation de nouvelles surfaces est rendue plus difficile (Knop et al. 2011).

A long terme la fragmentation du paysage peut entraîner un appauvrissement génétique des populations (Schoville et al. 2013; Rochat et al. 2017) et une diminution de l'adaptabilité des espèces à l'évolution de leur environnement (Poniatowski & Fartmann 2010; Poniatowski et al. 2018). Ainsi, par exemple, l'appauvrissement génétique, le déplacement fortuit et inadapté des fréquences d'allèles et la fixation de gènes nuisibles sur certains points de son patrimoine génétique ont contribué au recul de l'hermite (*Chazara briseis*), une espèce de papillon, au nord de la Bohême (Kadlec et al. 2010). Les espèces sédentaires spécialisées, elles aussi tributaires d'un brassage génétique



La **mante religieuse** (*Mantis religiosa*) compte parmi les insectes thermophiles; elle est surtout présente en Suisse méridionale (région de Genève, Valais, Tessin).

Sur le versant nord des Alpes, on ne trouve que des populations locales sur des sites climatiquement privilégiés, en particulier dans le nord-ouest et dans le Seeland biennois. La mante religieuse est la seule représentante des mantoptères en Europe centrale; chasserresse bien camouflée, elle se nourrit d'autres insectes et d'araignées sur les pelouses sèches.

entre leurs populations, peuvent régresser voire disparaître localement si l'échange d'individus entre leurs populations est trop limité (Thomas 2016). Des espèces modérément spécialisées et autrefois très répandues peuvent également souffrir de l'isolement croissant de leur habitat et s'éteindre localement. Elles ne sont en effet pas adaptées à la survie en petites populations isolées. Ces faits peuvent expliquer la disparition apparemment fortuite dans des zones protégées d'espèces qui autrefois présentaient de vastes métapopulations (Augenstein et al. 2012 ; Filz et al. 2013 ; Habel et al. 2016).

La fragmentation compromet aussi des déplacements essentiels à la survie des insectes que cela soit en cours de journée, par exemple entre site de nidification et de nutrition (Ganser et al. 2020), ou durant leur cycle de développement. En outre, face au réchauffement planétaire (voir chapitre 6.2.3), l'interconnexion des milieux ne cessera de gagner de l'importance pour la survie de nombreuses espèces d'insectes. Il a en effet été démontré que les modifications de l'aire de répartition des espèces que pourraient engendrer les changements climatiques sont fréquemment limités par une connexion insuffisante entre les habitats dans des paysages fragmentés (Platts et al. 2019). Cela concerne même des espèces mobiles qui, faute de réaction assez rapide à la hausse des températures, ne parviennent pas à migrer vers des zones offrant de meilleures conditions environnementales (Devictor et al. 2012 ; Termaat et al. 2019).

### 6.2.2 Apport d'azote atmosphérique

En Suisse, le cycle de l'azote est avant tout stimulé par les importations de fourrage et de fertilisants, les émissions d'ammoniac provenant de l'élevage et les émissions d'oxydes azote issu des processus de combustion. Ainsi, environ 70 % des polluants atmosphériques riches en azote proviennent de l'agriculture, 18 % des transports, 9 % de l'industrie et de l'artisanat et 3 % des ménages (Guntern et al. 2020). Dans de vastes régions du Plateau suisse et du Jura, les seuils de tolérance critiques (critical loads) et les volumes épandus (de 5 à plus de 30 kilos d'azote par hectare et par an) à partir desquels les écosystèmes sont endommagés selon les connaissances actuelles, sont dépassés. Presque tous les hauts-marais, trois quarts des bas-marais, près de neuf dixièmes de la surface boisée et un tiers des prairies et pâturages secs reçoivent trop d'azote atmosphérique (Rhim & Künzle 2019).

Les apports excessifs d'azote (tout comme la fertilisation ciblée dans l'agriculture, voir chapitre 6.1.1, fertilisants) ont une incidence négative avant tout indirecte sur les insectes, notamment par la modification de la composition et de la structure de la végétation résultant de la croissance plus forte des plantes, de l'évolution du microclimat et du changement du type d'exploitation des surfaces (régime

de fauche plus intensif, p. ex.) (Guntern et al. 2020). Les plantes à fleurs notamment sont remplacées par des graminées (Stevens et al. 2004). La diminution de la diversité de la végétation entraîne une réduction de la disponibilité générale de nectar et de pollen pour les insectes butineurs mais aussi de la fréquence des plantes nourricières (souvent rares) propres à de nombreuses larves d'insectes herbivores (Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019). Les espèces d'insectes pollinisatrices sont donc globalement plus affectées par les apports excessifs d'azote que les espèces non pollinisatrices. De même les espèces tributaires d'une ou de quelques plantes nourricières particulières (= mono- ou oligophages) sont davantage concernées que les espèces dont les larves peuvent se nourrir de nombreuses espèces de plantes (= polyphages) (Biesmeijer et al. 2006, Öckinger et al. 2006). Ces dépendances écologiques ont eu très vraisemblablement pour effet que, dans certaines régions d'Europe, les espèces d'insectes pollinisatrices ont régressé suite à la récession des plantes entomogames (Goulson et al. 2005 ; Biesmeijer et al. 2006).

Une analyse comparative des données relatives à la diversité spécifique des plantes vasculaires et des papillons, menée actuellement par le MBD, suggère qu'un accroissement des dépôts d'azote peut entraîner une perte nette de la diversité des papillons (Roth et al. 2021a). Les effets négatifs les plus sensibles ont été constatés chez les espèces de papillons menacées.

La majorité des espèces européennes de papillon est sensible aux apports élevés d'azote, que ce soit par épandage direct ou par dépôt d'azote atmosphérique. Ainsi, les papillons typiques des prairies et pâturages maigres subissent une diminution de leur fréquence relative (Habel & Schmitt 2018) et peuvent même disparaître localement de certaines régions à la suite d'apports d'azote plus élevés (Van Swaay et al. 2010). Les conséquences directes ou indirectes d'une forte disponibilité en azote sont nettement atténuées sous sans effets sur les espèces très mobiles, qui grâce à la rapidité de leur développement produisent plusieurs générations par an, exploitent un large spectre de plantes hôtes et ont un taux de reproduction élevé (WallisDeVries & van Swaay 2017).

Il est rare que les espèces spécialisées tirent bénéfice de forts apports d'azote ; c'est toutefois le cas, pour celles dont les plantes nourricières croissent sur des sols riches en nutriments. C'est le cas notamment pour le paon-du-jour (*Aglais io*) et la petite tortue (*Aglais urticae*), dont les chenilles se nourrissent exclusivement d'orties (*Urtica*) et du myrtil (*Maniola jurtina*), dont les chenilles exploitent de nombreuses espèces de graminées.

### 6.2.3 Changement climatique

En Suisse, le changement climatique entraîne une nette hausse des températures. Depuis le début des mesures (1864), la température annuelle moyenne de l'air a augmenté de 1,8° C avec pour conséquence une hausse notable de la température moyenne de l'eau dans les cours d'eau. Ainsi la température du Rhin à hauteur de Bâle a grimpé de près de 3 °C depuis les années 1950 (Baur 2021). Par ailleurs, les épisodes extrêmes tels que sécheresses, tempêtes, fortes précipitations etc. se multiplient (IPCC 2013).

Le réchauffement planétaire modifie les écosystèmes (Woodward et al. 2010; Burrows et al. 2011) et influe sur les organismes qui y vivent (Forister et al. 2010). Les conséquences écologiques sont multiples (Walther et al. 2002; Ripple et al. 2019). Il en résulte, par exemple, des déplacements de l'aire de répartition des espèces (Chen et al. 2011), des décalages phénologiques, qui font, par exemple, que la date de floraison d'une plante et la saison de vol de ses pollinisateurs ne coïncident plus parfaitement (Forrest 2016), des interactions entre des espèces auparavant séparées (Krosby et al. 2015), des extinctions locales (Dirzo et al. 2014) et des effets en cascade imprévisibles à divers niveaux des écosystèmes (Peñuelas et al. 2013; Scheffers et al. 2016).

Les bouleversements écologiques dus au changement climatique n'ont pas seulement été décrits pour certaines espèces d'insectes, mais aussi pour des groupes entiers et leurs interactions avec d'autres groupes d'organismes (McLaughlin et al. 2002; Kerr et al. 2015; Soroye et al. 2020). En tant qu'animaux ectothermes, de nombreux insectes bénéficient en principe de la hausse des températures. Certaines espèces thermophiles peuvent ainsi plus facilement s'établir à des latitudes ou à des altitudes plus élevées. D'autres peuvent produire davantage de générations par an et augmenter la taille de leurs populations. C'est le cas pour diverses espèces de libellules et de papillons, qui il y a quelques années encore ne produisaient qu'une génération par an, en produisent de plus en plus souvent une seconde. Tous les prédateurs ne profitent pas de cette nouvelle dynamique démographique. Ainsi, en automne, de nombreux passereaux insectivores migrent vers leurs quartiers d'hiver alors que leurs proies sont à nouveau abondantes.

Dans les Alpes, le changement climatique entraîne de profondes modifications de la répartition altitudinale de certaines espèces d'insectes : les espèces thermophiles et mésophiles de plaine tendent à coloniser des zones situées à plus haute altitude alors que les espèces cryophiles de l'étage alpin, en revanche, pour peu qu'elles aient le temps de s'adapter, sont au mieux repoussées vers les hauteurs dans des habitats plus réduits et de moins bonne qualité.

Il est important de souligner que la Suisse a une responsabilité particulière pour la conservation de celles dont la distribution mondiale se limite à l'Arc alpin (endémiques alpines).

Hormis la hausse des températures, d'autres aspects du changement climatique peuvent impacter les populations d'insectes, par exemple la multiplication des épisodes météorologiques extrêmes (Helmuth et al. 2014; Ma et al. 2014; Ewald et al. 2015), les conditions météorologiques plus variables (Janzen & Hallwachs 2019) ou un enneigement moindre en hiver (Harris et al. 2019). La hausse des températures et/ou la sécheresse peuvent également entraîner une diminution de la disponibilité de nectar et de pollen, ce qui peut influencer sur la taille des populations et le comportement des pollinisateurs (Phillips et al. 2018). L'évolution des régimes de précipitation en influant sur la fréquence et la répartition des plantes peut modifier les communautés végétales en place et ainsi les communautés d'insectes qui leur sont liées. Sont particulièrement affectées les espèces herbivores et pollinisatrices tributaires d'un petit nombre de plantes hôtes (Forister et al. 2015).

Les insectes des milieux aquatiques et humides sont particulièrement affectés par le réchauffement planétaire (Streitberger et al. 2016). Leurs larves en particulier sont adaptées à certaines plages de températures et peu tolérantes au changement. Un réchauffement des eaux diminue le spectre d'habitats potentiels des espèces privilégiant l'eau froide. La hausse des températures implique en outre une baisse de la quantité d'oxygène dissout dans l'eau, et donc un stress supplémentaire pour les organismes qui y vivent dû au manque d'oxygène. Chez de nombreux insectes, cela se traduit par une diminution notable de la prise de nourriture et par une augmentation simultanée du métabolisme. Si elles persistent, ces conditions peuvent tuer les espèces présentes (Reid et al. 2019). Facteurs aggravants, de nombreux insectes aquatiques ont un faible pouvoir de dispersion et/ou voient leurs déplacements contrecarrés par des ouvrages ou des obstacles naturels, notamment en altitude (Bush et al. 2013). Combiné à d'autres facteurs (charge en polluants, p.ex.), le réchauffement climatique peut produire des effets synergiques ; autrement dit, des effets qui se renforcent mutuellement (Vaughan & Gotelli 2019). C'est pourquoi les mesures d'amélioration de la qualité des eaux peuvent aussi atténuer l'impact des facteurs de stress liés au climat (Cardoso et al. 2020).

### 6.2.4 Espèces exotiques envahissantes

Les organismes introduits par l'homme sciemment ou non dans un territoire donné, dits néobiontes, peuvent avoir une incidence majeure sur les populations d'insectes indigènes. Burghardt et al. (2010) ont par exemple documenté une influence très négative des plantes exotiques

(néophytes) sur les espèces de papillons indigènes. Elles fournissent aux chenilles une nourriture de qualité nettement inférieure à celle offerte par leurs plantes hôtes indigènes et ceci même si les plantes concernées sont apparentées. Dans leur analyse de métadonnées, Schirmel et al. (2016) ne citent aucun cas dans lequel des espèces végétales envahissantes auraient un effet positif sur les populations animales indigènes. Dans 56 % des cas, l'influence des néophytes est négative; dans 44 %, elle est dite neutre.

L'incidence d'espèces d'insectes exotiques sur les insectes indigènes n'a été étudiée qu'au cas par cas jusqu'à présent en Europe centrale. La coccinelle asiatique (*Harmonia axyridis*), par exemple, ne se nourrit pas seulement de larves de pucerons, mais aussi d'autres insectes à corps mou et de coccinelles indigènes (Snyder et al. 2004). Ce fait pourrait entraîner une réduction de la diversité des communautés de coccinelles indigènes. En raison du changement climatique et de la mondialisation des échanges commerciaux, beaucoup d'espèces peuvent s'établir dans des régions qu'elles n'auraient pas pu coloniser naturellement. En l'absence d'ennemis naturels, elles peuvent prospérer et accroître massivement leurs effectifs et fortement concurrencer, voire éliminer, certaines espèces d'insectes indigènes. Les espèces exotiques peuvent en outre véhiculer des maladies auxquelles les espèces indigènes ne sont pas adaptées et qui peuvent donc les décimer (Wittenberg et al. 2007).

La lutte contre les espèces envahissantes se fonde souvent sur l'emploi de pesticides à large spectre (voir chapitre 6.1.1, pesticides). Ainsi, l'utilisation de pesticides contre la pyrale du buis (*Cydalima perspectalis*) peut aussi être préjudiciable à de nombreux organismes non cible présents sur ou aux abords des massifs de buis traités.

### 6.2.5 Pollution lumineuse

On entend par pollution lumineuse l'éclairage artificiel du ciel nocturne et l'impact négatif de la lumière artificielle sur l'être humain et son environnement. La pollution lumineuse a fortement augmenté partout dans le monde au cours des dernières décennies (Owens & Lewis 2018; Gaston 2019). En Suisse, entre 1994 et 1997, donc en l'espace de trois ans seulement, les émissions lumineuses se sont accrues de près de 40 % avant de se stabiliser jusqu'en 2007 malgré quelques légères fluctuations, et de repartir à la hausse partir de 2007. La surface d'obscurité nocturne a ainsi fortement diminué dans notre pays (de près de 30 % en 1994 elle est passée à 20 % en 2012) et sur le Plateau et dans le Jura surtout, les vastes zones naturellement sombres se sont raréfiées.

De nombreux insectes volants sont attirés par les sources de lumière artificielle et détournés de leur habitat d'ori-

gine (Eisenbeis & Hänel 2009; Longcore et al. 2015). En relativement peu de temps, cela peut donc entraîner une réduction locale des populations d'insectes (van Grunsven et al. 2020). Les insectes attirés par les sources de lumière artificielle deviennent des proies faciles pour les chauves-souris, ainsi que pour les araignées et les insectes prédateurs (Spoelstra et al. 2017). De plus, la lumière agit comme un obstacle. En attirant les insectes elle freine voire empêche leur dispersion ce qui peut avoir une incidence sur la diversité génétique des populations fragmentées. La lumière artificielle empêche les insectes de s'orienter correctement, si bien que, la nuit, on observe jusqu'à 64 % de butinage en moins par les insectes pollinisateurs dans les sites éclairés par rapport aux zones obscures (Knop et al. 2017). De même, le comportement de reproduction (van Geffen et al. 2015) ainsi que le déclenchement et la durée de la diapause (van Geffen et al. 2014) peuvent être modifiés, ce qui a une incidence négative sur les populations des espèces concernées.

On ignore dans quelle mesure la pollution lumineuse contribue à la disparition des insectes (Conrad et al. 2006; Fox 2013; Grubisic et al. 2018; Owens & Lewis 2018; White 2018; Wilson et al. 2018). Certaines études démontrent clairement que la pollution lumineuse réduit la fréquence des papillons nocturnes (van Geffen et al. 2015, van Langevelde et al. 2018, Wilson et al. 2018). Cependant, dans les zones à forte pollution lumineuse, de nombreux autres facteurs de stress s'y ajoutent souvent (dégradation ou destruction des habitats, dominance des néophytes, emploi de pesticides, émission de divers polluants etc.) qui ont tous une incidence négative directe ou indirecte sur les populations d'insectes. Déterminer leur influence relative est extrêmement difficile.

Tableau 6.1 Facteurs de menace impactant les milieux et principaux groupes d'insectes affectés

Milieux	Facteurs de menace	Groupes d'insectes principalement affectés
Ensemble des milieux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perte et fragmentation des habitats</li> <li>- Dépôt d'azote</li> <li>- Changement climatique</li> <li>- Espèces exotiques envahissantes</li> </ul>	Tous les groupes
Eaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Correction des cours d'eau</li> <li>- Modifications du débit et du régime sédimentaire</li> <li>- Pesticides et micropolluants</li> <li>- Apports de phosphore, micropolluants</li> <li>- Entretien néfaste aux insectes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ephemeropteres</li> <li>- Trichopteres</li> <li>- Libellules</li> <li>- Plecopteres</li> <li>- Dipteres</li> </ul>
Rives et zones alluviales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aménagement des rives et régulation des eaux</li> <li>- Modifications du débit et du régime sédimentaire</li> <li>- Entretien néfaste aux insectes</li> <li>- Apports d'azote, de phosphore et de pesticides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Orthopteres</li> <li>- Libellules</li> <li>- Papillons</li> </ul>
Marais et zones humides	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drainages</li> <li>- Apports d'azote, de phosphore et de pesticides</li> <li>- Déprise et embroussaillage</li> <li>- Intensification de l'utilisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Orthopteres</li> <li>- Libellules</li> <li>- Papillons</li> </ul>
Rochers, gravats et éboulis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Embroussaillage et croissance de la forêt</li> <li>- Loisirs ponctuellement intensifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coléopteres</li> <li>- Papillons</li> </ul>
Surfaces de gravier et ballasts Sous la limite de la forêt (surfaces rudérales)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulation des eaux</li> <li>- Modifications du débit et du régime sédimentaire</li> <li>- Déprise ou exploitation intensive</li> <li>- Entretien néfaste aux insectes</li> <li>- Loisirs ponctuellement intensifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hyménopteres</li> <li>- Orthopteres</li> <li>- Coléopteres</li> </ul>
Prairies	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régimes de fauche et de pâture</li> <li>- Techniques de récolte (types de machines, hauteur de coupe)</li> <li>- Surfertilisation</li> <li>- Exploitation uniforme étendue</li> <li>- Suppression de structures</li> <li>- Déprise et embroussaillage</li> <li>- Irrigation de prairies sèches</li> <li>- Pesticides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hyménopteres</li> <li>- Orthopteres</li> <li>- Coléopteres</li> <li>- Papillons</li> <li>- Hémipteres</li> <li>- Dipteres</li> </ul>
Ourlets herbeux, mégaphorbiaies, buissons	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretien néfaste aux insectes</li> <li>- Destruction</li> <li>- Pesticides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hyménopteres</li> <li>- Coléopteres</li> <li>- Papillons</li> <li>- Hémipteres</li> </ul>
Forêts	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assombrissement des forêts claires</li> <li>- Exploitation des peuplements sénescents</li> <li>- Exploitation par arbre entier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coléopteres</li> <li>- Papillons</li> <li>- Hémipteres</li> </ul>
Plantations, champs, cultures	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesticides</li> <li>- Techniques d'exploitation et de récolte néfastes aux insectes</li> <li>- Suppression de structures</li> <li>- Surfertilisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hyménopteres</li> <li>- Coléopteres</li> <li>- Papillons</li> <li>- Hémipteres</li> </ul>
Milieu urbain	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compactage, imperméabilisation des sols</li> <li>- Entretien néfaste aux insectes (Pesticides, fertilisation, utilisation de machines)</li> <li>- Absence de structures</li> <li>- Circulation</li> <li>- Polluants</li> <li>- Pollution lumineuse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hyménopteres</li> <li>- Orthopteres</li> <li>- Coléopteres</li> <li>- Papillons</li> <li>- Hémipteres</li> <li>- Dipteres</li> </ul>

### 6.3 Evaluation des divers facteurs d'influence

Un grand nombre de facteurs d'influence modifient les écosystèmes et, partant, les populations d'insectes qui y vivent. L'impact des différents facteurs peut varier sensiblement en fonction du milieu, de l'espèce concernée et de la durée. Les principales causes du recul de la diversité des insectes et de leurs effectifs sont connues et scientifiquement attestées. L'impact des facteurs suivants est particulièrement négatif: la perte d'habitats, la dégradation des habitats résiduels, la raréfaction des ressources alimentaires, les apports d'azote, l'épandage de pesticides, l'exploitation intensive des surfaces, la suppression des structures, la pollution lumineuse, le manque de connexion entre les milieux, le réchauffement climatique et les espèces exotiques envahissantes (voir figure 6.1).

En fonction de leur combinaison, ces facteurs peuvent produire des effets différents sur les divers groupes d'insectes dans les divers milieux, leurs effets s'étant mutuellement renforcés. Les insectes des milieux aquatiques, des zones humides et des terres cultivées sont particulièrement touchés par de nombreux facteurs. En forêt, la situation paraît sensiblement meilleure, mais les espèces exigeantes, tributaires de volumes de bois mort de grandes dimensions, sont en grand danger, et les futaies dominantes sont trop sombres pour les insectes héliophiles et thermophiles.

Les facteurs d'influence cités, qui agissent directement sur les insectes, dissimulent souvent des causes supérieures et des vecteurs indirects sous-jacents (IPBES 2019). Parmi ces vecteurs figurent la consommation effrénée et l'utilisation non durable des ressources naturelles qui en découle. De même, le cadre culturel, légal et institutionnel compte parmi les vecteurs indirects: il codétermine l'échelle des valeurs, la prise de décisions et le comportement des individus et de la société dans son ensemble.



Les trichoptères figurent parmi les insectes aquatiques, car leurs larves se développent dans l'eau. Les larves vivent dans des fourreaux qu'elles construisent elles-mêmes et se nourrissent essentiellement de matière végétale morte, notamment de feuilles mortes. L'adulte représenté ici de l'espèce *Oligostomis reticulata* appartient au groupe des trichoptères qui se développent spécifiquement dans des eaux de tourbières est par conséquent fortement menacés.

## 7 Lacunes de connaissance

De nombreuses activités humaines mettent en péril les populations d'insectes. Les principaux facteurs qui y contribuent sont largement et suffisamment connus pour que l'on puisse agir en conséquence. Pourtant, d'importantes lacunes de connaissance subsistent dans certains domaines.

### 7.1 Diversité des espèces

Comme les insectes sont très riches en espèces (chapitre 3), leur recensement constitue un immense défi. Et ceci d'autant plus que, pour certains ordres ou certaines familles très diversifiées, il n'existe aucun spécialiste en Suisse susceptible d'identifier les espèces qu'ils renferment. Ce manque de spécialistes est une des raisons qui explique que le nombre d'espèces et de groupes d'insectes concernés par le programme d'actualisation des listes rouges nationales est si faible par rapport à celui des autres groupes d'organismes (champignons et lichens, mousses, plantes vasculaires, poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères). Les lacunes des connaissances actuelles sur la faune suisse d'insectes sont à plusieurs niveaux :

- Manque de connaissances sur la diversité de certains ordres d'insectes (collembolés et autres insectes du sol, hyménoptères parasitoïdes, p. ex.).
- Manque de connaissances sur la répartition géographique des espèces de groupes très riches en espèces (hémiptères, diptères, microlépidoptères, p. ex.).
- Manque total de connaissances sur le statut de menace des espèces de groupes écologiques clés (décomposeurs, parasitoïdes notamment).
- Manque de connaissances sur la diversité des communautés de certains types de milieux (sol, cavités et fissures rocheuses, houppiers, p. ex.).
- Manque total de connaissances sur les possibilités d'hybridation entre espèces exotiques et espèces indigènes apparentées.
- Les méthodes d'échantillonnage des insectes doivent être améliorées et calibrées pour divers types de milieux ; il importe en outre de développer des méthodes d'échantillonnages de moins en moins invasives (diminution du nombre d'individus tués ou blessés) et de privilégier les méthodes non invasives pour tous les groupes qui le permettent.

### 7.2 Variations temporelles

Les fluctuations annuelles des conditions météorologiques et les variations temporelles de la qualité des milieux et de l'offre alimentaire peuvent exercer une grande influence sur la composition des communautés et les effectifs des populations d'insectes. Ainsi, une espèce peut très bien être beaucoup plus abondante une année que l'année suivante (« année à guêpes », année de grand vol des hannetons, p. ex.) ; une autre, très rare, peut être observée une année et passée totalement inaperçue l'année suivante. Ces fluctuations naturelles du nombre d'individus et d'espèces observées se superposent et sont influencées années après années par les effets des activités humaines. La distinction entre les fluctuations naturelles d'abondance des espèces de celles induites par les activités humaines constitue un grand défi pour la recherche. Il ne peut être relevé qu'en privilégiant les études prévues sur plusieurs années (voir aussi figure 2.2).

Les études à long terme des variations de la diversité des communautés d'insectes et de l'effectif de leurs populations sont très précieuses. Pour quelques groupes, l'évolution des effectifs est recensée et documentée dans le cadre de programmes de monitoring menés sur le long terme et à grande échelle (MBD, NAWA, LANAG etc.). Ces programmes ayant débuté relativement tard, la principale phase du recul des insectes n'est pas documentée. En matière de conservation et de renforcement des populations d'insectes, ces programmes ont toutefois une grande importance. Ils doivent impérativement être poursuivis et réévalués en permanence en fonction de l'évolution des problèmes.

Dans le cadre des relevés de terrain effectués pour les listes rouges, les sites autrefois inventoriés pour les espèces des groupes étudiés (le plus souvent après 1950) sont rééchantillonnés pour que l'on puisse évaluer les variations de la taille de leur aire de répartition et de leurs effectifs. Cette méthode a été également utilisée dans d'autres études à l'échelle de régions ou de sites particuliers (tableau A.1, annexe). De nombreuses études anciennes ne présentent toutefois que des listes d'espèces sans localisation précise des lieux où elles ont été découvertes, sans information précise de leur fréquence et sans description détaillée de la méthodologie utilisée. Elles ne peuvent donc pas être répétées aujourd'hui et ne permettent donc qu'une estimation grossière de l'évolution des populations d'insectes.

Les lacunes de connaissance par rapport aux variations de la diversité des insectes et de leurs populations portent sur les aspects suivants :

- Le matériel des collections de musées constitue une source d'informations importante pour la reconstitution de la diversité ancienne des insectes de diverses régions du pays. Le relevé de ces informations déjà effectué ou en cours pour de nombreux groupes d'insectes (près de 1,2 million de données sont déjà disponibles) mérite d'être poursuivi et renforcé.
- Les données concernant la biomasse des insectes dans divers biotopes sont quasi inexistantes. Manquent aussi des données sur l'évolution de la diversité des insectes dans diverses régions et à diverses altitudes et sur l'évolution à long terme de la diversité génétique des populations d'insectes.
- Le changement climatique influe de plus en plus sur les espèces végétales et animales et modifie les biocénoses et les fonctions écosystémiques. Le réchauffement persistant modifie ainsi les habitats des espèces d'insectes, leurs aires de répartition, leur phénologie, leur vitesse de développement et leurs interactions (par découplage phénologique ou territorial de partenaires d'interaction, p. ex.). Pourtant, jusqu'à présent, peu d'études se sont intéressées aux répercussions du changement climatique sur la diversité et la fréquence des insectes en Suisse.
- Pour de nombreuses espèces d'insectes en déclin, les causes imputables et les actions requises sont connues. Pourtant les connaissances sont encore lacunaires, par exemple sur la situation d'espèces ou de groupes d'espèces rares et peut-être menacés pour lesquels il n'existe pas encore de listes rouges ou sur la situation d'espèces pour lesquelles la Suisse a une responsabilité particulière.

### 7.3 Causes de l'évolution et actions requises

Les changements d'affectation du sol et les substances toxiques pour l'environnement sont considérés comme les principaux facteurs du déclin général des insectes (chapitre 6). Même si ces facteurs sont bien connus, l'étude de certains aspects peut être approfondie. Cela pourrait aider à préciser les mesures qui s'imposent. Il conviendrait de combler les lacunes suivantes :

- Les connaissances sur la distance à laquelle l'emploi local d'insecticides a un impact sur les populations d'insectes avoisinantes ou plus éloignées (zones protégées, p. ex.) sont insuffisante.
- Les interactions ou les effets multiplicateurs des diverses substances chimiques et composants des fongicides, des herbicides et des insecticides sont mal connues. Il faudrait aussi en savoir plus sur l'impact de leurs produits de dégradation sur les biocénoses en général et sur les insectes en particulier. Il en va de même les effets sublétaux (perte du sens de l'orientation, p. ex.) exercés sur les insectes par les (très) faibles doses de ces produits.
- Les effets des développements technologiques actuels et des substances qui pénètrent dans l'environnement pouvant potentiellement aussi affecter les insectes ne sont pas assez bien étudiés. Il s'agit notamment de nouvelles techniques d'agriculture et de récolte, de toxines environnementales et de rayonnement due à la téléphonie mobile.

### 7.4 Rôle des insectes dans les services écosystémiques

Jusqu'à présent, les multiples services rendus par les insectes ont été surtout étudiés dans les écosystèmes agricoles (pollinisation des plantes cultivées, p. ex.). Il convient d'intensifier cette recherche et de l'étendre à d'autres milieux.

## 8 Instruments existants et actions supplémentaires requises

Au vu de la perte massive de surfaces proches de la nature, divers instruments ont été créés en Suisse à partir de la fin du XX<sup>e</sup> siècle pour promouvoir la conservation des espèces et des milieux menacés. Ils sont destinés aux différents niveaux institutionnels des pouvoirs publics (confédération, cantons, communes et agglomérations), aux organisations de protection de la nature, aux entreprises ou aux particuliers et agissent dans différents milieux et à différentes échelles territoriales, locale, régionale, nationale et internationale.

Les pages qui suivent présentent divers instruments importants ou susceptibles de l'être pour les insectes. Cette présentation ne prétend pas être exhaustive. Bon nombre de ces instruments n'existent que sur le papier; leur impact sur la biodiversité se fera sentir au plus tôt dans les années ou les décennies à venir.

### 8.1 Instruments par activités sectorielles

#### Protection de la nature

Au niveau fédéral, cantonal et communal, il existe aujourd'hui une multitude de zones protégées et de surfaces sur lesquelles la biodiversité a en général priorité par rapport à d'autres utilisations (Lachat et al. 2010). Cependant, l'étendue, la qualité écologique et l'interconnexion de nombreuses zones protégées sont insuffisantes (Bergamini et al. 2019). C'est pourquoi la biodiversité régresse en tout cas dans une partie des zones protégées. La Confédération et les cantons ont déjà réagi à cette évolution et adopté des mesures d'urgence dans le cadre du plan d'action Biodiversité Suisse (Aktionsplan des Bundesrates 2017), afin d'assainir les objets présentant les plus graves atteintes (BAFU 2019).

Toutefois, la conservation à long terme de la biodiversité en Suisse n'a pas seulement besoin de zones protégées. Selon les expert-e-s, environ un tiers de la superficie du pays où la sauvegarde de la biodiversité aurait priorité serait nécessaire (Guntern et al. 2013). La mise en place, le développement et l'entretien d'une infrastructure écologique nationale et intersectorielle, constituée d'aires nodales et d'aires de mise en réseau, représentent une préoccupation centrale du plan d'action Biodiversité.

Autre instrument essentiel de la protection de la nature: la promotion de la conservation des espèces. Ainsi, les espèces en danger vis-à-vis desquelles la Suisse assume une responsabilité internationale (espèces nationales prioritaires) bénéficient d'un soutien spécifique. Un sché-

ma directeur national a été conçu à cet effet (BAFU 2012) ainsi qu'une ébauche de plans d'action nationaux (BAFU 2013). Le plan d'action Biodiversité prévoit des mesures concrètes pour la conservation des espèces. Concernant les espèces de certains groupes d'organismes, les organisations de protection de la nature, les centres de données, d'informations et de coordination pour la conservation des espèces et/ou les institutions scientifiques ont lancé des projets déjà en cours de réalisation. Il existe par exemple des plans d'action nationaux pour 14 espèces de papillons diurnes, lesquels peuvent être consultés dans les offices de protection de la nature cantonaux. Par ailleurs, la Suisse a développé une stratégie destinée à endiguer les espèces exotiques envahissantes (Schweizerischer Bundesrat 2016).

En ce qui concerne la santé des abeilles, le Conseil fédéral a adopté un plan national de mesures spécifiques (Conseil fédéral 2014). Ce plan de mesures reprend certaines des recommandations du groupe d'expert-e-s, qui a élaboré un rapport détaillé à cet égard (Gallmann & Charrière 2014).

#### Agriculture

La mission multifonctionnelle de l'agriculture est ancrée dans la Constitution fédérale depuis 1996. Depuis lors, parmi les tâches incombant à la politique agricole figure notamment la sauvegarde de la biodiversité. L'orientation des paiements directs présuppose que les exigences liées aux prestations écologiques requises (PER) soient observées sur l'ensemble de l'exploitation. En font notamment partie un bilan de fumure équilibré ainsi que la sélection et l'application ciblées de produits phytosanitaires et une part appropriée de surfaces de promotion de la biodiversité.

L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) ont publié en 2008 les Objectifs environnementaux pour l'agriculture sur la base du droit en vigueur, et notamment en faveur de la biodiversité. Ils ont été concrétisés pour les espèces et les milieux (Walter et al. 2013) et servent de base à la mise au point de mesures (BAFU et BLW 2016).

Un des principaux instruments de sauvegarde de la biodiversité sur la surface agricole utile est la création de surfaces de promotion de la biodiversité. Le programme de monitoring ALL-EMA, qui intègre également les données relatives aux papillons diurnes issues du Monitoring de la biodiversité en Suisse, a révélé qu'il s'agissait d'une mesure importante: les surfaces de promotion de la biodiversité présentent en général une diversité des espèces et des

milieux supérieure à celle de surfaces exploitées normalement, surtout en plaine (Meier et al. 2021). Ces résultats sont confirmés par d'autres études. En ce qui concerne les insectes, les surfaces de promotion de la biodiversité pluriannuelles, riches en fleurs et en structures, ainsi que les bandes refuges dans les prairies et les pâturages s'avèrent particulièrement importantes.

Avec sa politique agricole 2014–2017, la Confédération a renforcé les incitations en faveur de la conservation et de la promotion de la biodiversité. Ainsi, les contributions versées pour la qualité biologique des surfaces de promotion de la biodiversité ont été sensiblement relevées. Les contributions aux animaux ont été reconnues comme étant une erreur et supprimées. Beaucoup d'autres mauvaises incitations sont toutefois encore en vigueur.

En vue de réduire les risques liés aux produits phytosanitaires, le Conseil fédéral a adopté un plan d'action en 2017 (Conseil fédéral 2017). Il propose 51 mesures, dont 21 ont pu être introduites jusqu'en 2020. Cependant, le plan d'action n'est pas contraignant. La Commission pour l'économie et les redevances du Conseil des Etats (CER-E) a donc proposé dans son initiative parlementaire « Réduire le risque lié à l'utilisation des pesticides » d'ancrer les objectifs du plan d'action dans la législation et de renforcer la protection des eaux.

Les deux initiatives populaires « Pour une Suisse sans pesticides de synthèse » et « Pour une eau potable propre », soumises à la votation le 13 juin 2021, ont été clairement rejetées, mais ont renforcé depuis lors la pression sur la politique. En mars 2021, le Parlement a décidé de modifier la loi sur les produits chimiques, la loi sur la protection des eaux et la loi sur l'agriculture, en vue de réduire les risques liés aux pesticides. Le but est notamment d'ancrer dans la loi sur l'agriculture l'objectif du plan d'action Produits phytosanitaires consistant à réduire de 50 % les risques liés à ces produits d'ici 2027. En avril 2021, le Conseil fédéral a engagé la procédure de consultation relative au plan de mesures pour une eau propre. Celui-ci comporte un ensemble d'ordonnances sur l'agriculture liées à l'initiative parlementaire « Réduire le risque lié à l'utilisation des produits phytosanitaires ». L'avenir dira si cet ensemble sera accepté, comment il sera mis en œuvre et s'il suffira pour réduire dans la mesure requise la pression exercée par les pesticides sur les insectes.

### Sylviculture

La sylviculture proche de la nature ancrée dans la législation est la base de la qualité écologique des forêts suisses. Les principes, les interdictions et les préceptes inscrits dans les lois fédérales sur la forêt, la protection de la nature et la chasse créent la base légale nécessaire à la sauvegarde de la biodiversité en forêt. Une aide à l'exécution

assortie d'objectifs et de domaines de mesures sert de base à la négociation de conventions-programmes entre la Confédération et les cantons, et au développement de projets concrets de promotion de la diversité sylvicole (Imesch et al. 2015).

Une des principales carences des forêts exploitées réside dans le manque de stades de sénescence et, partant, (en particulier sur le Plateau et dans le Jura) de bois mort et de vieux bois. L'OFEV a défini des normes concernant le volume de bois mort dans les grandes régions. La Confédération et les cantons entendent promouvoir le vieux bois et le bois mort, avant tout par l'aménagement de réserves forestières et d'îlots de vieux bois et la désignation d'arbres habitats.

De même, il faut davantage promouvoir les forêts clairsemées, également importantes pour les insectes. Un plan d'action a été élaboré à cet effet. Il s'adresse aux responsables cantonaux de la biodiversité forestière et de la protection de la nature, aux forestiers d'arrondissement et à d'autres protagonistes, susceptibles d'encourager la conservation et la valorisation des forêts clairsemées (Imesch et al. 2020). La promotion des espèces dans les forêts clairsemées porte sur 234 espèces cibles ; 49 d'entre elles sont des insectes (papillons, orthoptères, coléoptères et cigales).

### Gestion de l'eau

La politique de protection des eaux de la Confédération a notamment pour objectif de revaloriser les rivières, les ruisseaux et les rives lacustres. Elle gravite autour de mesures suivantes : espace suffisant réservé aux eaux, revitalisation et réduction des incidences négatives de l'exploitation hydroélectrique.

Une aide à l'exécution modulaire englobe tous les aspects de la renaturation des eaux dans les domaines suivants : revitalisation des cours d'eau et des eaux stagnantes, zones alluviales, rétablissement de la migration des poissons, régime de charriage, assainissement des éclusées et coordination des projets de gestion des eaux. L'aide à l'exécution assiste les cantons dans la mise en œuvre actuellement en cours des dispositions légales relatives à la protection des eaux et permet une exécution homogène et coordonnée du droit fédéral à l'échelle nationale. De nombreuses espèces d'insectes passant tout ou partie de leur vie dans les eaux devraient aussi tirer bénéfice de ces mesures.

### Urbanisme et transport

La Stratégie Biodiversité Suisse (Schweizerischer Bundesrat 2012) a accordé une grande importance à la promotion de la biodiversité en milieu urbain et lui a consacré tout un chapitre ; le plan d'action prévoit plusieurs pro-

jets pilotes. Les initiatives en faveur de la promotion de la biodiversité en milieu urbain sont effectivement plus fréquentes (Di Giulio 2016). De plus en plus de villes, de communes et d'entreprises misent sur un entretien de leurs espaces verts soucieux de la biodiversité, et le nombre des jardins privés, ensembles résidentiels et enceintes d'école et d'entreprise faisant l'objet d'un aménagement proche de la nature ne cesse de s'accroître.

Dans le cadre de projets pilotes du plan d'action Stratégie Biodiversité Suisse, un entretien extensif, adapté au site, est appliqué à 20 % des talus des routes nationales et des voies ferrées. Les acquis issus des projets pilotes doivent constituer la base d'une revalorisation nationale des talus de routes et de voies ferrées.

De plus en plus, les villes et les communes prennent des mesures contre la pollution lumineuse. La ville de Zurich, par exemple, a élaboré un schéma directeur en matière d'éclairage, qui a notamment pour objectif de réduire la pollution lumineuse (« Plan Lumière »). D'autres communes participent, avec le commerce de détail, à la campagne « Licht aus! » (lichtaus.ch). Dans la région de Genève se déroule depuis plusieurs années une campagne efficace, « La nuit est belle » (lanuitestbelle.org) en collaboration avec les régions françaises limitrophes. En mai 2021, 178 communes participaient à cette campagne.

### Energie

Pour que la production d'énergie et la sauvegarde de la biodiversité n'entrent pas en concurrence, il faut coordonner et harmoniser les instruments de l'aménagement du territoire. Dans le cadre de la stratégie énergétique 2050, il convient avant tout de réaliser des installations offrant une grande utilité pour la production d'électricité tout en réduisant le plus possible les incidences sur la nature. Les recommandations et les schémas directeurs de la Confédération quant à l'utilisation des énergies renouvelables contribuent à réduire les conflits d'objectifs entre la production d'énergie et la sauvegarde de la biodiversité (dans les petites centrales hydroélectriques, p. ex. ; BAFU, BFE et ARE 2011).

### Information et formation

Le grand public ne manque pas seulement de connaissances au sujet de la diversité des espèces et de leurs habitats mais aussi souvent de possibilités d'agir dans l'environnement immédiat ou dans le cadre de leur travail pour promouvoir la biodiversité. Le livre *Créer la nature. Guide pratique de promotion de la biodiversité en Suisse* (Klaus & Gattlen 2016) en donne une bonne vue d'ensemble. Diverses organisations s'engagent de plus en plus pour l'intégration du thème de la biodiversité en tant que thème transversal dans les plans d'études, le matériel pédagogique et les programmes d'enseignement, ainsi que dans

la formation initiale et continue, en particulier dans les professions vertes.

La campagne « Mission B » de la société suisse de radio-diffusion et de télévision (SSR) en 2019/2020, avait pour objectif de sensibiliser la population à la biodiversité et de l'inciter à créer des surfaces proches de la nature supplémentaires dotées de plantes indigènes et à promouvoir ainsi les insectes.

Le besoin en expert-e-s et en spécialistes des espèces est grand, mais il ne peut déjà plus être satisfait aujourd'hui. Une aggravation de la situation se profile en raison de l'âge actuel assez avancé de nombreux spécialistes et par le fait que l'acquisition de l'expertise requiert dix à quinze ans d'étude intensive du thème. A différents niveaux, une extension de l'offre de cours de formation et de perfectionnement a été tentée pour remédier à la perte de compétences qui s'annonçait. Bon nombre de ces efforts ont toutefois été accomplis sans coordination et n'ont donc pas pu déployer tous leurs effets. Actuellement, InfoSpecies, la Swiss Systematics Society, la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (HEPIA), l'Université des sciences appliquées de Zurich (ZHAW) et la sanu sa élaborent avec le soutien de l'OFEV une « Stratégie de formation sur la connaissance des espèces ». Elle a pour objectif la conservation et l'acquisition de savoirs et de compétences dans le domaine de la connaissance des espèces, l'accent étant particulièrement mis sur les niveaux élevés de compétences.

### Instruments suprasectoriels

En ce qui concerne conservation et la promotion de la biodiversité, un rôle de plus en plus important est accordé à la prise en compte de la biodiversité ainsi qu'à l'intégration de mesures correspondantes dans les politiques sectorielles (mainstreaming). La Stratégie Biodiversité Suisse va dans ce sens (Schweizerischer Bundesrat 2012). Elle établit la liaison entre la politique de la Confédération en matière de biodiversité et celle d'autres domaines d'activités, en particulier l'agriculture, la sylviculture, la gestion des eaux, l'énergie, l'aménagement du territoire, l'urbanisme et la formation. La stratégie a pour but de contribuer à une meilleure utilisation des synergies, au renforcement des mesures ou à l'élaboration de nouvelles mesures. Le plan d'action y afférent (Aktionsplan des Bundesrates 2017) reprend une partie des objectifs et propose des mesures qui touchent aussi d'autres secteurs. A l'inverse, les instruments d'autres politiques prennent également la biodiversité en considération. Ainsi, par exemple, la biodiversité est également abordée en corrélation avec les adaptations au changement climatique (Schweizerische Eidgenossenschaft 2020).

## 8.2 Programmes d'organisations et de particuliers

En dehors des pouvoirs publics, des organisations de protection de la nature, des groupes de travail, des institutions scientifiques et des expert-e-s de différents groupes d'insectes élaborent des plans d'action et des programmes à l'échelle nationale, cantonale ou communale, et mettent en œuvre des mesures concrètes avec des partenaires, pour préserver et promouvoir les insectes. La plate-forme « Promotion de la nature » de l'association Biodivers présente sur son site Internet une vue d'ensemble de ces mesures relatives aux papillons diurnes, aux orthoptères, aux abeilles sauvages et aux libellules ainsi que la bibliographie y afférente ([biodivers.ch](http://biodivers.ch)). Des informations complémentaires sur l'écologie et les exigences des espèces de libellules et de papillons diurnes prioritaires et celles de l'ensemble des abeilles sauvages de Suisse sont en outre disponibles sur le système d'informations espèces développé par Info fauna CSCF ([species.infofauna.ch](http://species.infofauna.ch)).

A titre d'exemple, voici quelques-unes de ces initiatives :

- Dans le canton de Zurich, l'association Schmetterlingsförderung pour la promotion des papillons ([schmetterlingsfoerderung.ch](http://schmetterlingsfoerderung.ch)) inventorie les papillons diurnes et entretient divers projets visant à les promouvoir (dans le Tösstal, p. ex.).
- A Bâle-Campagne, le groupe de travail « Tagfalterschutz Baselland » explore et encourage la diversité des papillons diurnes dans le canton ([pronatura-bl.ch/de/arbeitsgruppe-tagfalterschutz](http://pronatura-bl.ch/de/arbeitsgruppe-tagfalterschutz))
- Dans le Jura neuchâtelois, des expert-e-s sont parvenus, avec le concours de l'Office cantonal de protection de la nature, à promouvoir des espèces de libellules typiques des hauts-marais par un programme de régénération des hauts-marais (Vallat et al. 2020).

## 8.3 Actions requises supplémentaires

Bon nombre des mesures mises en œuvre en relation avec les instruments cités ont assurément contribué à ce que le recul observé de la biodiversité et donc aussi des insectes ne soit pas plus grave ou que la situation se soit même améliorée localement. A vrai dire, seul un petit nombre de ces instruments sont explicitement axés sur les insectes. De même, leur impact sur la biodiversité en général et sur les insectes en particulier n'a été suffisamment étudié que dans des cas isolés. Il est donc difficile d'évaluer ces instruments ou de les améliorer de manière ciblée. De plus, beaucoup n'existent encore que sur le papier et/ou n'ont pas encore été suffisamment mis en œuvre.

Dans l'ensemble, les nombreux efforts accomplis pour sauvegarder et promouvoir la biodiversité et donc aussi celle des insectes sont réduits à néant par de puissants facteurs qui accroissent la pression sur les espèces et les milieux. En font partie, par exemple, l'apport excessif d'azote, de nouvelles méthodes culturales néfastes aux insectes, l'emploi de pesticides et d'autres produits chimiques, ainsi que le changement climatique (chapitre 6). Bon nombre de ces facteurs négatifs bénéficient d'un subventionnement massif des pouvoirs publics. Gubler et al. (2020) ont identifié pour la Suisse, plus de 160 subventions, dans les transports, l'agriculture, la production d'énergie et d'autres secteurs, involontairement préjudiciables à la biodiversité et donc aussi aux insectes.

Il en résulte que les effectifs de nombreuses espèces d'insectes continuent de régresser malgré les mesures adoptées. Ces reculs affectent avant tout les espèces spécialisées, tributaires d'un milieu précis et adaptées aux ressources qui s'y trouvent (plantes nourricières, possibilités de nidification et d'hivernage, p. ex.). Pour préserver ces espèces à long terme en Suisse, il importe de renforcer sensiblement les efforts menés jusque-là.

La nécessité d'agir est aujourd'hui également perçue par la classe politique. La banque de données du Parlement fédéral Curia Vista recense plus de 100 objets en cours directement ou indirectement liés aux insectes (consulté le 1<sup>er</sup> juin 2021). Il convient de souligner à cet égard deux motions en particulier :

- La motion « Enrayer rapidement et résolument la mortalité dramatique des abeilles et autres insectes » déposée le 21 mars 2019. En août 2019, le DETEC a soumis un rapport détaillé sur la disparition des insectes assorti de propositions de mesures (UVEK 2019). Le Conseil national et le Conseil des Etats ont approuvé la motion et l'ont transmise au Conseil fédéral le 3 juin 2020.
- La Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie du Conseil national (CEATE-N) a déposé le 1<sup>er</sup> février 2020 une motion revendiquant la lutte contre la disparition des insectes. Elle demande au parlement de proposer un train de mesures destinées à enrayer la disparition des insectes à court, à moyen et à long terme. Cette motion a également été approuvée par les deux Chambres.

Les programmes, les instruments et les mesures axés sur la conservation des insectes doivent avoir pour objectif 1) de sauvegarder les milieux précieux existants, 2) de remédier aux causes de la détérioration de la qualité des milieux, de la disparition des habitats et de la mise en péril des espèces, 3) de créer des habitats supplémentaires, 4) d'atténuer le changement climatique, 5) d'améliorer les

échanges entre les individus de diverses populations et l'interconnexion des écosystèmes, 6) de réduire l'utilisation de produits chimiques nuisibles aux insectes et leur concentration dans l'environnement (surtout les pesticides).

C'est à cela que servent les mesures et les plans d'actions déjà décidés et engagés, qu'il s'agit maintenant de mettre en œuvre systématiquement et rapidement (voir plus haut). Nous proposons par ailleurs un programme en 12 points (chapitre 9), qui a pour but d'aider à bien définir les priorités dans l'élaboration du train de mesures revendiqué contre la disparition des insectes. Les 12 points se complètent mutuellement et doivent être abordés parallèlement et intégralement. Des mesures sont indiquées dans le tableau A.2 en annexe pour chacun de ces points. La plupart de ces mesures requièrent que les instruments existants soient complétés ou que leur exécution soit plus systématique; dans certains cas, de nouveaux instruments s'avèrent éventuellement nécessaires. Si elles sont prises, certaines de ces mesures déboucheront sur une modification des consignes et des conditions légales, d'autres sur un accroissement des ressources humaines et financières pour la mise en œuvre et l'exécution ou pour la réalisation de projets novateurs. Dans certains cas, il faudra adapter les règlements ou les normes, parfois aussi les incitations ou les interdictions.

Le cas échéant, le choix et le type de mise en œuvre des mesures devraient s'appuyer sur des acquis scientifiques (voir [conservationevidence.com](http://conservationevidence.com), p.ex.). Pour certains groupes d'insectes, des compilations d'instructions pratiques très utiles sont disponibles (Zurbuchen & Müller 2012; Haddaway et al. 2020). Il faut toutefois aussi intégrer le savoir, l'expérience et les connaissances locales d'expert·e·s pour différents groupes d'insectes. Ces spécialistes n'ont cessé de mettre au point des mesures efficaces (voir Wildermuth & Küry 2009, p.ex.) et disposent d'un savoir précieux, parce qu'ils connaissent très bien «leur» groupe d'insectes, qu'ils observent le comportement et l'écologie des espèces dans leur habitat, qu'ils participent au relevé de données liées au programme listes rouges et à d'autres projets, qu'ils s'engagent dans des sociétés naturalistes ou entomologiques ou dans des organisations de protection de la nature – et ce très souvent à titre volontaire.

Nous recommandons par conséquent d'assurer la mise en œuvre associées au programme en 12 points telles qu'elles sont proposées en annexe, avec le concours d'expert·e·s des différents milieux et groupes d'espèces ainsi que de spécialistes de l'administration et de la pratique, les mesures doivent être développées et concrétisées.



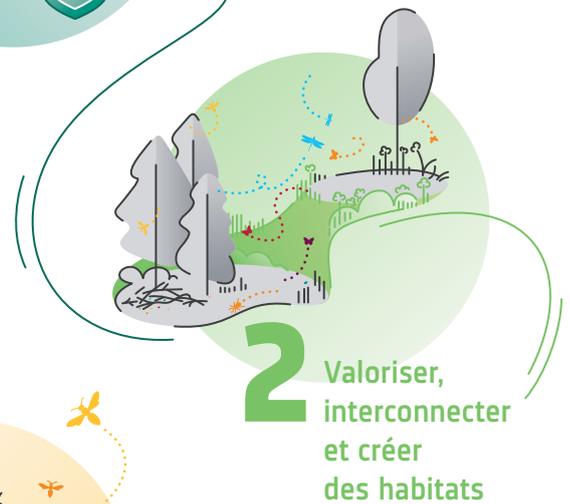
Le **graphosome rayé** (*Graphosoma lineatum*) est une espèce particulièrement visible de punaise des bois, très répandue chez nous sur les sites chauds et souvent présente sur les apiacées. Il y suce les graines immatures et se nourrit de sucs végétaux. La photo montre l'accouplement typique de ces animaux. Comme beaucoup d'espèces de punaises, ils possèdent des glandes odorantes spéciales, capables d'émettre une sécrétion puante qui les protège contre les prédateurs.

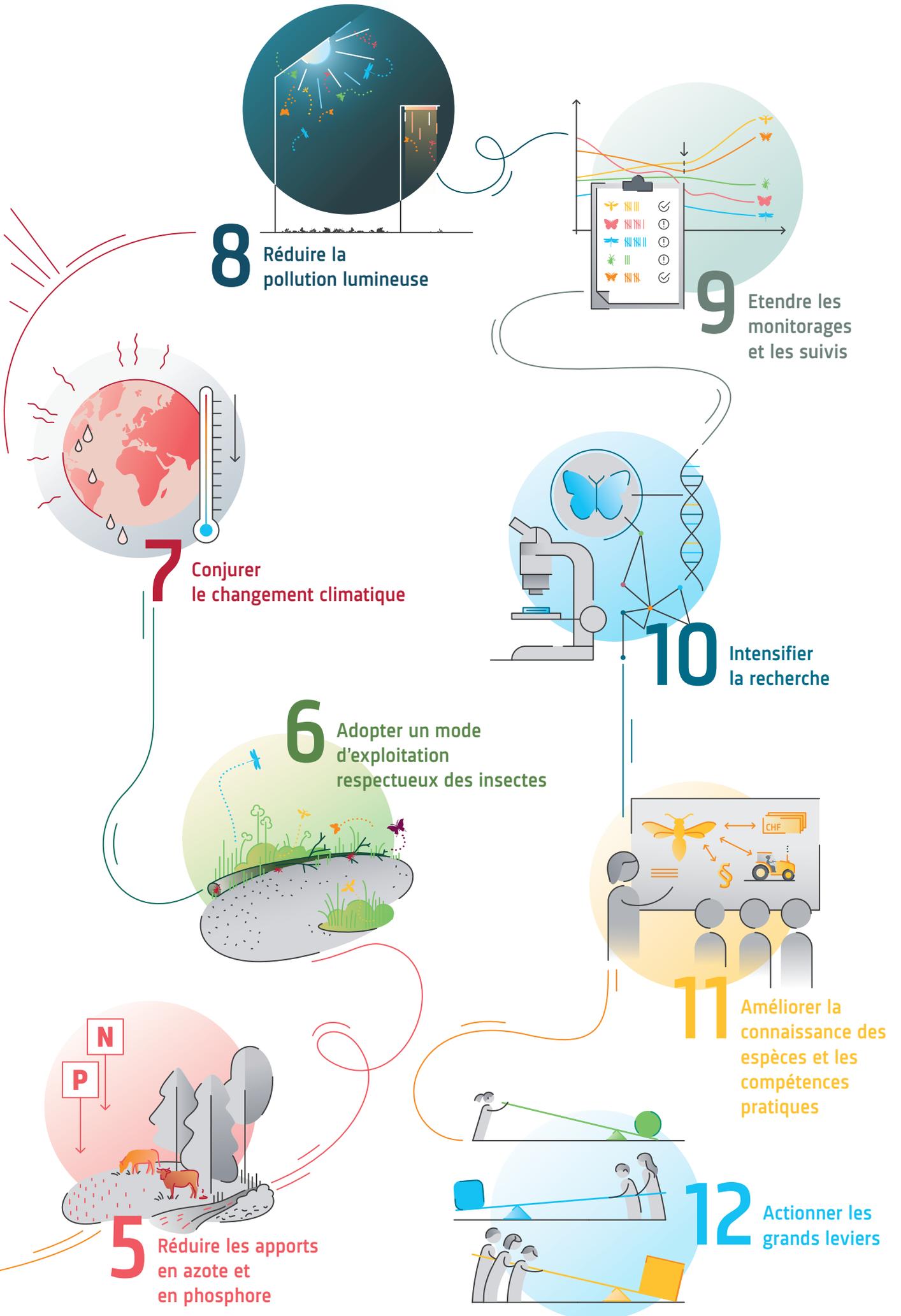


## 9 Programme en 12 points pour la conservation et la promotion des insectes en Suisse

Les mesures adoptées jusqu'à présent pour préserver et promouvoir les espèces et les milieux en danger ne suffisent pas pour sauvegarder à long terme la diversité entomologique en Suisse. Le programme en 12 points proposé dans ce chapitre entend relever de manière ciblée les défis qui subsistent. Il complète les instruments déjà disponibles et est axé sur les causes identifiées et scientifiquement attestées du déclin des insectes.

Le programme aborde toutefois non seulement les causes de la disparition des insectes (points 1 à 8), mais aussi le monitoring et la recherche (points 9 et 10), la connaissance des espèces et les compétences pratiques (point 11) ainsi que les leviers importants permettant d'atténuer les causes directes et indirectes du recul de la biodiversité (point 12). Les 12 points se complètent et se renforcent mutuellement. Pour qu'ils puissent déployer leur effet le mieux possible, il importe de les aborder parallèlement et intégralement. Les différents points sont décrits dans les pages qui suivent ; les mesures concrètes relatives à chacun des 12 points sont présentées dans le tableau A.2 en annexe.







### 9.1 Identifier et préserver les hauts lieux entomologiques

Les milieux précieux pour les insectes ne cessent de disparaître – une évolution qui, en ce moment, s'accélère tout particulièrement en montagne. La conservation des surfaces de haute valeur existantes doit donc avoir la priorité absolue. Cela s'applique notamment aux hauts lieux entomologiques situés à l'extérieur des zones protégées, telles que sources non captées et autres tronçons de cours d'eau proches de la nature, prairies riches en espèces, peuplements forestiers clairsemés ou certaines carrières et gravières. Pour de nombreuses espèces, les petites structures telles que taches de sol nus, ourlets de végétation, tiges vivaces, bords de prairies non fertilisés, murs de pierres sèches, petits plans d'eau temporaires et zones humides, bois mort et les tas de branches sont vitales; il faut également les préserver. Ces hauts lieux entomologiques (s'ils ne sont pas encore connus) doivent être identifiés et protégés de la destruction et de tout préjudice éventuel. Une exploitation soucieuse des insectes doit être maintenue voire optimisée.

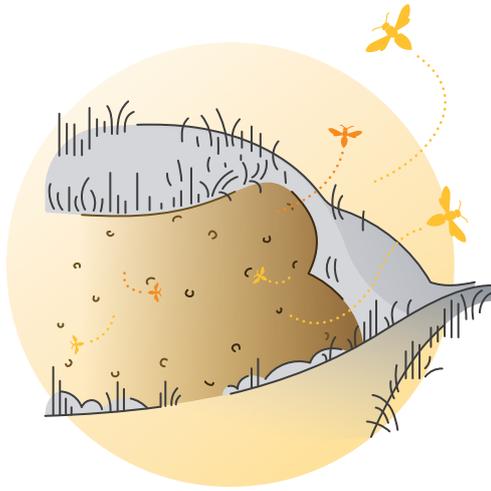
Mesures : tableau A.2, p. 95-96



### 9.2 Valoriser, interconnecter et créer des habitats

Les milieux de qualité proches de la nature actuellement disponibles et leur mise en réseau ne suffisent pas pour sauvegarder à long terme la biodiversité ainsi que la diversité des insectes en Suisse. Les expert-e-s estiment que, en fonction du milieu, une augmentation substantielle de la surface existante est nécessaire. Il faudrait globalement que la conservation de la biodiversité ait la priorité sur au moins un tiers de la superficie du pays. Cela signifie que des habitats supplémentaires doivent être créés par des revitalisations et, le cas échéant, par des restaurations. Les habitats doivent être suffisamment vastes et de bonne qualité, doivent être judicieusement répartis et interconnectés, ceci dans l'esprit de l'infrastructure écologique envisagée. Si des carences subsistent dans des zones protégées telles que marais, zones alluviales et prairies et pâturages secs d'importance régionale ou nationale, il faudra prendre des mesures d'assainissement davantage focalisées sur la conservation et le renforcement des communautés d'insectes. L'entretien des zones protégées devra de manière générale être davantage axé sur les exigences des insectes

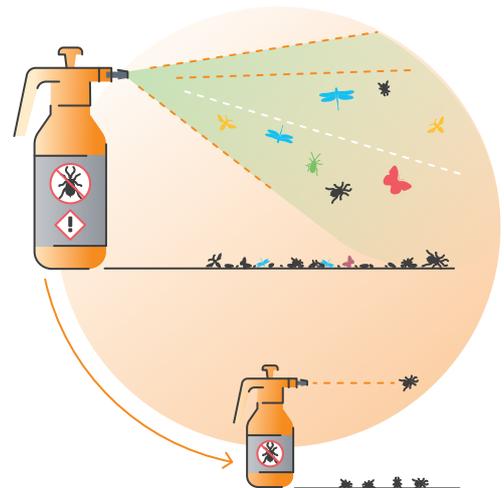
Mesures : tableau A.2, p. 96-98



### 9.3 Mettre en œuvre des mesures ciblées de promotion des espèces

Toutes les espèces ne bénéficient pas des zones protégées, de la revitalisation des habitats ou d'une exploitation généralement plus soucieuse des insectes. Pour certaines espèces ou certains groupes d'espèces menacées ou pour lesquelles la Suisse a une responsabilité internationale, des mesures et des projets ciblés sur leurs exigences écologiques sont nécessaires. Là où le besoin de mesures est connu, il conviendra d'élaborer et de mettre en valeur des plans d'action; dans les autres cas, il faudra évaluer le besoin de mesures. Au vu du grand nombre d'espèces d'insectes, il est recommandé de développer des plans d'action communs pour les espèces ou groupes d'espèces ayant des exigences similaires en matière d'habitat.

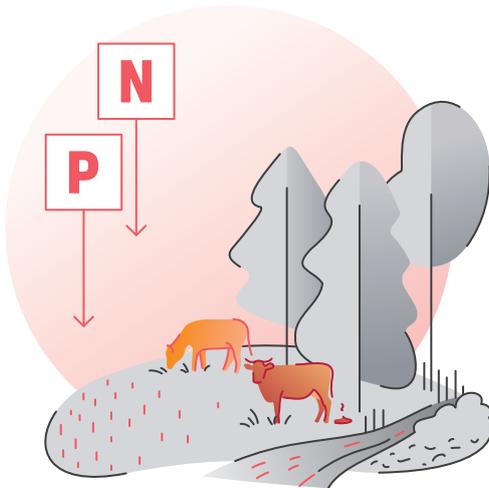
Mesures : tableau A.2, p. 99



### 9.4 Réduire les risques et l'emploi des pesticides

Les pesticides (produits phytosanitaires et biocides) sont utilisés à la fois dans l'agriculture, en milieu urbain et dans d'autres domaines; ils peuvent porter atteinte aux organismes non ciblés sur terre, dans l'eau et dans l'air. Concernant les insectes, ce sont surtout les insecticides qui importent, mais d'autres pesticides (herbicides p. ex.) peuvent également avoir un impact négatif. Les insectes ne sont pas seulement affectés sur les surfaces où les pesticides sont épanchés, car ils parviennent aussi dans d'autres milieux, tels que réserves naturelles ou surfaces de promotion de la biodiversité voisines, ainsi que dans les eaux. Diverses mesures ont certes déjà été introduites pour réduire les risques liés à l'emploi de pesticides. Mais, dans les eaux, les critères de qualité écotoxicologiques et les normes légales continuent d'être fréquemment dépassées et souvent sur des périodes prolongées. Afin d'atténuer les répercussions indésirables sur les insectes, il est nécessaire de réduire l'emploi de pesticides à risques, leurs émissions ainsi que la surface traitée. Il importera, à moyen terme, de développer et d'utiliser des systèmes de production agricole aussi peu dépendants que possible des produits phytosanitaires de même que des alternatives plus soucieuses de l'environnement. Dans les zones urbaines, les secteurs privé et public doivent être incités à renoncer aux pesticides.

Mesures : tableau A.2, p. 99



### 9.5 Réduire les apports en azote et en phosphore

Les engrais azotés ainsi que le dépôt quasiment généralisé d'azote atmosphérique modifient la structure et la composition de la végétation et réduisent par conséquent la qualité des milieux pour de nombreux insectes. Les apports atmosphériques sont en partie imputables aux transports et à l'industrie, mais aussi aux effectifs élevés de bétail qui génèrent de grandes quantités d'engrais de ferme et d'émissions d'ammoniac. La réduction du bétail est le principal facteur de diminution des apports indésirables d'azote atmosphérique et du volume d'engrais de ferme produit.

Le phosphore parvient dans le sol et les eaux par suite de la fertilisation. Il provoque des phénomènes d'eutrophisation dans les lacs et les étangs ou ralentit leur régénération. Il en résulte une atteinte aux biocénoses aquatiques.

Pour diminuer les émissions excessives d'azote et de phosphore sur une grande échelle, il importe d'adapter l'intensité de la production agricole à la capacité de production de l'exploitation et à la capacité de charge écologique du site.

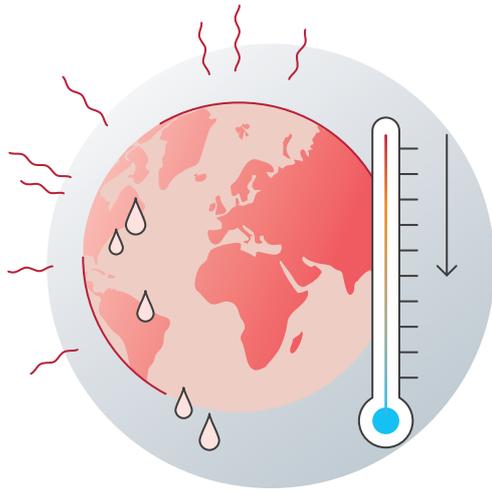
Mesures : tableau A.2, p. 100



### 9.6 Adopter un mode d'exploitation respectueux des insectes

Beaucoup de surfaces exploitées ou à peine utilisées offrent un gros potentiel pour les insectes. C'est le cas des talus de voies ferrées, de routes et de chemins, des parcs et des jardins en ville, mais aussi des prairies, des pâturages et des surfaces de promotion de la biodiversité de la zone agricole. La fréquence et la date de la fauche ainsi que la hauteur de coupe, mais aussi le mode de pâturage et son intensité, exercent une forte influence sur les insectes. Les insectes tirent profit de dates de fauche échelonnées, de bordures riches en espèces et en fleurs et parfois aussi d'une mise en pâture précoce et tardive. Les insectes vivant sur le sol ou dans la strate herbacée bénéficient d'une exploitation extensive. En renonçant à l'utilisation de techniques d'exploitation et de récolte telles que faucheuses rotatives, conditionneurs, ensilage, souffleurs ou herse rotatives, qui détruisent des structures précieuses, on pourra éviter de lourdes pertes chez les insectes et d'autres petits animaux. Dans la mesure du possible, il convient par conséquent d'utiliser des techniques respectueuses des insectes, même dans les espaces verts publics et dans les parcs et jardins privés. En forêt de production, un mode d'exploitation respectueux des insectes assure notamment une offre suffisante d'arbres habitats et de bois mort d'âge et de qualité variés.

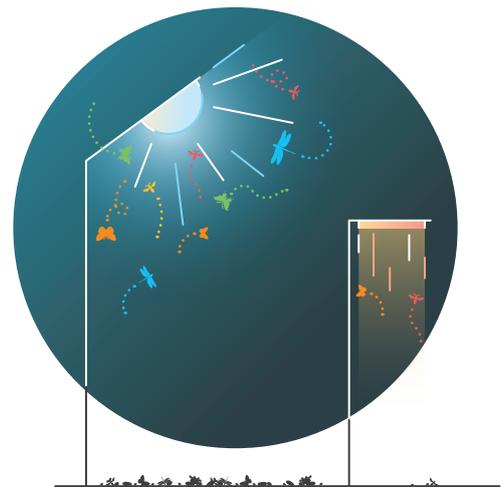
Mesures : tableau A.2, p. 100-101



### 9.7 Conjurer le changement climatique

Aujourd'hui, le changement climatique est la troisième principale cause de l'appauvrissement de la biodiversité dans le monde. A court terme, certaines espèces d'insectes peuvent tirer bénéfice d'un réchauffement et étendre leur aire de répartition. Ce sont surtout les espèces thermophiles, les généralistes et les ravageurs qui en profitent. D'autres espèces, surtout spécialisées et pour lesquelles la Suisse a une grande responsabilité, régressent toutefois parce que leur habitat disparaît, ou s'assèche (insectes aquatiques), parce que la concurrence s'accroît avec des espèces qui profitent du changement climatique (les espèces alpines sont défavorisées) ou parce que les ressources alimentaires se raréfient. Les mesures directes et efficaces de protection climatique ainsi que les mesures indirectes destinées à atténuer les répercussions du changement climatique sont donc essentielles à la sauvegarde de la diversité entomologique.

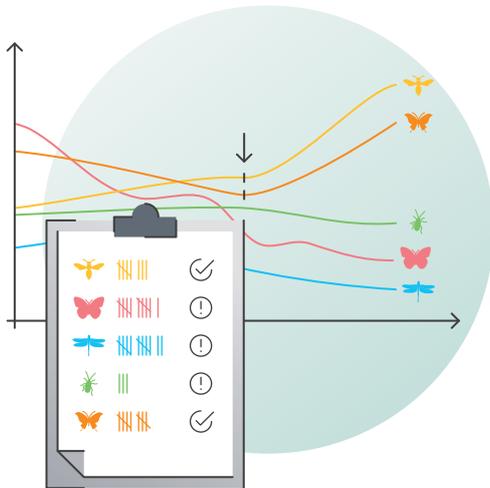
Mesures : tableau A.2, p. 102



### 9.8 Réduire la pollution lumineuse

Les insectes nocturnes comme les papillons de nuit sont particulièrement sensibles aux modifications des cycles naturels lumière/obscurité. Les sources de lumière artificielle attirent les insectes volants, les détournent de leur habitat et les font souvent périr. Pour la protection des insectes, la réduction de la pollution lumineuse est essentielle. L'aménagement de surfaces et de corridors obscurs, la suppression ou l'extinction temporaire des sources lumineuses superflues, le blindage ciblé des sources lumineuses ainsi que l'introduction systématique de lampes LED dotées d'un spectre lumineux respectueux des insectes peuvent en principe contribuer à atténuer les effets indésirables produits par les émissions lumineuses sur les insectes.

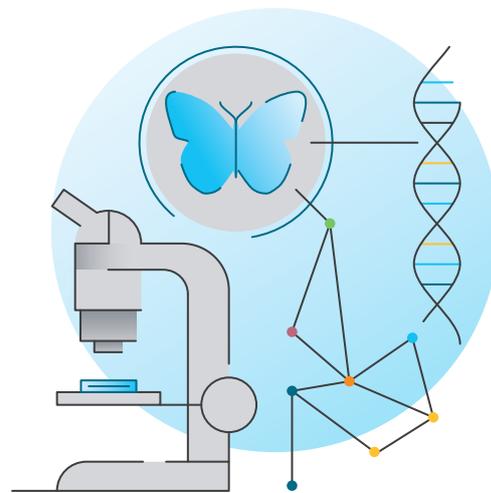
Mesures : tableau A.2, p. 102



### 9.9 Etendre les monitorages et les suivis

De par leur extrême diversité, le recensement des espèces d'insecte, le suivi de l'évolution de la taille de leurs populations, de la surface de leur aire de répartition, l'étude de leurs exigences en matière d'habitat ou des services écosystémiques qu'ils rendent constituent un énorme défi. Les études systématiques menées sur une grande échelle et à long terme des différents groupes d'insectes et des différentes espèces sont insuffisantes, et l'on ne sait que peu de choses sur l'évolution à long terme de leur biomasse en Suisse. Les programmes de monitoring existants doivent être poursuivis et renforcés par un choix de groupes d'insectes complémentaires et (dans la mesure du possible) par une estimation de leur biomasse. Il faut en outre intégrer les insectes dans le suivi de l'impact des mesures de promotion de la biodiversité.

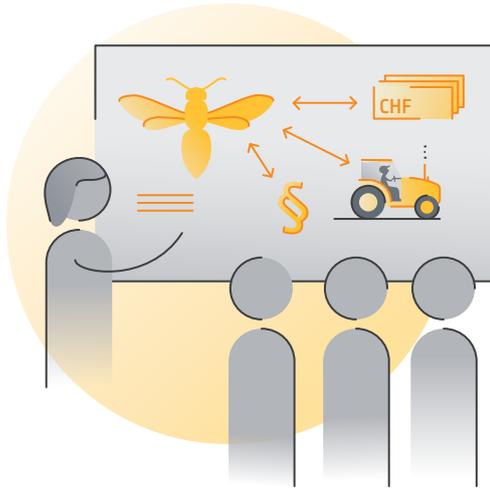
Mesures : tableau A.2, p. 103



### 9.10 Intensifier la recherche

L'état et l'évolution de la diversité de nombreux groupes d'insectes ainsi que de leurs effectifs et leur rôle dans les écosystèmes sont encore insuffisamment étudiés. Des informations fondamentales sur la biologie et l'écologie de nombreuses espèces, leur diversité, leur adaptabilité au changement climatique et sur les actions éventuelles qu'il conviendrait d'engager font également cruellement défaut. Cela s'applique particulièrement aux espèces rares et menacées ainsi qu'aux espèces pour lesquelles la Suisse a une responsabilité particulière (espèces alpines et endémiques notamment).

Mesures : tableau A.2, p. 104

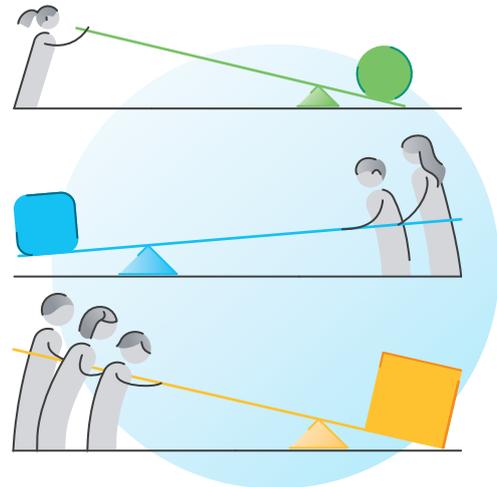


### 9.11 Améliorer la connaissance des espèces et les compétences pratiques

Les insectes et leurs habitats sont souvent dégradés ou détruits par goût de l'ordre et de la propreté, par manque d'intérêt ou par ignorance. C'est en premier lieu la connaissance des espèces qui fait défaut, mais aussi le savoir relatif à leurs exigences en matière d'habitat et aux possibilités de les préserver. Pour garantir la relève de spécialistes, il faut renforcer la systématique et de la faunistique entomologiques. En même temps, l'accès des jeunes à l'entomologie doit être encouragé par un enseignement mieux orienté dans les écoles secondaires, mais aussi dans les écoles professionnelles et les Hautes écoles spécialisées. L'offre en formation initiale et continue au sur les différents groupes d'insectes (connaissance des espèces, écologie etc.) doit être renforcée. Il conviendrait aussi de développer des outils novateurs et attrayants en ce qui concerne la détermination de groupes d'insectes jusqu'à peu connus.

Dans la formation menant aux professions vertes (agriculture, sylviculture, horticulture etc.) aux services d'entretien des communes et des cantons ainsi qu'à la gestion des zones protégées, mais aussi dans celle d'autres protagonistes importants de l'urbanisme, de l'équipement et du développement immobilier, il importe de développer des cours de sensibilisation et de perfectionnement dispensant savoir et compétences en matière de pratiques culturelles respectueuses des insectes. Les particuliers aussi devraient disposer de programmes d'enseignement correspondants. Il conviendrait enfin de collecter, de documenter et de communiquer sous une forme attractive les exemples à suivre (« best practice ») concernant le renforcement des communautés d'insectes en milieu urbain.

Mesures : tableau A.2, p. 105



### 9.12 Actionner les grands leviers

Selon le Conseil mondial pour la biodiversité (IPBES), une mutation s'impose dans la société et l'économie vers la durabilité et une consommation nettement plus économe des ressources, afin d'enrayer le déclin de la biodiversité et, partant, de la diversité des insectes (IPBES 2019). Y sont associées des visions d'avenir concernant une qualité de vie libérée d'une surconsommation des ressources.

Selon l'IPBES, l'intégration systématique de la biodiversité dans l'élaboration et la vérification régulière des lois et des programmes dans tous les domaines politiques, l'internalisation d'externalités ainsi que la réorientation ou suppression de subventions préjudiciables à la biodiversité constituent des leviers importants qui contribueront à atténuer les causes directes et indirectes de son déclin. Dans l'inconscient collectif, l'intégration de la biodiversité dans tous les domaines et secteurs importants doit devenir une évidence.

Mesures : tableau A.2, p. 106



Les espèces du genre *Osmia* et *Hoplitis* sont réunies sous l'appellation d'abeilles maçonnes. *Osmia aurulenta* reproduite ici est typique de ce groupe. Elle niche dans des coquilles d'escargot vides, où les femelles déposent leurs œufs dans des cellules de couvain. L'espèce est présente et relativement fréquente dans toute la Suisse jusqu'à une altitude d'environ 1900 mètres.

## 10 Bibliographie

- Akademien der Wissenschaften Schweiz (2019) **Insektenschwund in der Schweiz und mögliche Folgen für Gesellschaft und Wirtschaft.**
- Aktionsplan des Bundesrates (2017) **Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz.** Bundesamt für Umwelt (BAFU) (Hrsg.). Bern.
- Altermatt F (2020) **Die ökologische Funktion der Gewässerräume.** Umweltrecht in der Praxis 1: 51–67
- Altermatt F, Birrer S, Plattner M, Ramseier P, Stalling T (2008) **Erste Resultate zu den Tagfaltern im Biodiversitätsmonitoring Schweiz.** Entomo Helvetica 1: 75–83.
- Altermatt F, Fritsch D, Huber W, Whitebread S (2006) **Die Gross-Schmetterlingsfauna der Region Basel.** Monographien der Entomologischen Gesellschaft Basel, Band 2, 423 S.
- Altermatt F, Fritsch D, Whitebread S, Erhardt A (2003) **Schmetterlinge (Lepidoptera).** In: Fauna und Flora auf dem Eisenbahngelände im Norden Basels. Burckhardt D, Baur B, Studer A (eds). Monographien der Entomologischen Gesellschaft Basel 1: 118–132.
- Apolloni N, Gerber A, Birrer S, Spaar R (2017) **Intensification des pâturages maigres et pâturages boisés dans la chaîne jurassienne. Pratique et réglementation du girobroyage.** Schweizerische Vogelwarte Sempach.
- Artmann-Graf G, Erhardt A (2021) **20 Jahre Insektenmonitoring in der zentralen Nordwestschweiz.** oekart.ch.
- Artmann-Graf G (2017) **Heuschrecken in der zentralen Nordwestschweiz gestern und heute: Verbreitungsatlas und Monitoring VVS/BirdLife Solothurn.**
- Artmann-Graf G (2015) **Tagfalter in der zentralen Nordwestschweiz gestern und heute: Verbreitungsatlas und Monitoring.** Pro Natura Solothurn.
- Aubert J, Aubert J-J, Goeldlin P (1976) **Doze ans de captures systématiques de Syrphides (Diptères) au col de Bretolet (Alpes valaisannes).** Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 49: 115–142.
- Augenstein B, Ulrich W, Habel JC (2012) **Directional temporal shifts in community structure of butterflies and ground beetles in fragmented oligotrophic grasslands of Central Europe.** Basic and Applied Ecology 13: 715–724.
- Bächli G, Merz B, Hänni J-P (2014) **Dritter Nachtrag zur Checkliste der Diptera der Schweiz.** Entomo Helvetica 7: 119–140.
- BAFU (Hrsg.) (2020) **Monitoring und Wirkungskontrolle Biodiversität. Übersicht zu nationalen Programmen und Anknüpfungspunkten.** Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2005: 57 S.
- BAFU (Hrsg.) (2019) **Stand der Umsetzung der Biotopinventare von nationaler Bedeutung. Kantonsumfrage 2018.** Bundesamt für Umwelt, Bern.
- BAFU (2013) **Aktionspläne für National Prioritäre Arten.** Entwurf. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 35 S.
- BAFU (2012) **Konzept Artenförderung Schweiz.** Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 64 S.
- BAFU (2010) **Klimaerwärmung verändert die Vielfalt.** BDM-FACTS 1: 1–3.
- BAFU und BLW (2016) **Umweltziele Landwirtschaft.** Statusbericht 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1633: 114 S.
- BAFU, BFE, ARE (Hrsg.) (2011) **Empfehlung zur Erarbeitung kantonaler Schutz- und Nutzungsstrategien im Bereich Kleinwasserkraftwerke.** Bern: 28 S.
- Balmer O (1999) **Die Schmetterlingsfauna an mageren Standorten des Jura in verschiedenen Stadien der Verbrachung.** Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 72: 303–314.
- Balmer O, Erhardt A (2000) **Consequences of succession on extensively grazed grasslands for central European butterfly communities: Rethinking conservation practices.** Conservation Biology 14: 746–757.
- Baltensweiler W, Rubli D (1999) **Dispersal – an important driving force of the cyclic population dynamics of the larch bud moth.** Forest Snow Landsc Res 74: 3–153.
- Bang HS, Lee J-H, Kwon OS, Na YE, Jang YS, Kim WH (2005) **Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil.** Applied Soil Ecology 29: 165–171.
- Baur B (2021) **Naturschutzbiologie.** 1. Auflage. Bern: Haupt Verlag.
- Baur B, Coray A, Lenzin H, Schmera D (2020) **Factors contributing to the decline of an endangered flightless longhorn beetle: A 20-year study.** Insect Conservation and Diversity 13: 175–186.
- Baur B, Cremene C, Groza G, Rakosy L, Schileyko AA, Baur A, Stoll P, Erhardt A (2006) **Effects of abandonment of subalpine hay meadows on plant and invertebrate diversity in Transylvania, Romania.** Biological Conservation 132: 261–273.
- Baur B, Coray A, Minoretti N, Zschokke S (2005) **Dispersal of the endangered flightless beetle *Dorcadion fuliginator* (Coleoptera: Cerambycidae) in spatially realistic landscapes.** Biological Conservation 124: 49–61.
- Baur B, Duelli P, Edwards PJ, Jenni M, Klaus G, Künzle I, Martinez S, Pauli D, Peter K, Schmid B, Seidl I, Suter W (2004) **Biodiversität in der Schweiz: Zustand, Erhaltung, Perspektiven: wissenschaftliche Grundlagen für eine nationale Strategie.** Bern: Haupt.
- Baur B, Baur H, Roesti C, Roesti D (2006) **Die Heuschrecken der Schweiz.** 1. Auflage. Bern: Haupt Verlag.
- Baur H, Ungricht S (2019a) **Insekten – noch viel artenreicher als gedacht!** HOTSPOT 40: 7.
- Baur H, Ungricht S (2019b) **Schätzung der Anzahl Insektenarten in der Schweiz [Data set].** Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3431118>
- Bergamini A, Ginzler C, Schmidt BR, Bedolla A, Boch S, Ecker K, Graf U, Kuchler H, Kuchler M, Dosch O, Holderegger R (2019) **Resultate der Wirkungskontrolle Biotopschutz – Kurzfassung.** Hrsg.: Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 21 S.
- Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M, Ohlemüller R, Edwards M, Peeters T, Schaffers AP, Potts SG, Kleukers R, Thomas CD, Settele J, Kunin WE (2006) **Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands.** Science 313: 351–354.
- Birkhofer K, Bezemer TM, Bloem J, Bonkowski M, Christensen S, Dubois D, Ekelund F, Fliessbach A, Gunst L, Hedlund K, Mäder P, Mikola J, Robin C, Setälä H, Tatin-Froux F, Van der Putten WH, Scheu S (2008) **Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity.** Soil Biology and Biochemistry 40: 2297–2308.
- Blitzer EJ, Gibbs J, Park MG, Danforth BN (2016) **Pollination services for apple are dependent on diverse wild bee communities.** Agriculture, Ecosystems and Environment 221: 1–7.
- Blöchlinger H (2010) **Tagfalter im Seebachtal.** Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft 64: 167–181.

- Bornand C, Gygax A, Juillerat P, Jutzi M, Möhl A, Rometsch S, Sager L, Santiago H, Eggenberg S (2016) **Rote Liste Gefässpflanzen. Gefährdete Arten der Schweiz.** Bundesamt für Umwelt, Bern und Info Flora, Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1621: 178 S.
- Bossart S, Meier C, Schiess H, Hohl M (2015) **Schleichende Verarmung der Tagfalterfauna.** Zürcher Umweltp Praxis und Raumentwicklung 80: 35–38.
- Bosshard A (2015) **Rückgang der Fromentalwiesen und die Auswirkungen auf die Biodiversität.** Agrarforschung Schweiz 6: 20–27.
- Braaker S, Ghazoul J, Obrist MK, Moretti M (2014) **Habitat connectivity shapes urban arthropod communities: the key role of green roofs.** Ecology 95: 101–1021.
- Brändli UB, Abegg M, Allgaier Leuch B (Red.) (2020) **Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017.** Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Bern, Bundesamt für Umwelt. 341 S.
- Braschler B, Baur B (2016) **Diverse effects of a seven-year experimental grassland fragmentation on major invertebrate groups.** PLoS ONE 11: e0149567.
- Braschler B, Marini L, Thommen GH, Baur B (2009) **Effects of small-scale grassland fragmentation and frequent mowing on population density and species diversity of orthopterans: a long-term study.** Ecological Entomology 34: 321–329.
- Breeze TD, Bailey AP, Balcombe KG, Potts SG (2011) **Pollination services in the UK: How important are honeybees?** Agriculture, Ecosystems and Environment 142: 137–143.
- Breitenmoser S (2013) **Etude de populations de Lucane cerf-volant *Lucanus cervus* (L., 1758) (Coleoptera, Lucanidae) en zone périurbaine à Rolle (VD) de 2007 à 2012.** Entomo Helvetica 6: 49–61.
- Brittain CA, Vighi M, Bommarco R, Settele J, Potts SG (2010) **Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales.** Basic and Applied Ecology 11: 106–115.
- Brühl CA, Zaller JG (2019) **Biodiversity decline as a consequence of an inappropriate environmental risk assessment of pesticides.** Frontiers in Environmental Science 7: 177.
- Büntgen U, Liebhold A, Nievergelt D, Wermelinger B, Roques A, Reing F, Krusic PJ, Piermattei A, Egli S, Cherubini P, Esper J (2020) **Return of the moth: rethinking the effect of climate on insect outbreaks.** Oecologia 192: 543–552.
- Burckhardt D (2000) **Entomofaunistik in der Schweiz.** Entomologica Basiliensia 22: 31–43.
- Burdon FJ, Munz NA, Reyes M, Focks A, Joss A, Räsänen K, Altermatt F, Eggen RIL, Stamm C (2019) **Agriculture versus wastewater pollution as drivers of macroinvertebrate community structure in streams.** Science of The Total Environment 659: 1256–1265.
- Burghardt KT, Tallamy DW, Philips C, Shropshire KJ (2010) **Non-native plants reduce abundance, richness, and host specialization in lepidopteran communities.** Ecosphere 1: 1–22.
- Burrows MT, Schoeman DS, Buckley LB, Moore P, Poloczanska ES, Brander KM, Brown C, Bruno JF, Duarte CM, Halpern BS, Holding J, Kappel CV, Kiessling W, O'Connor MI, Padolfi JM, Parmesan C, Schwing FB, Sydeman WJ, Richardson AJ (2011) **The pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems.** Science 334: 652–655.
- Bush A, Theischinger G, Nipperess D, Turak E, Hughes L (2013) **Dragonflies: climate canaries for river management.** Diversity and Distributions 19: 86–97.
- Bussler H (2011) **Bark beetles – between pest species and ecosystem engineers.** Dissertation Philipps Universität Marburg.
- Bütler R, Lachat T, Krumm F, Kraus D, Larrieu L (2020) **Habitatbäume kennen, schützen und fördern.** Merkblatt für die Praxis 64: 1–12.
- Button L, Elle E (2014) **Wild bumble bees reduce pollination deficits in a crop mostly visited by managed honey bees.** Agriculture Ecosystems and Environment 197:255–263.
- Cardoso P, Barton PS, Birkhofer K, Chichorro F, Deacon C, Fartmann T, Fukushima CS, Gaigher R, Habel JC, Hallmann CA, Hill MJ, Hochkirch A, Kwak ML, Mammola S, Noriega JA, Orfinger AB, Pedraza F, Pryke JS, Roque FO, Settele J, Simaika JP, Stork NE, Suhling F, Vorster C, Samways MJ (2020) **Scientists' warning to humanity on insect extinctions.** Biological Conservation 242: 108426.
- Chen I-C, Hill JK, Ohlemüller R, Roy DB, Thomas CD (2011) **Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming.** Science 333: 1024–1026.
- Conrad KF, Warren MS, Fox R, Parsons MS, Woiwod IP (2006) **Rapid declines of common, widespread British moths provide evidence of an insect biodiversity crisis.** Biological Conservation 132: 279–29.
- Delarze R (1996) **Les orthoptères des Grassettes (Noville, Vaud, CH) et leur distribution dans le site marécageux.** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles 84: 9–17.
- Del Toro I, Ribbons RR, Pelini SL (2012) **The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae).** Myrmecological News 17:133–146.
- Desquilbette M, Gaume L, Grippa M, Céréghino R, Humbert J-F, Bonmatin J-M, Cornillon P-A, Maes D, Van Dyck H, Goulson D (2020) **Comment on "Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances".** Science 370: eabd8947.
- Devictor V, van Swaay C, Brereton T, Brotons L, Chamberlain D, Heliölä J, Herrando S, Julliard R, Kuussaari M, Lindström Å, Reif J, Roy DB, Schweiger O, Settele J, Stefanescu C, Van Strien A, Van Turnhout C, Vermouzek Z, WallisDeVries M, Wynhoff I, Jiguet F (2012) **Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale.** Nature Climate Change 2: 121–124.
- Didham RK, Basset Y, Collins CM, Leather SR, Littlewood NA, Menz MHM, Müller J, Packer L, Saunders ME, Schönrogge K, Stewart AJA, Yanoviak SP, Hassall C (2020) **Interpreting insect declines: seven challenges and a way forward.** Insect Conservation and Diversity 13: 103–114.
- Di Giulio M (2016) **Förderung der Biodiversität im Siedlungsgebiet: gute Beispiele und Erfolgsfaktoren.** Bern: Haupt Verlag.
- Di Giulio M, Edwards PJ, Meister E (2001) **Enhancing insect diversity in agricultural grasslands: the roles of management and landscape structure.** Journal of Applied Ecology 38: 310–319.
- Dirzo R, Young HS, Galetti M, Ceballos G, Isaac NJB, Collen B (2014) **Defaunation in the Anthropocene.** Science 345: 401–406.
- Doppler T, Diezel A, Wittmer I, Grelot J, Rinta P, Kunz M (2020) **Mikroverunreinigung im Gewässermonitoring – Ausbau von NAWA Trend und erste Resultate 2018.** Aqua & Gas 7/8: 44–53.
- Doppler T, Mangold S, Wittmer I, Spycher S, Cornte R, Stamm C, Singer H, Jungans M, Kunz M (2017) **Hohe PSM-Belastung in Schweizer Bächen: NAWA-Spez-Kampagne untersucht Bäche in Gebieten intensiver landwirtschaftlicher Nutzung.** Aqua & Gas 4: 47–56.
- Dudley N, Alexander S (2017) **Agriculture and biodiversity: a review.** Biodiversity 18: 1–5.
- Duelli P, Wermelinger B (2010) **Der Alpenbock (*Rosalia alpina*). Ein seltener Bockkäfer als Flaggschiff-Art.** Merkblatt für die Praxis, 39. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL
- Duelli P, Obrist MK (1998) **In search of the best correlates for local biodiversity in cultivated areas.** Biodiversity and Conservation 7: 297–309.
- Duelli P (Red.) (1994) **Rote Listen der gefährdeten Tierarten der Schweiz.** Hrsg.: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. Vollzug Umwelt: 97 S.

- Egan JF, Bohnenblust E, Goslee S, Mortensen D, Tooker J (2014) **Herbicide drift can affect plant and arthropod communities.** *Agriculture, Ecosystems & Environment* 185: 77–87.
- Eichel S, Fartmann T (2008) **Management of calcareous grasslands for Nickerl's fritillary (*Melitaea aurelia*) has to consider habitat requirements of the immature stages, isolation, and patch area.** *Journal of Insect Conservation* 12: 677–688.
- Eisenbeis G, Hänel A (2009) **Light pollution and the impact of artificial night lighting on insects.** In: McDonnell MJ, Hahs AH, Breuste JH. *Ecology of cities and towns.* Cambridge: Cambridge University Press. 243–263.
- Elizalde L, Arbetman M, Arnan X, Eggleton P, Leal IR, Lescano MN, Saez A, Werenkraut V, Pirk GI (2020) **The ecosystem services provided by social insects: traits, management tools and knowledge gaps.** *Biological Reviews* 95, 1418–1441.
- Erhardt A, Thomas JA (1991) **Lepidoptera as indicators of change in the semi-natural grasslands of lowland and upland Europe.** In *The conservation of insects and their habitats* (Collins NM; Thomas JA, eds) S. 213–236. London: Academic Press.
- Ewald KC, Klaus G (2010) **Die ausgewechselte Landschaft: vom Umgang der Schweiz mit ihrer wichtigsten natürlichen Ressource.** 2. Auflage, Bern: Haupt Verlag.
- Ewald JA, Wheatley CJ, Aebischer NJ, Moreby SJ, Duffield SJ, Crick HQP, Morecroft MB (2015) **Influences of extreme weather, climate and pesticide use on invertebrates in cereal fields over 42 years.** *Global Change Biology* 21: 3931–3950.
- Fartmann T, Jedicke E, Streitberger M, Stuhldreher G (2021) **Insektensterben in Mitteleuropa: Ursachen und Gegenmassnahmen.** Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Filser J, Faber JH, Tiunov AV, Brussaard L, Frouz J, De Deyn G, Uvarov AV, Berg MP, Lavelle P, Loreau M, Wall DH, Querner P, Eijsackers H, Jiménez JJ (2016) **Soil fauna: key to new carbon models.** *SOIL* 2: 565–582.
- Filz KJ, Engler JO, Stoffels J, Weitzel M, Schmitt T (2013) **Missing the target? A critical view on butterfly conservation efforts on calcareous grasslands in south-western Germany.** *Biodiversity and Conservation* 22: 2223–2241.
- Fischer J, Lindenmayer DB (2007) **Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis.** *Global Ecology and Biogeography* 16: 265–280.
- Fivaz FP, Gonseth Y (2014) **Using species distribution models for IUCN Red Lists of threatened species.** *Journal of Insect Conservation* 18: 427–436.
- Fletcher RJ, Didham RK, Banks-Leite C, Barlow J, Ewers RM, Rosindell J, Holt RD, Gonzalez A, Pardini R, Damschen EI, Melo FPL, Ries L, Prevedello JA, Tscharntke T, Laurance WF, Lovejoy T, Haddad NM (2018) **Is habitat fragmentation good for biodiversity?** *Biological Conservation* 226: 9–15.
- Foley JA, DeFries R, Asner GP, Barford C, Bonan G, Carpenter SR, Chapin FS, Coe MT, Daily GC, Gibbs HK, Helkowski JH, Holloway T, Howard EA, Kucharik CJ, Monfreda C, Patz JA, Prentice IC, Ramankutty N, Snyder PK (2005) **Global consequences of land use.** *Science* 309: 570–574.
- Forister ML, Novotny V, Panorska AK, Baje L, Basset Y, Butterill PT, Cizek L, Coley PD, Dem F, Diniz IR, Drozd P, Fox M, Glassmire AE, Hazen R, Hreck J, Jahner JP, Kaman O, Kozubowski TJ, Kursar TA, Lewis OT, Lill J, Marquis RJ, Miller SE, Morais HC, Murakami M, Nickel H, Pardikes NA, Ricklefs RE, Singer MS, Smilanich AM, Stireman JO, Villamarín-Cortez S, Vodka S, Volf M, Wagner DL, Walla T, Weiblen GD, Dyer LA (2015) **The global distribution of diet breadth in insect herbivores.** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112: 442–447.
- Forister ML, McCall AC, Sanders NJ, Fordyce JA, Thorne JH, O'Brien J, Waetjen DP, Shapiro AM (2010) **Compounded effects of climate change and habitat alteration shift patterns of butterfly diversity.** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107: 2088–2092.
- Forrest JRK (2016) **Complex responses of insect phenology to climate change.** *Current Opinion in Insect Science* 17:49–54.
- Forum Biodiversität Schweiz (2020) **Argumente für die Erhaltung der Biodiversität.** *HOTSPOT* 21: 1–32.
- Fox R, Oliver TH, Harrower C, Parsons MS, Thomas CD, Roy DB (2014) **Long-term changes to the frequency of occurrence of British moths are consistent with opposing and synergistic effects of climate and land-use changes.** *Journal of Applied Ecology* 51: 949–957.
- Fox R (2013) **The decline of moths in Great Britain: a review of possible causes.** *Insect Conservation and Diversity* 6: 5–19.
- Frick R, Fluri P (2001) **Bienenverluste beim Mähen mit Rotationsmäherwerken.** *AGRAR Forschung* 8: 196–201.
- Fürst J (2020) **Arthropod biomass, abundance and species richness changes since 1987 in the Limpach valley, CH.** MSc Thesis, University of Basel and Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL.
- Gallmann P, Charrière JD (2014) **Expertenbericht-Vorschläge für Massnahmen zur Förderung der Gesundheit der Bienen.** Agroscope.
- Ganser D, Albrecht M, Knop E (2021) **Wildflower strips enhance wild bee reproductive success.** *Journal of Applied Ecology* 58: 486–495.
- Gardiner T, Didham RK (2020) **Glowing, glowing, gone? Monitoring long-term trends in glow-worm numbers in south-east England.** *Insect Conservation and Diversity* 13: 162–174.
- Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, Aizen MA, Bommarco R, Cunningham SA, Kremen C, Carvalheiro LG, Harder LD, Afik O, Bartomeus I, Benjamin F, Boreux V, Cariveau D, Chacoff NP, Dudenhöffer JH, Freitas BM, Ghazoul J, Greenleaf S, Hipólito J, Holzschuh A, Howlett B, Isaacs R, Javorek SK, Kennedy CM, Krewenka KM, Krishnan S, Mandelik Y, Otieno M, Peteresen J, Pisanty G, Potts SG, Rader R, Ricketts TH, Rundlöf M, Seymour CL, Schüepp C, Szentgyörgyi H, Taki H, Tscharntke T, Vergara CH, Viana BF, Wanger TC, Westphal C, Williams N, Klein AM (2013) **Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance.** *Science* 339: 1608–1611.
- Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Kremen C, Morales JM, Bommarco R, Cunningham SA, Carvalheiro LG, Chacoff NP, Dudenhöffer JH, Greenleaf SS, Holzschuh A, Isaacs R, Krewenka K, Mandelik Y, Mayfield MM, Morandin LA, Potts SG, Ricketts TH, Szentgyörgyi H, Viana BF, Westphal C, Winfree R, Klein AM (2011) **Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits.** *Ecology Letters* 14: 1062–1072.
- Gaston KJ (2019) **Nighttime Ecology: The “Nocturnal Problem” Revisited.** *The American Naturalist* 193: 481–502.
- Geiger F, Bengtsson J, Berendse F, Weisser WW, Emmerson M, Morales MB, Ceryngier P, Liira J, Tscharntke T, Winqvist C, Eggers S, Bommarco R, Pärt T, Bretagnolle V, Plantegenest M, Clement LW, Dennis C, Palmer C, Oñate JJ, Guerrero I, Hawro V, Aavik T, Thies C, Flohre A, Hänke S, Fischer C, Goedhart PW, Inchausti P (2010) **Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland.** *Basic and Applied Ecology* 11: 97–105.
- Gilburn AS, Bunnefeld N, Wilson JM, Botham MS, Brereton TM, Fox R, Goulson D (2015) **Are neonicotinoid insecticides driving declines of widespread butterflies?** *PeerJ* 3: e1402.
- Gonseth Y (2017) **Artensterben – zwischen individueller Verantwortung und kollektiver Verantwortungslosigkeit.** *HOTSPOT* 36: 8–9.

- Gonseth Y, Monnerat C (2002) **Rote Liste der gefährdeten Libellen der Schweiz**. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern; Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Vollzug Umwelt: 46 S.
- Gonseth Y, Geiger W (1987) **Atlas de distribution des papillons diurnes de Suisse (Lepidoptera Rhopalocera): (avec liste rouge)**. Neuchâtel: Centre suisse de cartographie de la faune.
- Goulson D (2019) **Insect declines and why they matter. A report commissioned by the South West Wildlife Trusts**. <https://www.suffolkwildlifetrust.org/news/insect-declines-and-why-they-matter>
- Goulson D, Hanley ME, Darvill B, Ellis JS, Knight ME (2005) **Causes of rarity in bumblebees**. *Biological Conservation* 122: 1–8.
- Graf R, Korner P, Birrer S (2014) **Bewässerungsanlagen als Ursache für die Nutzungsintensivierung von Grünland im Engadin**. *Agrarforschung Schweiz* 5: 406–413.
- Grubisic M, van Grunsven RHA, Kyba CCM, Manfrin A, Hölker F (2018) **Insect declines and agroecosystems: does light pollution matter?** *Annals of Applied Biology* 173: 180–189.
- Gubler L, Ismail SA, Seidl I (2020) **Biodiversitätsschädigende Subventionen in der Schweiz**. Grundlagenbericht. WSL Berichte 96. 216 S.
- Guntern J, Baur B, Ingold K, Stamm C, Widmer I, Wittmer I, Altermatt F (2021) **Pestizide: Auswirkungen auf Umwelt, Biodiversität und Ökosystemleistungen**. *Swiss Academies Factsheets* 16 (2).
- Guntern J, Eichler A, Hagedorn F, Pellissier L, Schwikowski M, Seehausen O, Stamm C, van der Heijden MGA, Waldner P, Widmer I, Altermatt F (2020) **Übermäßige Stickstoff- und Phosphoreinträge schädigen Biodiversität, Wald und Gewässer**. *Swiss Academies Factsheet* 15 (8).
- Guntern J, Lachat T, Pauli D, Fischer M (2013) **Flächenbedarf für die Erhaltung der Biodiversität und der Ökosystemleistungen in der Schweiz**. *Forum Biodiversität Schweiz der Akademie der Naturwissenschaften (SCNAT)*, Bern.
- Guyot C, Birrer S, Jenni L (2018) **Gibt es Daten zum Rückgang der Insektenbiomasse in der Schweiz? Kurzfassung der Resultate aus Literaturrecherche und Interviews von Fachpersonen**. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Habel JC, Samways MJ, Schmitt T (2019) **Mitigating the precipitous decline of terrestrial European insects: Requirements for a new strategy**. *Biodiversity and Conservation* 28: 1343–1360.
- Habel JC, Trusch R, Schmitt T, Ochse M, Ulrich W (2019) **Long-term large-scale decline in relative abundances of butterfly and burnet moth species across south-western Germany**. *Scientific Reports* 9: 14921.
- Habel JC, Schmitt T (2018) **Vanishing of the common species: Empty habitats and the role of genetic diversity**. *Biological Conservation* 218: 211–216.
- Habel JC, Segerer A, Ulrich W, Torchyk O, Weisser WW, Schmitt T (2016) **Butterfly community shifts over two centuries**. *Conservation Biology* 30: 754–762.
- Haddaway NR, Grames EM, Boyes DH, Saunders ME, Taylor NG (2020) **What evidence exists on conservation actions to conserve insects? A protocol for a systematic map of literature reviews**. *Environmental Evidence* 9: 30.
- Haeseler V (1993) **Bienen als Indikatoren zur Beurteilung von (geplanten) Eingriffen**. *Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*, 636: 197–205.
- Hafner A, Rieder J (2010) **Heuschrecken im Seebachtal**. *Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft* 64: 155–165.
- Hafner A, Rieder J (2010) **Libellen im Seebachtal**. *Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft* 64: 183–196.
- Hall DM, Camilo GR, Tonietto RK, Ollerton J, Ahn K, Arduser M, Ascher JS, Baldock KCR, Fowler R, Frankie G, Goulson D, Gunnarsson B, Hanley ME, Jackson JJ, Langelotto G, Lowenstein D, Minor ES, Philpott SM, Potts SG, Sirohi MH, Spevak EM, Stone GN, Threlfall CG (2017) **The city as a refuge for insect pollinators**. *Conservation Biology* 31: 24–29.
- Hallmann CA, Ssymank A, Sorg M, Kroon H De, Jongejans E (2021) **Insect biomass decline scaled to species diversity: General patterns derived from a hoverfly community**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118: 1–8.
- Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, Stenmans W, Müller A, Sumser H, Hörren T, Goulson D, de Kroon H (2017) **More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas**. *PLoS ONE* 12: e0185809.
- Hallmann CA, Foppen RPB, van Turnhout CAM, de Kroon H, Jongejans E (2014) **Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations**. *Nature* 511: 341–343.
- Hanski I (1999) **Metapopulation Ecology**. Oxford: Oxford University Press.
- Harris JE, Rodenhouse NL, Holmes RT (2019) **Decline in beetle abundance and diversity in an intact temperate forest linked to climate warming**. *Biological Conservation* 240: 108219.
- Harvey JA, Heinen R, Armbrrecht I, Basset Y, Baxter-Gilbert JH, Bezemer TM, Böhm M, Bommarco R, Borges PAV, Cardoso P, Clausnitzer V, Cornelisse T, Crone EE, Dicke M, Dijkstra K-DB, Dyer L, Eilers J, Fartmann T, Forister ML, Furlong MJ, Garcia-Aguayo A, Gerlach J, Gols R, Goulson D, Habel JC, Haddad NM, Hallmann CA, Henriques S, Herberstein ME, Hochkirch A, Hughes AC, Jepsen S, Jones TH, Kaydan BM, Kleijn D, Klein A-M, Latty T, Leather SR, Lewis SM, Lister BC, Losey JE, Lowe EC, Macadam CR, Montoya-Lerma J, Nagano CD, Ogan S, Orr MC, Painting CJ, Pham T-H, Potts SG, Rauf A, Roslin TL, Samways MJ, Sanchez-Bayo F, Sar SA, Schultz CB, Soares AO, Thancharoen A, Tscharnkte T, Tylanakis JM, Umbers KDL, Vet LEM, Visser ME, Vujic A, Wagner DL, WallisDeVries MF, Westphal C, White TE, Wilkins VL, Williams PH, Wyckhuys KAG, Zhu Z-R, de Kroon H (2020) **International scientists formulate a roadmap for insect conservation and recovery**. *Nature Ecology & Evolution* 4: 174–176.
- Hayes TB, Hansen M (2017) **From silent spring to silent night: Agrochemicals and the anthropocene**. *Elementa: Science of the Anthropocene* 5: 57.
- Hefti D, Tomka I (1991) **Mayflies communities in a prealpine stream system of Switzerland**. *Aquatic Sciences* 53: 20–38.
- Hegetschweiler T (2003) **Landschaftsveränderungen und deren Auswirkungen auf das Tagfaltervorkommen von 1870 bis 1970 in der Gemeinde St. Gallen**. Praktikumsbericht Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.
- Helmuth B, Russell BD, Connell SD, Dong Y, Harley CDG, Lima FP, Sará G, Williams GA, Mieszowska N (2014) **Beyond long-term averages: making biological sense of a rapidly changing world**. *Climate Change Responses* 1: 6.
- Henry M, Béguin M, Requier F, Rollin O, Odoux J-F, Aupinel P, Aptel J, Tchamitchian S, Decourtye A (2012) **A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees**. *Science* 336: 348–350.
- Hoess R (2015) **Faunenwandel der Libellen (Odonata) am Moossee (BE) während der letzten 140 Jahre unter dem Einfluss anthropogener Eingriffe**. *Entomo Helvetica* 8: 29–39.
- Hohl M (2006) **Spatial and temporal variation of grasshopper and butterfly communities in differently managed semi-natural grasslands of the Swiss Alps**. Dissertation ETH-Zürich.

Les buprestes sont des insectes particulièrement colorés. C'est le cas de l'anthaxie du saule (*Anthaxia salicis*), qui se distingue par son coloris métallique et sa petite taille (5 à 8 mm). Tandis que les adultes de nombreuses espèces de buprestes se nourrissent principalement de pollen et de pétales, les larves se développent dans du bois vivant et figurent par conséquent parmi les espèces de coléoptères dites xylobiontes.



- Holzschuh A, Dudenhöffer J-H, Tschamntke T (2012) **Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry.** *Biological Conservation* 153: 101–107.
- Humbert J-Y, Richner N, Sauter J, Walter T, Ghazoul J (2010) **Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna.** *ART-Bericht* 724: 1–12.
- Humbert J-Y, Ghazoul J, Walter T (2009) **Meadow harvesting techniques and their impacts on field fauna.** *Agriculture Ecosystems and Environment* 130: 1–8.
- Hutter P, Roth T, Martinez N, Stucki P, Litsios G (2019) **Fliessgewässer-Fauna unter Druck (Erste Trends aus dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM)).** *Aqua & Gas* 7/8: 45–51.
- Huwiler S, Plattner M, Roth T (2012) **Modellierung der Tagfaltervielfalt im Schweizer Alpenraum: Mehr als ein Drittel der Tagfalter-Hot-Spots liegt in gesetzlich geschützten Trockenwiesen.** *Natur und Landschaft* 87: 298–304.
- Imesch N, Spaar R, Stöckli B (2020) **Aktionsplan zur Zielartenförderung im lichten Wald. Anleitung zur Kopplung der Zielarten- und Lebensraumförderung.** *InfoSpecies und AG Waldbiodiversität SFV*, 23 S.
- Imesch N, Stadler B, Bolliger M, Schneider O (2015) **Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald.** Bundesamt für Umwelt, Bern. *Umwelt-Vollzug Nr. 1503*: 186 S.
- Ineichen S (2001) **Ein Hundertstel überlebte.** *Ornis* 4: 10–13.
- info fauna – Schweizerisches Zentrum für die Kartografie der Fauna (SZKF / CSCF) (2021) **Käfer.** <http://www.cscf.ch/cscf/de/home/fauna-der-schweiz/kafer.html>
- info fauna – Schweizerisches Zentrum für die Kartografie der Fauna (SZKF / CSCF) (2019) **Übersicht der Käferfamilien.** [http://www.cscf.ch/cscf/Kaefer\\_Familien](http://www.cscf.ch/cscf/Kaefer_Familien).
- IPBES (2019) **Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.** Brondizio ES, Settele J, Díaz S, Ngo HT (eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1144 p.
- IPBES (2016) **The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production.** Potts SG, Imperatriz-Fonseca VL, Ngo HT (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 p.
- IPCC (2013) **Summary for Policymakers.** In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Ives CD, Lentini PE, Threlfall CG, Ikin K, Shanahan DF, Gerrard GE, Bekessy SA, Fuller RA, Mumaw L, Rayner L, Rowe R, Valentine LE, Kendal D (2016) **Cities are hotspots for threatened species.** *Global Ecology and Biogeography* 25: 117–126.
- Jaeger JAG, Schwick C (2014) **Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (WUP) and its application to Switzerland.** *Ecological Indicators* 38: 294–308.
- Jähniq SC, Baranov V, Altermatt F, Cranston P, Friedrichs-Manthey M, Gesit J, He F, Heino J, Hering D, Hölker F, Jourdan J, Kalinkat G, Kiesel J, Leese F, Maasri A, Monaghan MT, Schäfer RB, Trockner K, Tonkin JD, Domisch S (2021) **Revisiting global trends in freshwater insect biodiversity.** *WIREs Water* 8: e1506.
- Jakoby O, Wermelinger B (2015) **Online-Prognose zur Borkenkäferentwicklung für die Schweiz.** *Wald und Holz* 96: 17.
- Jakoby O, Wermelinger B, Stadelmann G, Lischke H (2015) **Borkenkäfer im Klimawandel – Modellierung des künftigen Befallsrisikos durch den Buchdrucker (Ips typographus).** Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, 45 S.
- Janzen DH, Hallwachs W (2019) **Perspective: Where might be many tropical insects?** *Biological Conservation* 233: 102–108.
- Jarvis B (2018) **The insect apocalypse is here.** *The New York Times*.
- Jeanros B, Bertola C (2001) **Auswirkung der Beregnung auf Dauerwiesen einer Bergregion.** *Agrarforschung Schweiz* 8: 174–179.
- Kadlec T, Vrba P, Kepka P, Schmitt T, Konvička M (2010) **Tracking the decline of the once-common butterfly: delayed oviposition, demography and population genetics in the hermit Chazara briseis.** *Animal Conservation* 13:172–183.
- Kaelin K, Altermatt F (2016) **Landscape-level predictions of diversity in river networks reveal opposing patterns for different groups of macroinvertebrates.** *Aquatic Ecology* 50: 283–295.
- Kanton Aargau (2019) **Langfristüberwachung der Artenvielfalt in der Normallandschaft des Kantons Aargau (LANAG) – Resultate 2019.**
- Keith DA, Rodríguez JP, Rodríguez-Clark KM, Nicholson E, Aapala K, Alonso A, Asmussen M, Bachman S, Basset A, Barrow EG, Benson JS, Bishop MJ, Bonifacio R, Brooks TM, Burgman MA, Comer P, Comín FA, Essl F, Faber-Langendoen D, Fairweather PG, Holdaway RJ, Jennings M, Kingsford RT, Lester RE, Mac Nally R, McCarthy MA, Moat J, Oliveira-Miranda MA, Pisanu P, Poulin B, Regan TJ, Riecken U, Spalding MD, Zambrano-Martínez S (2013) **Scientific Foundations for an IUCN Red List of Ecosystems.** *PLoS ONE* 8: e62111.
- Keller V, Gerber A, Schmid H, Volet B, Zbinden N (2010) **Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010.** Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizerische Vogelwarte, Sempach. *Umwelt-Vollzug Nr. 1019*. 53 S.
- Keller WCF, Keller-Stänz S, Gloor P, Kopp A, Dürr W (2000) **Neue Erkenntnisse über die Veränderungen der Tag- und Nachtfalterfauna (Lepidoptera) in der Region Rehetobel AR im 20. Jahrhundert.** *Berichte der St.Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft* 89: 155–206.
- Keller WCF (1994) **Veränderungen der Insektenwelt am Beispiel der Lepidoptera (Tag- und Nachtfalter) in der Region Rehetobel/AR zwischen Anfang des 20. Jahrhunderts (1906–1936) und heute.** *Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft* 87: 153–163.
- Kennedy CM, Lonsdorf E, Neel MC, Williams NM, Ricketts TH, Winfree R, Bommarco R, Brittain C, Burley AL, Cariveau D, Carvalheiro LG, Chacoff NP, Cunningham SA, Danforth BN, Dudenhöffer J-H, Elle E, Gaines HR, Garibaldi LA, Gratton C, Holzschuh A, Isaacs R, Javorek SK, Jha S, Klein AM, Krewenka K, Mandelik Y, Mayfield MM, Morandin L, Neame LA, Otieno M, Park M, Potts SG, Rundlöf M, Saez A, Steffan-Dewenter I, Taki H, Viana BF, Westphal C, Wilson JK, Greenleaf SS, Kremen C (2013) **A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems.** *Ecology Letters* 16: 584–599.
- Kerr JT, Pindar A, Galpern P, Packer L, Potts SG, Roberts SM, Rasmont P, Schweiger O, Colla SR, Richardson LL, Wagner DL, Gall LF, Sikes DS, Pantoja A (2015) **Climate change impacts on bumblebees converge across continents.** *Science* 349: 177–180.
- Kiefer I, Steinsberger T, Wüest A, Müller B (2020) **Sauerstoffzehrung in Seen.** *Aqua & Gas* 7/8: 62–70.
- Kiser K (2006) **Tagaktive Grossschmetterlinge als Bioindikatoren zur Erfolgskontrolle.** *Naturforschung in Obwalden und Nidwalden* 4.
- Klaus G, Gattlen N (2016) **Natur schaffen: ein praktischer Ratgeber zur Förderung der Biodiversität in der Schweiz.** 1. Auflage. Bern: Haupt Verlag.

- Kleijn D, Kohler F, Báldi A, Batáry P, Concepción ED, Clough Y, Díaz M, Gabriel D, Holzschuh A, Knop E, Kovács A, Marshall EJP, Tschardt T, Verhulst J (2009) **On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe**. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 276: 903–909.
- Klein AM, Steffan-Dewenter I, Tschardt T (2003) **Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees**. Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences 270: 955–961.
- Klein RJT, Nicholls RJ, Thomalla F (2003) **The resilience of coastal megacities to weather-related hazards: a review**. In: Kreimer A, Arnold M, Carlin A (eds.) Building safer cities: The future of disaster risk, Disaster Risk Management Series No. 3, Washington, DC, 101–120.
- Knaus P, Antoniazza S, Wechsler S, Guélat J, Kéry M, Strebel N, Sattler T (2018) **Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016: Verbreitung und Bestandentwicklung der Vögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein**. Sempach: Schweizerische Vogelwarte.
- Knispel S, Lubini V (2015) **Assessing the stability of stonefly (Plecoptera) biodiversity in the Swiss National Park**. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 88: 257–271.
- Knoblauch A, Zaugg-Unternährer D, De Sassi C (2020) **Das «Insektensterben» und der Wald**. Zürcher Wald 1: 4–7.
- Knop E, Zoller L, Ryser R, Gerpe C, Hörler M, Fontaine C (2017) **Artificial light at night as a new threat to pollination**. Nature 548: 206–209.
- Knop E (2016) **Biotic homogenization of three insect groups due to urbanization**. Global Change Biology 22: 228–236.
- Knop E, Herzog F, Schmid B (2011) **Effect of connectivity between restoration meadows on invertebrates with contrasting dispersal abilities**. Restoration Ecology 19: 151–159.
- Kosior A, Celary W, Olejniczak P, Fijał J, Król W, Solař W, Plonka P (2007) **The decline of the bumble bees and cuckoo bees (Hymenoptera: Apidae: Bombini) of Western and Central Europe**. Oryx 41: 79–88.
- Kremen C, Williams NM, Aizen MA, Gemmill-Herren B, LeBuhn G, Minckley R, Packer L, Potts SG, Roulston T, Steffan-Dewenter I, Vázquez DP, Winfree R, Adams L, Crone EE, Greenleaf SS, Keitt TH, Klein AM, Regetz J, Ricketts TH (2007) **Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change**. Ecology Letters 10: 299–314.
- Krosby M, Wilsey CB, McGuire JL, Duggan JM, Nogueira TM, Heinrichs JA, Tewksbury JJ, Lawler JJ (2015) **Climate-induced range overlap among closely related species**. Nature Climate Change 5: 883–886.
- Lachat T, Brang P, Bolliger M, Bollmann K, Brändli U-B, Büttler R, Herrmann S, Schneider O, Wermelinger B (2019) **Totholz im Wald – Entstehung, Bedeutung und Förderung**. 2. überarbeitete Auflage. Merkblatt für die Praxis 52: 1–12.
- Lachat T, Ecker K, Duelli P, Wermelinger B (2013) **Population trends of Rosalia alpina (L.) in Switzerland: a lasting turnaround?** Journal of Insect Conservation 17: 653–662.
- Lachat T, Pauli D, Gonseth Y, Klaus G, Scheidegger C, Vittoz P, Walter T (Red.) (2010) **Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht?** Bern: Haupt Verlag.
- Landis DA, Wratten SD, Gurr GM (2000) **Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture**. Annual Review of Entomology 45: 175–201.
- Leandro C, Jay-Robert P, Vergnes A (2017) **Bias and perspectives in insect conservation: A European scale analysis**. Biological Conservation 215: 213–224.
- Leuthold W (2009) **Libellen (Odonata) im Neeracherried (Kanton Zürich) – Das Artenspektrum und seine Veränderungen in 20 Jahren**. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 154: 21–29.
- Lippert C, Feuerbacher A, Narjes M (2021) **Revisiting the economic valuation of agricultural losses due to large-scale changes in pollinator populations**. Ecological Economics 180: 106860.
- Longcore T, Aldern HL, Eggers JF, Flores S, Franco L, Hirshfield-Yamanishi E, Petrinc LN, Yan WA, Barroso AM (2015) **Tuning the white light spectrum of light emitting diode lamps to reduce attraction of nocturnal arthropods**. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 370: 20140125.
- Losey JE, Vaughan M (2006) **The economic value of ecological services provided by insects**. BioScience 56: 311–323.
- Lubini V, Knispel S, Sartori M, Vicentini H, Wagner A (2012) **Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010**. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1212: 111 S.
- Lumaret JP, Galante E, Lumbreras C, Mena J, Bertrand M, Bernal JL, Cooper JF, Kadiri N, Crowe D (1993) **Field effects of ivermectin residues on dung beetle**. Journal of Applied Ecology 30: 428–436.
- Lütolf M, Guisan A, Kienast F (2009) **History matters: Relating land-use change to butterfly species occurrence**. Environmental Management 43: 436–446.
- Ma G, Rudolf VHW, Ma C (2014) **Extreme temperature events alter demographic rates, relative fitness, and community structure**. Global Change Biology 21: 1794–1808.
- Macadam CR, Stockan JA (2015) **More than just fish food: ecosystem services provided by freshwater insects**. Ecological Entomology 40, 113–123.
- Maeder P, Fliessbach A, Dubois D, Gunst L, Fried P, Niggli U (2002) **Soil fertility and biodiversity in organic farming**. Science 296: 1694–1697.
- Mallinger RE, Gratton C (2015) **Species richness of wild bees, but not the use of managed honeybees, increases fruit set of a pollinator-dependent crop**. Journal of Applied Ecology 52: 323–330.
- Marent T (2020) **Die schönsten Insekten der Schweiz: eine gefährdete Welt entdecken**. 1. Auflage. LandLiebe-Edition.
- Marshall EJP, Brown VK, Boatman ND, Lutman PJW, Squire GR, Ward LK (2003) **The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields**. Weed Research 43: 77–89.
- McLaughlin JF, Hellmann JJ, Boggs CL, Ehrlich PR (2002) **Climate change hastens population extinctions**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 99: 6070–6074.
- Meier E, Lüscher G, Buholzer S, Herzog F, Indermaur A, Riedel S, Winizki J, Hofer G, Knop E (2021) **Zustand der Biodiversität in der Schweizer Agrarlandschaft: Zustandsbericht ALL-EMA 2015–2019**. Agroscope Science 111: 1–88.
- Meier C (1989) **Die Libellen der Kantone Zürich und Schaffhausen**. Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen 41: 1–124.
- Merz B (2012) **Liste annotée des insectes (Insecta) du canton de Genève**. Instrumenta Biodiversitatis 8. Muséum d'histoire naturelle, Genève, 532 p.
- Mitchell EAD, Mulhauser B, Mulot M, Mutabazi A, Glauser G, Aebi A (2017) **A worldwide survey of neonicotinoids in honey**. Science 358: 109–111.
- Mollet P, Zbinden N, Schmid H (2009) **Steigende Bestandszahlen bei Spechten und anderen Vogelarten dank Zunahme von Totholz?** Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen 160: 334–340.
- Monnerat C (2016) **Les Libellules (Odonata) du plan d'eau temporaire de Lavigny (VD)**. Entomo Helvetica 9: 79–93.



Les fourmis rousses des bois (*Formica rufa*) appartiennent à l'ordre riche en espèces des hyménoptères. Cet ordre d'insectes compte de nombreuses espèces sociales (fourmis, abeilles, guêpes) présentant une nette répartition du travail entre les individus. Deux ouvrières sont représentées ici dans une attitude défensive. Elles défendent leur nid à l'aide d'acide formique et protègent ainsi la reine et sa couvée à l'intérieur.

- Monnerat C, Barbalat S, Lachat T, Gonthier Y (2016) **Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter. Gefährdete Arten der Schweiz.** Bundesamt für Umwelt, Bern; InfoFauna–CSCF, Neuenburg; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Umwelt-Vollzug Nr.1622: 118 S.
- Monnerat C, Thorens P, Walter T, Gonthier Y (2007) **Rote Liste der Heuschrecken der Schweiz.** Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug 0719: 62 S.
- Montgomery GA, Belitz MW, Guralnick RP, Tingley MW (2021) **Standards and best practices for monitoring and benchmarking insects.** *Frontiers in Ecology and Evolution* 8: 579193.
- Montgomery GA, Dunn RR, Fox R, Jongejans E, Leather SR, Saunders ME, Shortall CR, Tingley MW, Wagner DL (2020) **Is the insect apocalypse upon us? How to find out.** *Biological Conservation* 241: 108327.
- Müller J, Bussler H, Gossner M, Rettelbach T, Duelli P (2008) **The European spruce bark beetle *Ips typographus* in a national park: from pest to keystone species.** *Biodiversity and Conservation* 17: 2979–3001.
- Neeracher F (1910) **Die Insektenfauna des Rheins und seiner Zuflüsse bei Basel.** *Revue Suisse de Zoologie* 18: 497–590.
- Nickel H, Reisinger E, Sollmann R, Unger C (2016) **Aussergewöhnliche Erfolge des zoologischen Artenschutzes durch extensive Ganzjahresbeweidung mit Rindern und Pferden: Ergebnisse zweier Pilotstudien an Zikaden in Thüringen, mit weiteren Ergebnissen zu Vögeln, Reptilien und Amphibien.** *Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen* 53: 5–20.
- Nieto A, Roberts SPM, Kemp J, Rasmont P, Kuhlmann M, García Criado M, Biesmeijer JC, Bogusch P, Dathe HH, De la Rúa P, De Meulemeester T, Dehon M, Dewulf A, Ortiz-Sánchez FJ, Lhomme P, Pauly A, Potts SG, Praz C, Quaranta M, Radchenko VG, Scheuchl E, Smit J, Straka J, Terzo M, Tomozii B, Window J, Michez D (2014) **European Red List of bees.** Luxembourg: Publication Office of the European Union.
- Nilsson SG, Franzén M, Jönsson E (2008) **Long-term land-use changes and extinction of specialised butterflies.** *Insect Conservation and Diversity* 1: 197–207.
- Noriega JA, Hortal J, Azcárate FM, Berg MP, Bonada N, Briones MJI, Del Toro I, Goulson D, Ibanez S, Landis DA, Moretti M, Potts SG, Slade EM, Stout JC, Ulyshen MD, Wackers FL, Woodcock BA, Santos AMC (2018) **Research trends in ecosystem services provided by insects.** *Basic and Applied Ecology* 26: 8–23.
- Oertli S, Müller A, Dorn S (2005) **Ecological and seasonal patterns in the diversity of a species-rich bee assemblage (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes).** *European Journal of Entomology* 102: 53–63.
- Olf H, Ritchie ME (1998) **Effects of herbivores on grassland plant diversity.** *Trends in Ecology & Evolution* 13: 261–265.
- Oliver TH, Isaac NJB, August TA, Woodcock BA, Roy DB, Bullock JM (2015) **Declining resilience of ecosystem functions under biodiversity loss.** *Nature Communications* 6: 10122.
- Ollerton J, Winfree R, Tarrant S (2011) **How many flowering plants are pollinated by animals?** *Oikos* 120: 321–326.
- Owens ACS, Lewis SM (2018) **The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis.** *Ecology and Evolution* 8: 11337–11358.
- Pearse IS, Altermatt F (2013) **Predicting novel trophic interactions in a non-native world.** *Ecology Letters* 16: 1088–1094.
- Peñuelas J, Poulter B, Sardans J, Ciais P, Van Der Velde M, Bopp L, Boucher O, Godderis Y, Hinsinger P, Llusia J, Nardin E, Vicca S, Obersteiner M, Janssens IA (2013) **Human-induced nitrogen-phosphorus imbalances alter natural and managed ecosystems across the globe.** *Nature Communications* 4: 2934.
- Pérez-Méndez N, Andersson GKS, Requier F, Hipólito J, Aizen MA, Morales CL, García N, Gennari GP, Garibaldi LA (2020) **The economic cost of losing native pollinator species for orchard production.** *Journal of Applied Ecology* 57: 599–608.
- Phillips BB, Gaston KJ, Bullock JM, Osborne JL (2019) **Road verges support pollinators in agricultural landscapes, but are diminished by heavy traffic and summer cutting.** *Journal of Applied Ecology* 56: 2316–2327.
- Pisa L, Goulson D, Yang E-C, Gibbons D, Sánchez-Bayo F, Mitchell E, Aebi A, van der Sluijs J, MacQuarrie CJK, Giorio C, Long EY, McField M, van Lexmond MB, Bonmatin J-M (2017) **An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic insecticides. Part 2: impacts on organisms and ecosystems.** *Environmental Science and Pollution Research* 28: 11749–11797.
- Pisa LW, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin JM, Downs CA, Goulson D, Kreuzweiser DP, Krupke C, Liess M, McField M, Morrissey CA, Noome DA, Settele J, Simon-Delso N, Stark JD, Van der Sluijs JP, Van Dyck H, Wiemers M (2015) **Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates.** *Environmental Science and Pollution Research* 22: 68–102.
- Plattner M (2018) **Von Gewinnern und Verlierern: Zustand und Entwicklung der Tagfaltervielfalt im Thurgau seit 2009.** *Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft* 69: 55–71.
- Platts PJ, Mason SC, Palmer G, Hill JK, Oliver TH, Powney GD, Fox R, Thomas CD (2019) **Habitat availability explains variation in climate-driven range shifts across multiple taxonomic groups.** *Scientific Reports* 9: 15039.
- Pollard E, Yates TJ (1993) **Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation.** Chapman & Hall, London.
- Poniatowski D, Stuhldreher G, Löffler F, Fartmann T (2018) **Patch occupancy of grassland specialists: Habitat quality matters more than habitat connectivity.** *Biological Conservation* 225: 237–244.
- Poniatowski D, Fartmann T (2010) **What determines the distribution of a flightless bush-cricket (Metrioptera brachyptera) in a fragmented landscape?** *Journal of Insect Conservation* 14: 637–645.
- Poschlod P (2015) **Geschichte der Kulturlandschaft.** Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Reid ML, Sekhon JK, LaFramboise LM (2017) **Toxicity of monoterpene identity, diversity, and concentration to mountain pine beetles, *Dendroctonus ponderosae*: beetle traits matter more.** *Journal of Chemical Ecology* 43: 351–361.
- Rezbanyai-Reser L (2003) **Zur Nachtgrossfalterfauna vom Berner Seeland (Ins, Landwirtschaftliche Schule, 433 m) (Lepidoptera: "Macroheterocera").** *Entomologische Berichte Luzern* 49: 45–148.
- Rhim B, Künzle T (2019) **Mapping Nitrogen Deposition 2015 for Switzerland.** Technical Report on the Update of Critical Loads and Exceedance, including the years 1990, 2000, 2005 and 2010.
- Riedener E, Rusterholz H-P, Baur B (2013) **Effects of different irrigation systems on the biodiversity of species-rich hay meadows.** *Agriculture, Ecosystems and Environment* 164: 62–69.
- Ripple WJ, Wolf C, Newsome TM, Barnard P, Moomaw WR (2019) **World Scientists' Warning of a Climate Emergency.** *BioScience* 70: 8–12.
- Rochat E, Manel S, Deschamps-Cottin M, Widmer I, Joost S (2017) **Persistence of butterfly populations in fragmented habitats along urban density gradients: motility helps.** *Heredity* 119: 328–338.
- Rösch A, Beck B, Hollender J, Stamm C, Singer H, Doppler T, Junghans M (2019) **Geringe Konzentrationen mit grosser Wirkung. Nachweis von Pyrethroid- und Organophosphatsektiziden in Schweizer Bächen im pg I-I-Bereich.** *Aqua & Gas* 99: 54–66.
- Roth T, Kohli L, Rihm B, Meier R, Amrhein V (2021a) **Negative effects of nitrogen deposition on Swiss butterflies.** *Conservation Biology*. Early View (<https://doi.org/10.1111/cobi.13744>).

- Roth T, Plattner M, Sartori L, Gonseth Y (2021b) **Tagfalter-Index: Kälteliebende Arten werden seltener. Ergebnisse aus den nationalen Monitoringprogrammen.** *HOTSPOT* 43: 26–27.
- Roth T, Plattner M, Amrhein V (2014) **Plants, birds and butterflies: short-term responses of species communities to climate warming vary by taxon and with altitude.** *PLoS ONE*: 9: e82490.
- Roth T, Amrhein V, Peter B, Weber D (2008) **A Swiss agri-environment scheme effectively enhances species richness for some taxa over time.** *Agriculture, Ecosystems and Environment* 125: 167–172.
- Sánchez-Bayo F, Wyckhuys KAG (2019) **Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers.** *Biological Conservation* 232: 8–27.
- Sauberer N, Moser D, Grabherr G, Berg H-M (2008) **Biodiversität in Österreich: räumliche Muster und Indikatoren der Arten- und Lebensraumvielfalt.** Bristol-Stiftung, Ruth-und-Herbert-Uhl-Forschungsstelle für Natur- und Umweltschutz.
- Saunders ME, Janes JK, O'Hanlon JC (2020a) **Semantics of the insect decline narrative: recommendations for communicating insect conservation to peer and public audiences.** *Insect Conservation and Diversity* 13: 211–213.
- Saunders ME, Janes JK, O'Hanlon JC (2020b) **Moving on from the insect apocalypse narrative: engaging with evidence-based insect conservation.** *BioScience* 70: 80–89.
- Schaefer M (2012) **Wörterbuch der Ökologie.** 5. Auflage, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Scheffers BR, De Meester L, Bridge TCL, Hoffmann AA, Pandolfi JM, Corlett RT, Butchart SHM, Pearce-Kelly P, Kovacs KM, Dudgeon D, Pacifici M, Rondinini C, Foden WB, Martin TG, Mora C, Bickford D, Watson JEM (2016) **The broad footprint of climate change from genes to biomes to people.** *Science* 354: aaf7671.
- Scheidegger C, Bergamini A, Bürgi M, Holderegger R, Lachat T, Schnyder Norbert, Senn-Irlet B, Wermelinger B, Bollmann K (2010) **Waldwirtschaft.** In: Lachat et al. (Hrsg.) *Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900.* Bern: Haupt Verlag, S. 124–160.
- Scherber C, Reininghaus H, Brandmeier J, Everwand G, Gagić V, Greiwe T, Kormann UG, Meyer M, Nagelsdiek S, Rösch V, Sobek-Swant S, Thies C, Ott D (2019) **Insektenvielfalt und ökologische Prozesse in Agrar- und Waldlandschaften.** *Natur und Landschaft* 94: 245–254.
- Schiess H, Schiess-Bühler C (1997) **Dominanzminderung als ökologisches Prinzip: eine Neubewertung der ursprünglichen Waldnutzungen für den Arten- und Biotopschutz am Beispiel der Tagfalterfauna eines Auenwaldes in der Nordschweiz.** *Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft* 72: 3–127.
- Schiess-Bühler C (1993) **Tagfalter im Schaffhauser Randen.** *Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen* 45: 1–71.
- Schirmel J, Bundschuh M, Entling MH, Kowarik I, Buchholz S (2016) **Impacts of invasive plants on resident animals across ecosystems, taxa, and feeding types: a global assessment.** *Global Change Biology* 22: 594–603.
- Schlegel J, Schnetzler S (2018) **Heuschrecken (Orthoptera) in Biodiversitätsförderflächen der voralpinen Kulturlandschaft Schönenbergs (Schweiz, Kanton Zürich) mit Trends seit 1990.** *Alpine Entomology* 2: 77–100.
- Schmid-Egger C (1995) **Die Eignung von Stechimmen (Hymenoptera: Aculeata) zur naturschutzfachlichen Bewertung am Beispiel der Weinbergslandschaft im Enzval und im Stromberg (nordwestliches Baden-Württemberg).** Göttingen: Cuvillier.
- Schmidt BR (2017) **Verbesserungsbedarf bei den Roten Listen.** *Hotspot* 36: 18–19.
- Schoof N, Luick R (2019) **Antiparasitika in der Weidetierhaltung: Ein unterschätzter Faktor des Insektenrückgangs?** *Naturschutz und Landschaftsplanung* 51: 486–492.
- Schoville SD, Widmer I, Deschamps-Cottin M, Lizée M-H, Després L, Rioux D, Gielly L, Manel S (2013) **Morphological clines and weak drift along an urbanization gradient in the butterfly, *Pieris rapae*.** *PLoS ONE* 8: e83095.
- Schowalter TD, Noriega JA, Tscharntke T (2018) **Insect effects on ecosystem services—Introduction.** *Basic and Applied Ecology* 26: 1–7.
- Schowalter TD (2012) **Insect herbivore effects on forest ecosystem services.** *Journal of Sustainable Forestry* 31: 518–536.
- Schuldt A, Ebeling A, Kunz M, Staab M, Guimarães-Steinicke C, Bachmann D, Buchmann N, Durka W, Fichtner A, Fornoff F, Härdtle W, Hertzog LR, Klein A-M, Roscher C, Schaller J, von Oheimb G, Weigelt A, Weisser W, Wirth C, Zhang J, Bruelheide H, Eisenhauer N (2019) **Multiple plant diversity components drive consumer communities across ecosystems.** *Nature Communications* 10: 1460.
- Schweizerischer Bund für Naturschutz (1987) **Tagfalter und ihre Lebensräume: Arten, Gefährdung, Schutz.**
- Schweizerischer Bundesrat (2016) **Strategie der Schweiz zu invasiven gebietsfremden Arten. Beilage zum Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 13.3636 «Stopp der Ausbreitung von invasiven gebietsfremden Arten» von Nationalrat Karl Vogler vom 21.06.2013.** Bern: Bundesamt für Umwelt. 79 S.
- Schweizerischer Bundesrat (2014) **Nationaler Massnahmenplan für die Gesundheit der Bienen.** Bericht des Bundesrates in Erfüllung der Motion der Kommission Umwelt, Raumplanung und Energie (UREK) vom 6. Mai 2013.
- Schweizerischer Bundesrat (2012) **Strategie Biodiversität Schweiz.** Bern, 25.4.2012: 89 S.
- Schweizerische Eidgenossenschaft (2020) **Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz.** Aktionsplan 2020–2025. Bern, 164 S.
- Schweizer Vogelschutz SVS/BirdLife Schweiz (2003) **Kleinstrukturen-Praxismerkblatt 5.** Kopfweiden. 2 S.
- Segeer AH, Rosenkranz E (2018) **Das grosse Insektensterben: Was es bedeutet und was wir jetzt tun müssen.** 2. Auflage, Münschen: oekom.
- Seibold S, Gossner MM, Simons NK, Blüthgen N, Müller J, Ambarlı D, Ammer C, Bauhus J, Fischer M, Habel JC, Linsenmair KE, Nauss T, Penone C, Prati D, Schall P, Schulze E-D, Vogt J, Wöllauer S, Weisser WW (2019) **Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers.** *Nature* 574: 671–674.
- Simon-Delso N, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin JM, Chagnon M, Downs C, Furlan L, Gibbons DW, Giorio C, Girolami V, Goulson D, Kreutzweiser DP, Krupke CH, Liess M, Long E, McField M, Mineau P, Mitchell EAD, Morrissey CA, Noome DA, Pisa L, Settele J, Stark JD, Tapparo A, Van Dyck H, Van Praagh J, Van der Sluijs JP, Whitehorn PR, Wiemers M (2015) **Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites.** *Environmental Science and Pollution Research* 22: 5–34.
- Slade EM, Roslin T, Santalahti, Bell T (2016) **Disentangling the 'brown world' faecal-detritus interaction web: dung beetle effects on soil microbial properties.** *Oikos* 125: 629–635.
- Snyder WE, Clevenger GM, Eigenbrode SD (2004) **Intraguild predation and successful invasion by introduced ladybird beetles.** *Oecologia* 140: 559–565.
- Soroye P, Newbold T, Kerr J (2020) **Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents.** *Science* 367: 685–688.
- Spoelstra K, van Grunsven RHA, Ramakers JJC, Ferguson KB, Raap T, Donners M, Veenendaal EM, Visser ME (2017) **Response of bats to light with different spectra: light-shy and agile bat presence is affected by white and green, but not red light.** *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284: 20170075.

- Spycher S, Teichler R, Vonwyl E, Longrée P, Stamm C, Singer H, Daouk S, Doppler T, Junghans M, Kunz M (2019) **Anhaltend hohe PSM-Belastung in Bächen**. *Aqua & Gas* 4: 14–25.
- Spycher S, Mangold S, Doppler T, Junghans M, Wittmer I, Stamm C, Singer H (2018) **Pesticide risks in small streams—How to get as close as possible to the stress imposed on aquatic organisms**. *Environmental Science & Technology* 52: 4526–4535.
- Stefanescu C, Peñuelas J, Filella I (2009) **Rapid changes in butterfly communities following the abandonment of grasslands: a case study**. *Insect Conservation and Diversity* 2: 261–269.
- Steinmann P (1919) **Zur Kenntnis der Eintagsfliege *Oligoneuria rhenana***. *Mitteilungen der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft* 15: 58–75.
- Stepanian PM, Entrekun SA, Wainwright CE, Mirkovic D, Tank JL, Kelly JF (2020) **Declines in an abundant aquatic insect, the burrowing mayfly, across major North American waterways**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117: 2987–2992.
- Stevens CJ, Dise NB, Mountford JO, Gowing DJ (2004) **Impact of nitrogen deposition on the species richness of grasslands**. *Science* 303: 1876–1879.
- Streitberger M, Ackermann W, Fartmann T, Kriegel G, Ruff A, Balzer S, Nehring S (2016) **Artenschutz unter Klimawandel: Perspektiven für ein zukunftsfähiges Handlungskonzept**. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, Heft 147. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Stroheker S, Vögli I, Bader M, Queloz V (2021) **Befall durch den Buchdrucker (*Ips typographus*) weiterhin hoch**. *Waldschutz Aktuell* 1, 3 S.
- Stroheker S, Forster B, Queloz V (2020) **Zweithöchster je registrierter Buchdruckerbefall (*Ips typographus*) in der Schweiz**. *Waldschutz Aktuell* 1. Birmensdorf: Eid. Forschungsanstalt WSL.
- Stuber M, Bürgi M (2011) **Hüeterbueb und Heitstrahl: traditionelle Formen der Waldnutzung in der Schweiz 1800 bis 2000**. Bern: Haupt Verlag.
- Stuhldreher G, Hermann G, Fartmann T (2014) **Cold-adapted species in a warming world – an explorative study on the impact of high winter temperatures on a continental butterfly**. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 151: 270–279.
- Sutter L, Herzog F, Dietemann V, Charrière JD, Albrecht M (2017) **Nachfrage, Angebot und Wert der Insektenbestäubung in der Schweizer Landwirtschaft**. *Agrarforschung Schweiz*: 332–339.
- SwissLepTeam (2010) **Die Schmetterlinge (Lepidoptera) der Schweiz. Eine kommentierte systematisch-faunistische Liste**. *Fauna Helvetica* 25, CSCF-SEG, Neuchâtel, Schweiz.
- Termaat T, van Strien AJ, van Grunsven RHA, De Knijf G, Bjelke U, Burbach K, Conze KJ, Goffart P, Hepper D, Kalkman VJ, Motte G, Prins MD, Prunier F, Sparrow D, van den Top GG, Vanappelghem C, Winterholler M, WallisDeVries MF (2019) **Distribution trends of European dragonflies under climate change**. *Diversity and Distributions* 25: 936–950.
- Theiling KM, Croft BA (1988) **Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: A database summary**. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 21: 191–218.
- Thomas JA (2016) **Butterfly communities under threat**. *Science* 353: 216–218.
- Tonelli M, Verdu JR, Morelli F, Zunino M (2020) **Dung beetles: functional identity, not functional diversity, accounts for ecological process disruption caused by the use of veterinary medical products**. *Journal of Insect Conservation* 24: 643–654.
- Turrini T, Knop E (2015) **A landscape ecology approach identifies important drivers of urban biodiversity**. *Global Change Biology* 21: 1652–1667.
- UVEK (2019) **Das Insektensterben stoppen – eine Auslegeordnung zuhänden der UREK-N**. Ursachen, Handlungsbedarf, Massnahmen.
- Vallat A, Monnerat C, Tschanz-Godio S, Juillerat L (2020) **Rétablissement des communautés de libellules (*Odonata*) dans les tourbières du Jura neuchâtelois (Suisse)**. *Alpine Entomology* 4: 99–116.
- van Geffen KG, van Eck E, de Boer RA, van Grunsven RHA, Salis L, Berendse F, Veenendaal EM (2015) **Artificial light at night inhibits mating in a Geometric moth**. *Insect Conservation and Diversity* 8: 282–287.
- van Geffen KG, van Grunsven RHA, van Ruijven J, Berendse F, Veenendaal EM (2014) **Artificial light at night causes diapause inhibition and sex-specific life history changes in a moth**. *Ecology and Evolution* 4: 2082–2089.
- van Grunsven RHA, van Deijk JR, Donners M, Berendse F, Visser ME, Veenendaal E, Spoelstra K (2020) **Experimental light at night has a negative long-term impact on macro-moth populations**. *Current Biology* 30: R694–R695.
- van Klink R, Bowler DE, Gongalsky KB, Swengel AB, Gentile A, Chase JM (2020a) **Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances**. *Science* 368: 417–420.
- van Klink R, Bowler DE, Gongalsky KB, Swengel AB, Chase JM (2020b) **Response to Comment on “Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances”**. *Science* 370: eabe0760.
- van Langevelde F, Braamburg-Annegarn M, Huigens ME, Groendijk R, Poitevin O, van Deijk JR, Ellis WN, van Grunsven RHA, de Vos R, Vos RA, Franzén M, WallisDeVries MF (2018) **Declines in moth populations stress the need for conserving dark nights**. *Global Change Biology* 24: 925–932.
- Van Strien AJ, Van Swaay CAM, Van Strien-van Liempt WTFH, Poot MJM, WallisDeVries MF (2019) **Over a century of data reveal more than 80 % decline in butterflies in the Netherlands**. *Biological Conservation* 234: 116–122.
- Vaughn IP, Gotelli NJ (2019) **Water quality improvements offset the climatic debt for stream macroinvertebrates over twenty years**. *Nature Communications* 10: 1956.
- Verein Schmetterlingsförderung im Kanton Zürich (2014) **Tagfalterinventar des Kantons Zürich 2011/12 – Kartierung und Vergleich mit 1990–92**. 76 S.
- Volkart G (2008) **Trockenwiesen und -weiden: Bewässerung**. *Umwelt-Vollzug* Nr. 0813: 4 S.
- Vonlanthen P, Bittner D, Hudson AG, Young KA, Müller R, Lundsgaard-Hansen B, Roy D, Di Piazza S, Largiadèr CR, Seehausen O (2012) **Eutrophication causes speciation reversal in whitefish adaptive radiations**. *Nature* 482: 357–362.
- Vorbrod C, Müller-Rutz J (1911) **Die Schmetterlinge der Schweiz**. K. J. Wyss.
- WallisDeVries MF, van Swaay CAM (2017) **A nitrogen index to track changes in butterfly species assemblages under nitrogen deposition**. *Biological Conservation* 212: 448–453.
- WallisDeVries MF, van Swaay AM (2006) **Global warming and excess nitrogen may induce butterfly decline by microclimatic cooling**. *Global Change Biology* 12: 1620–1626.
- Walter T, Richner N, Meier E, Hoess R (2017) **Laufkäfer in der Aare-Aue Rapperswil, Kanton Aargau, in den ersten fünf Jahren nach der Renaturierung (Coleoptera, Carabidae)**. *Alpine Entomology* 1: 5–15.
- Walter T, Eggenberg S, Gonseth Y, Fivaz F, Hedinger C, Hofer G, Klieber-Kühne A, Richner N, Schneider K, Szerencsits E, Wolf S (2013) **Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft: Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume (OPAL)**. *ART-Schriftenreihe* 18: 1–138.

Walther G-R, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee TJC, Fromentin J-M, Hoegh-Guldberg O, Bairlein F (2002) **Ecological responses to recent climate change**. *Nature* 416: 389–395.

Wermeille E, Chittaro Y, Gonthier Y (2014) **Rote Liste der Tagfalter und Widderchen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2012**. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1403: 97 S.

Wermelinger B (2017) **Insekten im Wald: Vielfalt, Funktionen und Bedeutung**. 1. Auflage, Bern: Haupt Verlag.

Westrich P (2019) **Die Wildbienen Deutschlands**. 2., aktualisierte Auflage, Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

White ER (2018) **Minimum time required to detect population trends: The need for long-term monitoring programs**. *BioScience* 69: 40–46.

Wildermuth H (2016) **Auswirkung der Hochmoorregeneration auf die Libellenfauna (Odonata) des Torfrieds Pfäffikon (ZH)**. *Entomo Helvetica* 9: 41–51.

Wildermuth H (2013) **Entwicklung der Libellenfauna (Odonata) am Husemersee (Kanton Zürich) im Verlauf der letzten 130 Jahre**. *Entomo Helvetica* 6: 7–21.

Wildermuth H, Kury D (2009) **Libellen schützen, Libellen fördern: Leitfaden für die Naturschutzpraxis**. Pro Natura.

Wildermuth H (2008) **Konstanz und Dynamik der Libellenfauna in der Drumlinlandschaft Zürcher Oberland – Rückblick auf 35 Jahre Monitoring**. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 153: 57–66.

Wildermuth H, Gonthier Y, Maibach A (Hrsg.) (2005) **Odonata – Die Libellen der Schweiz**. *Fauna Helvetica* 12, CSCF/SEG, Neuchâtel, Schweiz.

Wilson JF, Baker D, Cheney J, Cook M, Ellis M, Freestone R, Gardner D, Geen G, Hemming R, Hodgson S, Howarth S, Jupp A, Lowe N, Orridge S, Shaw M, Smith B, Turner A, Young H (2018) **A role for artificial night-time lighting in long-term changes in populations of 100 widespread macro-moths in UK and Ireland: a citizen-science study**. *Journal of Insect Conservation* 22: 189–196.

Winfrey R, Fox JW, Williams NM, Reilly JR, Cariveau DP (2015) **Abundance of common species, not species richness, drives delivery of a real-world ecosystem service**. *Ecology Letters* 18, 626–635.

Wittenberg R, Kenis M, Blick T, Hänggi A, Gassmann A, Weber E (2006) **Gebietsfremde Arten in der Schweiz. Eine Übersicht über gebietsfremde Arten und ihre Bedrohung für die biologische Vielfalt und die Wirtschaft in der Schweiz**. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 0629: 154 S.

Wood TJ, Goulson D (2017) **The environmental risks of neonicotinoid pesticides: a review of the evidence post 2013**. *Environmental Science and Pollution Research* 24: 17285–17325.

Woodcock BA, Garratt MPD, Powney GD, Shaw RF, Osborne JL, Soroko J, Lindström SAM, Stanley D, Ouvrard P, Edwards ME, Jauker F, McCracken ME, Zou Y, Potts SG, Rundlöf M, Noriega JA, Greenop A, Smith HG, Bommarco R, van der Werf W, Stout JC, Steffan-Dewenter I, Morandin L, Bullock JM, Pywell RF (2019) **Meta-analysis reveals that pollinator functional diversity and abundance enhance crop pollination and yield**. *Nature Communications* 10: 1481.

Woodward G, Perkins DM, Brown LE (2010) **Climate change in freshwater ecosystems: Impacts across multiple levels of organisation**. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365: 2093–2106.

Wymann H-P (2009) **Die Tagfalter des Berner Oberlandes – eine Zwischenbilanz nach 16 Jahren Feldarbeit**. *Entomo Helvetica* 2: 161–177.

Zulka KP, Götzl M (2015) **Ecosystem services: Pest control and pollination**. In: Steininger K, König M, Bednar-Friedl B, Kranzl L, Loibl W, Pretenthaler F (eds) *Economic evaluation of climate change impacts*. Springer Climate. Springer, Cham.

Zurbuchen A, Müller A (2012) **Wildbienenenschutz: von der Wissenschaft zur Praxis**. Bern: Haupt Verlag.

## Références pour la figure 2.1

- Lachat T, Ecker K, Duelli P, Wermelinger B (2013) **Population trends of *Rosalia alpina* (L.) in Switzerland: a lasting turnaround?** *Journal of Insect Conservation* 17: 653–662.
- Altermatt F, Fritsch D, Huber W, Whitebread S (2006) **Die Gross-Schmetterlingsfauna der Region Basel**. Monographien der Entomologischen Gesellschaft Basel, Band 2, 423 S.
- Verein Schmetterlingsförderung im Kanton Zürich (2014) **Tagfalterinventar des Kantons Zürich 2011/12 – Kartierung und Vergleich mit 1990–92**. 76 S.
- Knispel S, Lubini V (2015) **Assessing the stability of stonefly (Plecoptera) biodiversity in the Swiss National Park**. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 88: 257–271.
- Wildermuth H (2013) **Entwicklung der Libellenfauna (Odonata) am Husemersee (Kanton Zürich) im Verlauf der letzten 130 Jahre**. *Entomo Helvetica* 6: 7–21.
- BAFU (Hrsg.) 2020: **Monitoring und Wirkungskontrolle Biodiversität. Übersicht zu nationalen Programmen und Anknüpfungspunkten**. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2005: 57 S.
- Baur B, Coray A, Lenzin H, Schmera D (2020) **Factors contributing to the decline of an endangered flightless longhorn beetle: A 20-year study**. *Insect Conservation and Diversity* 13: 175–186.
- Büntgen U, Liebhold A, Nievergelt D, Wermelinger B, Roques A, Reing F, Krusic PJ, Piermattei A, Egli S, Cherubini P, Esper J (2020) **Return of the moth: rethinking the effect of climate on insect outbreaks**. *Oecologia* 192: 543–552.
- Baltensweiler W, Rubli D (1999) **Dispersal – an important driving force of the cyclic population dynamics of the larch bud moth**. *Forest Snow Landsc Res* 74: 3–153.
- Gonthier Y, Monnerat C (2002) **Rote Liste der gefährdeten Libellen der Schweiz**. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern; Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. *Vollzug Umwelt*: 46 S.
- A parasite
- Monnerat C, Thorens P, Walter T, Gonthier Y (2007) **Rote Liste der Heuschrecken der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg**. *Vollzug Umwelt* 0719: 62 S.
- Lubini V, Knispel S, Sartori M, Vicentini H, Wagner A (2012) **Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010**. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. *Vollzug Umwelt* Nr. 1212: 111 S.
- Wermeille E, Chittaro Y, Gonthier Y (2014) **Rote Liste der Tagfalter und Widderchen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2012**. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. *Vollzug Umwelt* Nr. 1403: 97 S.
- Monnerat C, Barbalat S, Lachat T, Gonthier Y (2016) **Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter. Gefährdete Arten der Schweiz**. Bundesamt für Umwelt, Bern; InfoFauna – CSCF, Neuenburg; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. *Vollzug Umwelt* Nr. 1622: 118 S.
- A parasite



La rosalie des Alpes (*Rosalia alpina*) est un des plus beaux et des plus impressionnants coléoptères de la faune suisse. Son nom est toutefois trompeur, car cette espèce ne se rencontre pas seulement dans les Alpes; on la trouve en Suisse avant tout dans le Jura, le Valais, le Tessin et la vallée du Rhin à hauteur de Coire. Pour le développement des larves, qui dure de deux à quatre ans cette espèce de capricorne a besoin de bois de hêtre mort, laissé en place pendant plusieurs années. Cependant, c'est pourtant souvent plus garanti en raison de l'exploitation humaine.



Les larves des symphytes sont souvent confondues avec des chenilles de papillons. Elles peuvent se distinguer par le nombre de paires de pseudopodes : les chenilles de papillons possèdent au maximum cinq paires de pseudopodes, alors que les larves de symphytes en ont sept. La photo représente des larves de **tenthrede du bouleau** (*Craesus septentrionalis*) dans une attitude de défense typique. Elles se nourrissent de divers feuillus, dont elles peuvent totalement dénuder de petits spécimens. Normalement, la plante s'en remet.

## 11 Annexe

Tableau A.1 Sélection d'études publiées sur le thème des effectifs d'insectes et de leur évolution (Suisse).

a) Etudes ayant fait l'objet d'une évaluation par les pairs

Année	Etude	Principaux énoncés	Groupe(s) d'insectes	Période
2020	Baur B, Coray A, Lenzin H, Schmera D (2020) <b>Factors contributing to the decline of an endangered flightless longhorn beetle: A 20-year study.</b> Insect Conservation and Diversity.	Voir étude de cas, page 29.	Cerambycides	1999–2018
2019	Hutter P, Roth T, Martinez N, Stucki P, Litsios G (2019) <b>Fliessgewässer-Fauna unter Druck (Erste Trends aus dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM).</b> Aqua & Gas.	Depuis 2010, les invertébrés aquatiques sont recensés dans le Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD) sur environ 500 sites d'échantillonnage régulièrement répartis en Suisse. Tant les taux élevés d'application des insecticides dans le bassin versant que la faible naturalité des eaux ont un impact négatif sur les invertébrés aquatiques. Actuellement, le réchauffement des eaux notamment semble entraîner de fortes modifications des communautés d'espèces dans les cours d'eau suisses.	Insectes aquatiques	2010–2018
2018	Schlegel J, Schnetzler S (2018) <b>Heuschrecken (Orthoptera) in Biodiversitätsförderflächen der voralpinen Kulturlandschaft Schönenbergs (Schweiz, Kanton Zürich) mit Trends seit 1990.</b> Alpine Entomology.	Voir étude de cas, page 34. Décalage de la composition spécifique.	Orthoptères	Comparaison : 1990 2000 2016
2018	Plattner M (2018) <b>Von Gewinnern und Verlierern: Zustand und Entwicklung der Tagfaltervielfalt im Thurgau seit 2009.</b> Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft.	La Haute Thurgovie compte parmi les régions les plus pauvres en espèces de papillons diurnes du Plateau suisse. Leur nombre était tendanciellement en hausse entre 2009 et 2017. Chez près de la moitié des espèces, nous avons observé un accroissement entre le premier et le second relevé. Il ne faut toutefois pas perdre de vue, que, comme chez beaucoup d'insectes, le nombre de papillons diurnes peut sensiblement varier d'une année à l'autre, surtout en raison des conditions météorologiques. La part des papillons migrants, qui ne peuvent se reproduire chez nous durablement, mais reviennent du Sud les années propices, est globalement insignifiante. Toutefois, leur nombre total a atteint des valeurs élevées en 2009 par suite d'une arrivée massive de vanesses des chardons ( <i>Cynthia cardui</i> ) et d'autres espèces méditerranéennes. En zone agricole et parfois aussi dans le milieu bâti, certaines espèces se sont largement répandues et sont plus fréquentes qu'au début de l'étude. Cette évolution pourrait s'expliquer autant par le changement climatique que par l'amélioration des conditions de vie grâce aux mesures de conservation de la biodiversité.	Papillons diurnes	Comparaison : 2009–2012 et 2013–2017
2017	Walter T, Richner N, Meier E, Hoess R (2017) <b>Laufkäfer in der Aare-Aue Rapperswil, Kanton Aargau, in den ersten fünf Jahren nach der Renaturierung (Coleoptera, Carabidae).</b> Alpine Entomology.	La zone alluviale de Rapperswil (AG) a été renaturée en 2010–2011. Les carabidés ont été étudiés chaque année entre 2012 et 2016. Au total, 116 espèces ont pu être identifiées. D'après la liste rouge, 12 d'entre elles sont en danger, potentiellement menacées ou rare. 37 espèces sont caractéristiques des zones alluviales. Par rapport aux carabidés, la renaturation peut donc être qualifiée de très efficace.	Carabidés	2012–2016
2016	Monnerat C (2016) <b>Les Libellules (Odonata) du plan d'eau temporaire de Lavigny (VD).</b> Entomo Helvetica.	Dans le cadre d'un monitoring de 10 ans (2001–2010) du plan d'eau temporaire de Lavigny (1,2 ha), la communauté des espèces de libellules a été étudiée et 34 espèces ont pu être observées. Durant ce laps de temps, une reproduction a eu lieu avec certitude pour 11 espèces, régulièrement pour 3 d'entre elles. Un comportement de reproduction a été régulièrement observé chez 6 autres espèces. Malgré cette situation favorable, quelques espèces typiques n'ont pu être conservées, telles que <i>Lestes barbarus</i> , <i>Sympetrum flaveolum</i> et <i>S. meridionale</i> .	Libellules	2001–2010

Année	Etude	Principaux énoncés	Groupe(s) d'insectes	Période
2016	Wildermuth H (2016) <i>Auswirkung der Hochmoorregeneration auf die Libellenfauna (Odonata) des Torfrieds Pfäffikon (ZH)</i> . Entomo Helvetica.	Le suivi effectué pendant six ans a révélé que 16 espèces de libellules indigènes ont colonisé jusqu'à 10 eaux de tourbières. La plupart des espèces avaient déjà été identifiés avant la régénération des marais, mais le nombre des individus était faible et seulement présent sur quatre plans d'eau présentant encore en partie des surfaces ouvertes.	Libellules	2003-2015
2016	Braschler B, Baur B (2016) <i>Diverse effects of a seven-year experimental grassland fragmentation on major invertebrate groups</i> . PLoS ONE.	Nous avons examiné divers groupes d'invertébrés couvrant plusieurs lignées distinctes de même que des niveaux trophiques différents. Alors que la diversité de la plupart des groupes réagissait à la fragmentation expérimentale, elle le faisait de manières différentes. La richesse en espèces d'araignées décroissait conformément aux attentes fondées sur l'effet préjudiciable supposé de la fragmentation de l'habitat sur la biodiversité. Cependant, d'autres groupes focaux n'ont pas montré la même réaction ni même la réaction opposée. De même, pour certains groupes, la composition spécifique différait entre les fragments et les surfaces de contrôle, alors que ce n'était pas le cas pour d'autres. Certaines caractéristiques pourraient expliquer certaines des réactions, mais leur importance différait aussi entre les groupes, en fonction de la taille corporelle, des préférences climatiques et de la fréquence dans les surfaces de contrôle par rapport à la densité relative d'une espèce dans les fragments, et ce pour certains groupes mais pas pour d'autres.	Divers groupes d'insectes	1993-2000
2015	Knispel S, Lubini V (2015) <i>Assessing the stability of stonefly (Plecoptera) biodiversity in the Swiss National Park</i> . Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft.	Les données historiques relatives aux plécoptères collectées entre 1934 et 1964 ont permis une comparaison à long terme. La stabilité de la faune des plécoptères sur plus d'un demi-siècle est remarquable. La morphologie faiblement impactée du courant et le régime hydrique, ainsi que la diversité des types de courant et des substrats sont des vecteurs importants de la biodiversité. Dans la présente étude, une espèce était manquante, mais elle a toujours été rare dans le parc. Trois espèces sont nouvelles. Une espèce a migré en altitude, ce qui pourrait être lié au changement climatique.	Plécoptères	Comparaison : 1934-1964 et 2011/2012
2015	Hoess R (2015) <i>Faunenwandel der Libellen (Odonata) am Moossee (BE) während der letzten 140 Jahre unter dem Einfluss anthropogener Eingriffe</i> . Entomo Helvetica.	La faune des libellules du Moossee et de ses affluents est étudiée depuis déjà 140 ans. Trois abaissements du niveau du lac entre 1780 et 1920, l'extraction de la tourbe, la canalisation des cours d'eau et le drainage des environs de même que l'aménagement d'un golf de 105 ha, doté de nouvelles eaux stagnantes et courantes en 2003, n'ont cessé de modifier l'offre en habitat pour les libellules. Sur 53 espèces identifiées, 17 figurent sur la liste rouge. Encore présente en grand nombre avant le dernier remaniement parcellaire autour du Moossee, <i>Coenagrion ornatum</i> (Selys, 1850) a aujourd'hui totalement disparu de Suisse.	Libellules	1780-2015
2014	Roth T, Plattner M, Amrhein V (2014) <i>Plants, birds and butterflies: short-term responses of species communities to climate warming vary by taxon and with altitude</i> . PLoS ONE.	Nous avons utilisé les données du programme national de monitoring de la biodiversité en Suisse, collectées au-delà d'une altitude de 2500 m. Pendant la brève période de huit ans (2003-2010), nous avons constaté des déplacements significatifs de communautés de plantes vasculaires, de papillons et d'oiseaux. A basse altitude, les communautés de tous les groupes d'espèces ont évolué en faveur des espèces thermophiles, ce qui correspond à un déplacement altitudinal moyen de respectivement 8 m, 38 m et 42 m pour les communautés de plantes, de papillons et d'oiseaux. Cependant, les taux de variation décroissaient avec l'altitude chez les plantes et les papillons, tandis que les communautés d'oiseaux évoluaient au profit des espèces thermophiles à tous les étages altitudinaux. Nous n'avons constaté aucune diminution dans la variation communautaire par rapport aux niches de température, ce qui suggère que le réchauffement climatique n'a pas généré de communautés plus homogènes. Les différentes variations liées à l'altitude n'ont pu être expliquées par une variation des températures de l'air, car les températures estivales en Suisse se sont élevées d'environ 0,07° C par an durant les 16 années de la période 1995-2010, à tous les étages altitudinaux.	Papillons diurnes	2003-2010

Année	Etude	Principaux énoncés	Groupe(s) d'insectes	Période
2013	Breitenmoser S (2013) <b>Etude de populations de Lucane cerf-volant <i>Lucanus cervus</i> (L., 1758) (Coleoptera, Lucanidae) en zone périurbaine à Rolle (VD) de 2007 à 2012.</b> Entomo Helvetica.	Même si la pression exercée par l'utilisation publique reste plutôt faible, les risques liés à la pression urbaine et aux dérangements sont importants. Grâce à la préservation des milieux, des sols et des souches, la commune de Rolle a réussi à sauvegarder les lucanes.	Lucanes	2007–2012
2013	Wildermuth H (2013) <b>Entwicklung der Libellenfauna (Odonata) am Husemersee (Kanton Zürich) im Verlauf der letzten 130 Jahre.</b> Entomo Helvetica.	55 espèces de libellules ont été identifiées sur les eaux de la région du Husemersee entre 1885 et 2012. 14 d'entre elles ont disparu, tandis que 31 autres se sont maintenues et que 10 nouvelles s'y sont ajoutées.	Libellules	1885–2012
2012	Huwylar S, Plattner M, Roth T (2012) <b>Modellierung der Tagfaltervielfalt im Schweizer Alpenraum: Mehr als ein Drittel der Tagfalter-Hot-Spots liegt in gesetzlich geschützten Trockenwiesen.</b> Natur und Landschaft.	Modélisation! A l'aide de données du Monitoring de la biodiversité en Suisse, les variables environnementales déterminantes ont été déterminées pour la présence d'espèces de papillons diurnes typiques des prairies sèches. La répartition des hotspots de papillons diurnes a été modélisée selon des modèles d'habitat et leur concordance a été comparée avec la situation des prairies sèches protégées par la législation. La répartition ainsi modélisée des hotspots a révélé que ceux-ci présentaient souvent une correspondance supérieure à la moyenne avec les prairies sèches protégées par la législation. Ainsi les espèces de papillons diurnes typiques ont également pu tirer profit de la protection des prairies sèches.	Papillons diurnes	2003–2007 Prévision
2010	Blöchliger H (2010) <b>Tagfalter im Seebachtal.</b> Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft.	Les surfaces examinées en 1991–1993 dans Blöchliger (1995) par rapport aux papillons diurnes n'englobaient qu'une bande riveraine à peine digne d'être mentionnée autour du Nussbaumersee. A l'époque, seules sept espèces avaient été identifiées, lesquelles ont toutes été retrouvées depuis lors. L'attention n'était pas accordée à l'époque aux papillons diurnes mais aux papillons nocturnes. A l'inverse des carabidés, par exemple, les papillons diurnes parviennent à coloniser de nouveaux territoires en peu de temps. Outre les conditions écologiques nécessaires à leurs besoins, ils nécessitent des plantes à fleurs qui leur conviennent et des plantes nourricières pour leurs chenilles. Dans la présente étude, il s'agissait de recenser le plus grand nombre possible d'espèces présentes dans l'ensemble de la surface étudiée et de constater leur fréquence dans les différentes surfaces partielles.	Papillons diurnes	2005–2008
2010	Hafner A, Rieder J (2010) <b>Heuschrecken im Seebachtal.</b> Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft.	En 1995, la faune des orthoptères du Seebachtal consistait principalement en espèces écologiquement peu spécialisées des zones agricoles intensives et des lisières de forêt. Après la mise en œuvre réussie des mesures de renaturation, beaucoup d'espèces des zones humides sont revenues dans le Seebachtal: on y trouve 6 espèces de la liste rouge, ainsi que 19 espèces moins menacées. Ainsi le Seebachtal est devenu un habitat important pour les orthoptères. En raison de la dynamique persistante, on peut s'attendre à l'apparition d'autres espèces d'orthoptères et à la croissance des différentes populations, dans les années à venir.	Orthoptères	1995–2010
2010	Hafner A, Rieder J (2010) <b>Libellen im Seebachtal.</b> Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft.	Le nombre des espèces de libellules dans la région était déjà très élevé en 1995, mais six autres espèces ont encore pu s'y ajouter. Sur les désormais 39 espèces présentes, six figures sur la liste rouge.	Libellules	1995–2010
2009	Braschler B, Marini L, Thommen GH, Baur B (2009) <b>Effects of small-scale grassland fragmentation and frequent mowing on population density and species diversity of orthopterans: a long-term study.</b> Ecological Entomology.	Dans l'ensemble, la densité des orthoptères et la richesse en espèces se sont accrues avec le temps. C'est probablement le résultat d'une hétérogénéité accrue d'un habitat de petite taille et la fourniture d'un habitat de pelouse courte adaptée aux espèces xérophiles. La fragmentation a affecté la densité des orthoptères et la composition spécifique mais non la richesse en espèces dont la réaction est décalée par rapport aux variations d'abondance.	Orthoptères	1993–1999

Année	Etude	Principaux énoncés	Groupe(s) d'insectes	Période
2009	Leuthold W (2009) <b>Libellen (Odonata) im Neeracherried (Kanton Zürich) – Das Artenspektrum und seine Veränderungen in 20 Jahren.</b> Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.	A l'occasion d'un recensement des libellules sur le Neeracherried, 42 espèces ont été observées, soit neuf de plus que dans une étude menée il y a 20 ans. Par ailleurs, deux espèces encore assez répandues à l'époque non plus été identifiées (le sympétrum jaune d'or <i>Sympetrum flaveolum</i> et le leste dryade <i>Lestes dryas</i> ). Les différences dans le spectre des espèces s'expliquent sans doute par les changements intervenus dans le biotope, les mesures d'entretien, l'évolution générale des effectifs de certaines espèces ainsi que quelques variantes méthodologiques.	Libellules	1999–2009
2009	Lütolf M, Guisan A, Kienast F (2009) <b>History matters: Relating land-use change to butterfly species occurrence.</b> Environmental Management.	La présente étude établit le rapport entre l'occurrence des papillons et l'évolution des affectations du sol durant cinq décennies entre 1951 et 2000. L'étude a porté sur l'ensemble du territoire suisse. Les 10 variables explicatives proviennent de statistiques agricoles. Nous avons sélectionné huit espèces de papillons : quatre des zones humides et quatre des prairies sèches. Les résultats ont montré que la diminution des zones cultivées et des densités d'exploitation de plus de 10 ha de terres cultivées présente une relation significative avec le déclin des espèces des zones humides, tandis que l'accroissement des densités de bétail semble avoir favorisé la disparition des espèces typiques des prairies sèches.	Papillons diurnes	1951–2000
2009	Wymann H-P (2009) <b>Die Tagfalter des Berner Oberlandes – eine Zwischenbilanz nach 16 Jahren Feldarbeit.</b> Entomo Helvetica.	Aucune observation sur l'évolution des populations.	Papillons diurnes	1993–2008
2008	Wildermuth H (2008) <b>Konstanz und Dynamik der Libellenfauna in der Drumlinlandschaft Zürcher Oberland – Rückblick auf 35 Jahre Monitoring.</b> Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.	De 1973 à 2007, 51 espèces de libellules, dont 27 se reproduisaient régulièrement, ont été identifiées à l'occasion de quelque 1000 journées de monitoring. Les autres étaient des espèces visiteuses ou qui ne se reproduisaient que temporairement. La déesse précieuse ( <i>Nehalennia speciosa</i> ) s'est éteinte pendant cette période, tandis que trois nouvelles espèces se sont établies durablement dans l'aire centrale à partir de 2005.	Libellules	1973–2007
2008	Roth T, Amrhein V, Peter B, Weber D (2008) <b>A Swiss agri-environment scheme effectively enhances species richness for some taxa over time.</b> Agriculture, Ecosystems and Environment.	L'efficacité des programmes agroenvironnementaux (PAE) dans la promotion de la biodiversité a été récemment débattue. Chez les papillons et les oiseaux, aucune différence significative n'a été observée entre les surfaces PAE et les surfaces de référence dans l'évolution de la richesse en espèces. Tandis que le nombre des espèces de papillons décroissait en général, le nombre des espèces d'oiseaux augmentait sur les deux types de surface. Il apparaît que les programmes agroenvironnementaux peuvent être efficaces dans la conservation et la promotion de la biodiversité, mais l'effet peut dépendre du groupe d'organismes.	Papillons diurnes	Comparaison : 1998–2000 et 2003–2005
2008	Altermatt F, Birrer S, Plattner M, Ramseier P, Stalling T (2008) <b>Erste Resultate zu den Tagfaltern im Biodiversitätsmonitoring Schweiz.</b> Entomo Helvetica.	Avec l'achèvement de la première période de relevés (2003–2007), une première vue d'ensemble standardisée de la diversité des espèces a été possible. Globalement, 188 espèces de papillons diurnes ont été identifiées. La diversité spécifique moyenne par carré kilométrique s'élevait à 32,1 espèces. Dans les Alpes, la diversité était très élevée (en moyenne 39,0 espèces par carré alpin), alors qu'elle était faible sur le Plateau (18,8 espèces). Le MBD fournit des données importantes sur la présence spatiale et temporelle ainsi que sur l'évolution dans le temps surtout pour les espèces fréquentes et modérément rares.	Papillons diurnes	2003–2007
2006	Altermatt F, Fritsch D, Huber W, Whitebread S (2006) <b>Die Gross-Schmetterlingsfauna der Region Basel.</b> Monographien der Entomologischen Gesellschaft Basel	L'étude révèle un recul continu des espèces de grands papillons identifiées chaque décennie depuis 1950 ; 163 espèces n'ont plus été observées après 1980 et sont sans doute éteintes à l'échelle régionale. Cependant, 29 nouvelles espèces ont pu s'installer dans la région. Au total, le nombre des espèces disparues est toutefois nettement supérieur à celui des nouveaux venus.	Macrolépidoptères	Environ 1859–2004

Année	Etude	Principaux énoncés	Groupe(s) d'insectes	Période
2003	Rezbanyai-Reser L (2003) Zur Nachtgrossfalterfauna vom Berner Seeland (Ins, Landwirtschaftliche Schule, 433 m) (Lepidoptera: «Macroheterocera»). Entomologische Berichte Luzern.	Evaluation des concentrations de grands papillons nocturnes, effectuées pendant 10 ans (1977-1986) à l'aide d'un piège lumineux permanent actionné durant la majeure partie de la période de végétation (mai-octobre, certaines années avril-novembre) à l'école d'agriculture « Seeland » au sud-est d'Anet (BE), 433 m d'altitude. Une éventuelle décimation progressive de la diversité spécifique n'a pu être constatée. Rien dans le nombre annuel d'individus n'a suggéré non plus une décimation progressive de la faune des grands papillons nocturnes.	Papillons nocturnes	1977-1986
2003	Altermatt F, Fritsch D, Whitebread S, Erhardt A (2003) Schmetterlinge (Lepidoptera). In: Fauna und Flora auf dem Eisenbahngelände im Norden Basels. Burckhardt D, Baur B, Studer A (eds). Monographien der Entomologischen Gesellschaft Basel.	Durant les trois années 1997, 1999 et 2001, des différences notables ont été constatées dans la diversité entre les différents transects.	Papillons	1997-2001
2000	Keller WCF, Keller-Stänz S, Gloor P, Dürr W (2000) Neue Erkenntnisse über die Veränderungen der Tag- und Nachtfalterfauna (Lepidoptera) in der Region Rehetobel AR im 20. Jahrhundert. Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft.	Sur les 469 espèces mises en évidence par Paul Bodenmann, nous n'avons pu en identifier que 360 (77 %), ce qui équivaut à une perte de 23 % des espèces au cours des 70 dernières années. La plus lourde perte (34 %) concerne les papillons diurnes.	Papillons diurnes	Comparaison: 1936 et 1987-1995
1997	Schiess H, Schiess-Bühler C (1997) Dominanzminderung als ökologisches Prinzip: eine Neubewertung der ursprünglichen Waldnutzungen für Arten und Biotopschutz am Beispiel der Tagfalterfauna eines Auenwaldes in der Nordschweiz. Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.	La faune actuelle des papillons diurnes des Thurauen (Flaach, ZH) a été comparée avec celle de la période 1918-1930. La comparaison s'est fondée sur le journal entomologique de Friedrich Ris. Durant les quelque 65 ans séparant les deux dates de comparaison, un tiers des espèces de papillons diurnes des zones alluviales situées à l'embouchure de la Thur ont disparu (80 à l'époque de Ris, contre 53 aujourd'hui). Deux espèces seulement ont fait leur apparition. Plus de la moitié des espèces disparues sont considérées comme menacées en Suisse aujourd'hui.	Papillons diurnes	Comparaison: 1918-1930 et 1986-1989
1994	Keller WCF (1994) Veränderungen der Insektenwelt am Beispiel der Lepidoptera (Tag- und Nachtfalter) in der Region Rehetobel/AR zwischen Anfang des 20. Jahrhunderts (1906-1936) und heute. Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft.	Voir Keller et al. 2000.	Papillons diurnes Papillons nocturnes	Comparaison: 1906-1936 1994
1993	Schiess-Bühler C (1993) Tagfalter im Schaffhauser Randen. Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen.	En chiffres bruts, 12 espèces de papillons ont disparu au cours des 70 dernières années dans le Randen schaffhousois. Quatre d'entre elles étaient déjà rares chez Ris	Papillons diurnes	Comparaison: 1917-1930 et 1960-1978 et 1986-1989
1989	Meier C (1989) Die Libellen der Kantone Zürich und Schaffhausen. Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen.	68 espèces ont été identifiées jusqu'à présent dans le canton de Zurich, dont 60 après 1950. 32 espèces l'ont été dans le canton de Schaffhouse, dont 30 après 1950.	Libellules	1950-1989
1976	Aubert J, Aubert J-J, Goeldlin P (1976) Douze ans de captures systématiques de Syrphides (Diptères) au col de Bretolet (Alpes valaisannes). Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft.	Pour toutes les espèces, les observations globales varient sensiblement d'une année à l'autre.	Syrphes	1962-1973

## b) Etudes complémentaires et avis d'expert-e-s

Année	Etude	Principaux énoncés	Groupe(s) d'insectes	Période
2021	Artmann-Graf G, Erhardt A (2021) <b>20 Jahre Insektenmonitoring in der zentralen Nordwestschweiz.</b> oekart.ch	Les données ne confirment qu'en partie, et de manière moins dramatique, le recul de la diversité des espèces mis en évidence par d'autres études. En revanche, une certaine régression des abondances élevées observées chez les espèces communes apparaît, ce qui coïncide avec le recul de la biomasse, déjà révélé dans de nombreuses autres études.	Divers groupes d'insectes	1992-2011
2020	Fürst J (2020) <b>Arthropod biomass, abundance and species richness changes since 1987 in the Limpach valley, CH.</b> MSc Thesis, University of Basel and Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL.	Il est surprenant de constater que la biomasse moyenne des arthropodes, leur abondance et leur richesse en espèces étaient plus élevées en 2019 qu'en 1987 et 1997. La biomasse et l'abondance se sont davantage accrues dans les pièges à interception de vol que dans les pièges à fosse. Les tendances étaient également cohérentes dans les habitats semi-naturels et agricoles.  Remarque de l'autrice: Nous expliquons l'accroissement par le fait que mon étude a été réalisée en zone agricole sur le Plateau suisse, un paysage déjà très dégagé il y a trente ans et où des améliorations ont eu lieu durant les trente dernières années.	Divers groupes d'insectes	Comparaison: 1987, 1997, 2019
2019	Kanton Aargau. <b>Langfristüberwachung der Artenvielfalt in der Normallandschaft des Kantons Aargau (LANAG) – Resultate 2019.</b>	Résultats 2019: Les expert-e-s de la LANAG ont pu dénombrer environ 50 % d'individus de moins que durant l'été caniculaire de 2018. Ainsi, le nombre de papillons diurnes était nettement inférieur à celui des trois dernières années, les fortes variations liées aux conditions météorologiques étant normales dans ce groupe d'espèces.	Papillons diurnes	Depuis 1996
2017	Artmann-Graf G (2017) <b>Heuschrecken in der zentralen Nordwestschweiz gestern und heute: Verbreitungsatlas und Monitoring.</b> VVS/BirdLife Solothurn.	54 espèces d'orthoptères du nord-ouest central de la Suisse sont présentées, lesquelles ont été observées par de nombreux spécialistes au cours des 100 dernières années. Les fréquences de 30 espèces identifiées entre 1992 et 2011 sur plus que quelques sites ont été comparées dans deux périodes de dix ans (1992-2001 et 2002-2011).  Bilan: Ce qui frappe chez les orthoptères, en particulier chez les criquets, c'est moins l'évolution de la richesse en espèces dans la région, comme chez les papillons diurnes par exemple, que la diminution de la densité démographique au fil des dernières décennies.	Orthoptères	Comparaison: 1992-2001 et 2002-2011
2015	Bossart S, Meier C, Schiess H, Hohl M (2015) <b>Schleichende Verarmung der Tagfalterfauna.</b> Zürcher Umweltpraxis und Raumentwicklung.	L'association pour la promotion des papillons du canton de Zurich a de nouveau recensé les effectifs de papillons diurnes en 2011 et en 2012. Malgré des mesures probantes, la situation de nombreuses espèces s'est encore détériorée.	Papillons diurnes	1990-2015
2015	Artmann-Graf G (2015) <b>Tagfalter in der zentralen Nordwestschweiz gestern und heute: Verbreitungsatlas und Monitoring.</b> Pro Natura Solothurn.	Les fréquences de 70 espèces identifiées sur plus de trois sites entre 1987 et 2011 ont été comparées dans deux périodes de dix ans (1992-2001 et 2002-2011) (Monitoring). Entre la première et la seconde période, 13 espèces de papillons diurnes avaient vu leurs effectifs fortement augmenter et 6, modérément. Dans le même temps, 12 espèces ont fortement diminué et 6, modérément. Ainsi, le bilan est plus ou moins équilibré.	Papillons diurnes	Comparaison: 1992-2001 et 2002-2011
2014	Verein Schmetterlingsförderung im Kanton Zürich (2014) <b>Tagfalterinventar des Kantons Zürich 2011/2012 – Kartierung und Vergleich mit 1990-1992.</b>	Le nombre des présences et les effectifs des espèces ayant des attentes plus larges en matière d'habitat et une plus grande souplesse tendent majoritairement à augmenter; ceux des espèces spécialisées et peu adaptables ont toutefois majoritairement diminué.	Papillons diurnes	Comparaison: 1990-1992 et 2011/2012
2010	BAFU (2010) <b>Klimaerwärmung verändert die Vielfalt.</b> BDM-FACTS.	MBD – Modélisation > accroissement de la richesse en papillons diurnes à partir de 1200 m, si les températures devaient s'accroître de 2° comme prévu d'ici 2050.	Papillons diurnes	Prévision

Année	Etude	Principaux énoncés	Groupe(s) d'insectes	Période
2006	Hohl M (2006) <b>Spatial and temporal variation of grasshopper and butterfly communities in differently managed semi-natural grasslands of the Swiss Alps.</b> Dissertation ETH-Zürich.	<p>Orthoptères : Toutes les espèces identifiées en 1981–1983 furent retrouvées en 2002–2003. La différence entre les communautés d'orthoptères en 1981–1983 et en 2002–2003 était très réduite, mais statistiquement significative. Certaines espèces n'apparaissaient plus localement sur des sites particuliers en 2002–2003 mais ont été retrouvées sur d'autres sites par rapport à 1981–1983. La comparaison de la composition des espèces au fil du temps n'a pas révélé de perte substantielle dans les communautés d'espèces entre 1981–1983 et 2002–2003.</p> <p>Papillons : En 2002–2004, 133 espèces ont été observées (77 papillons et 56 mites diurnes), soit quatre de moins qu'en 1977–1979. Le nombre moyen d'espèces par site a été stable dans les prairies et les pâturages au cours des 25 dernières années, soit environ 70 espèces en 1977–1979 et en 2002–2004. Néanmoins, le nombre d'espèces de papillons par site a augmenté, alors que le nombre de mites diurnes a décroché. La composition spécifique des communautés a subi une évolution significative entre 1977–1979 et 2002–2004. 31 espèces accusaient une décroissance statistiquement significative en abondance, tandis que 15 espèces affichaient un accroissement significatif.</p>	Orthoptères Papillons	Orthoptères Comparaison : 19981–1983 et 2002–2003 Papillons Comparaison : 1977–1979 et 2002–2004
2006	Kiser K (2006) <b>Tagaktive Grossschmetterlinge als Bioindikatoren zur Erfolgskontrolle.</b> Naturforschung in Obwalden und Nidwalden.	<p>Au total, 29 espèces avaient été identifiées dans la situation de départ (1997/1998), dont 9 atteignaient la valeur d'une espèce caractéristique, avec une abondance annuelle d'au moins 5 exemplaires/100 mètres de transect. Le suivi de 2001/2002/2003 a révélé une nette augmentation de la diversité spécifique dans le transect (47 espèces, mais dont 2 seulement avaient l'indice 3 d'une espèce caractéristique). 24 espèces ont pu être observées dans les relevés de 97/98 tout comme dans ceux de 2001/2002/2003.</p> <p>En raison de la reprise de l'exploitation (débroussaillage et fauche) et de la promotion ciblée de la diversité des habitats (p. ex., au moins un dixième de la surface reste toujours inexploitée), la diversité des espèces a pu bénéficier d'une forte promotion.</p>	Papillons diurnes	Comparaison : 1997/1998 et 2001–2003
2003	Hegetschweiler T (2003) <b>Landschaftsveränderungen und deren Auswirkungen auf das Tagfaltervorkommen von 1870 bis 1970 in der Gemeinde St. Gallen.</b> Praktikumsbericht Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.	<p>La présente étude a évalué les données historiques sur la présence et l'abondance des années 1870, 1930 et 1960–1978 dans la commune de Saint-Gall et les a mises en corrélation avec l'évolution temporelle du paysage, une attention particulière étant accordée au type et au mode de construction.</p> <p>Il est permis de dire en résumé que la construction croissante sur des habitats précieux, l'intensification de l'agriculture et l'évolution du milieu urbain liée à l'apparition de zones industrielles totalement imperméabilisées ont entraîné une diminution des espèces de papillons diurnes.</p>	Papillons diurnes	Comparaison : 1870 1930 1960–1978
1996	Delarze R (1996) <b>Les orthoptères des Grangettes (Noville, Vaud, CH) et leur distribution dans le site marécageux.</b> Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles.	28 espèces d'orthoptères ont été enregistrées aux Grangettes durant les dix dernières années, dont 14 sont considérées comme en danger. La situation actuelle montre que l'état des espèces hygrophiles est bon (grâce à la protection d'une vaste zone humide), alors que les espèces xérophiles présentent une tendance à la baisse (en raison de la dégradation des milieux appropriés).	Orthoptères	1985–1995



La **mouche de mai** (*Ephemera danica*) a été élue insecte de l'année 2021 en Allemagne, en Autriche et en Suisse. Les éphéméroptères sont fortement tributaires des milieux aquatiques proches de l'état naturel. Leurs larves vivent dans l'eau et se nourrissent principalement de matière végétale vivante ou morte. Le passage au stade adulte présente une particularité : à la surface de l'eau éclot un subimago, capable de voler mais encore sexuellement immature, qui muera en l'espace de quelques jours pour devenir l'adulte reproduit ici.

Tableau A.2 Mesures importantes pour la mise en œuvre du programme en 12 points de conservation et de promotion des insectes en Suisse.

Les mesures sont réparties entre des catégories et des paysages. Catégorie de mesures **O**: Optimisation, complément, développement des mesures existantes; **A**: Amélioration dans l'exécution et la mise en œuvre des mesures existantes; **N**: Nouvelle mesure, telle que nouvel instrument p. ex.

N°	Mesure	Explication	Catégorie	Zone agricole	Forêt	Eaux et rives	Milieu urbain	Autres milieux et zones protégées
<b>1 Identifier et sauvegarder les hauts lieux entomologiques</b>								
1.1	Identifier les hauts lieux entomologiques non encore protégés situés hors inventaires de biotopes d'importance nationale et garantir leur exploitation/gestion appropriée.	Les objets des inventaires des biotopes d'importance nationale sont les joyaux de la protection de la nature en Suisse. Un grand nombre d'espèces d'insectes en profitent. Beaucoup d'autres milieux importants pour les insectes, tels que prairies riches en espèces, tronçons naturels de cours d'eau, sources non captées, vergers haute-tige extensifs, forêts claires ou forêts riches en bois mort et vieux arbres, carrières, gravières, sablières, glaisières et autres surfaces rudérales riches en espèces se sont toutefois aussi raréfiés et souffrent de l'apport de pesticides, d'une fertilisation excessive, de la pollution lumineuse, de modes d'exploitation ou de gestions inadaptés ou d'une déprise synonyme d'embroussaillage. Des surfaces étendues doivent être garanties sur le plan légal et de l'aménagement du territoire; le cas échéant, il faudra créer de nouveaux instruments dans l'esprit des inventaires nationaux pour assurer leur sauvegarde à long terme.	O, V, évtl. N	x	x	x	x	x
1.2	Poursuivre l'exploitation extensive des prairies et des pâturages riches en insectes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucune fertilisation de surfaces jamais encore fertilisées et statu quo voire diminution ou arrêt de la fertilisation des surfaces faiblement fertilisées.</li> <li>- Aucune installation d'irrigation dans des prairies et pâturages riches en espèces, notamment dans les prairies et pâturages secs.</li> <li>- Aucun drainage de prairies jamais encore drainées; décisions de curage ou de réparation de drains défectueux en tenant compte du potentiel écologique de la surface.</li> <li>- Maintien du type d'exploitation/gestion actuel des surfaces riches en espèces (régime de fauche, charge en bétail p. ex.); éviter leur intensification comme leur extensification.</li> <li>- Eviter l'embroussaillage et la recolonisation forestière, tout en maintenant une certaine densité de buissons.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les prairies non ou faiblement fertilisées (prairies maigres, prairies à fromental, prairies à avoine jaunâtre) sont souvent les ultimes refuges des espèces d'insectes tributaires de prairies et de pâturages pauvres en nutriments. L'apport excessif d'engrais organiques (lisier, fumier), même en altitude, est la principale cause de dégradation et de banalisation de ces milieux. Si la quantité de lisier est trop élevée, le cheptel doit être réduit.</li> <li>- Souvent combinée à l'évolution de l'exploitation, l'irrigation – au moyen d'arrosoirs rotatifs notamment – a pour effet de profondément modifier la nature et la structure de la végétation, de favoriser un fauchage plus précoce et plus fréquent et parfois d'adopter de nouvelles techniques de récolte pour l'ensilage. Cela diminue massivement la qualité des milieux concernés pour les insectes.</li> <li>- Les prairies humides non drainées qui persistent aujourd'hui sont les derniers vestiges de milieux précieux pour les insectes autrefois très étendus.</li> <li>- Les surfaces présentant une grande richesse en espèces ont été et sont à l'évidence exploitées sur un mode qui convient bien à la biodiversité, que ce soit au niveau de la fréquence ou de la période de fauche des prairies ou de la charge en bétail des pâturages et estivages. Ce mode d'exploitation doit impérativement être maintenu et en aucun cas intensifié; tout changement d'affectation de telles surfaces (transformation d'une prairie de fauche en pâturage ou d'un pâturage en prairie de fauche) doit être évité; l'affouragement en pâturage doit être proscrit afin d'éviter une fertilisation excessive du sol par les déjections du bétail.</li> <li>- Beaucoup de milieux précieux pour les insectes se situent dans la zone d'estivage. S'ils ne sont plus exploités ils s'embroussaillent (ils sont souvent colonisés par l'aune vert dans les Alpes) et finissent par disparaître devant l'avance de la forêt. Les exploitants de surfaces riches en espèces menacées de déprise et d'enrichissement doivent être soutenus.</li> </ul>	O, V, évtl. N	x		x	x	x
1.3	Maintenir les arbres-habitats dans les allées, les jardins, les parcs, les cimetières, les vergers haute-tige et les forêts.	Les vieux arbres à cavités ou présentant des parties mortes dans le tronc ou dans le houppier hébergent de nombreuses espèces d'insectes très menacées. Ils peuvent être recensés dans le cadre d'inventaires communaux et entretenus avec l'aide des contributions prévues dans l'ordonnance sur les paiements directs ou des indemnités pour arbres-habitats et îlots de vieux bois prévus pour promouvoir la biodiversité en forêt.	O, V	x	x	x	x	

N°	Mesure	Explication	Catégorie					
				Zone agricole	Forêt	Eaux et rives	Milieu urbain	Autres milieux et zones protégées
1.4	Maintenir les structures précieuses propices à la biodiversité.	Les structures favorables à la biodiversité sont souvent détruites par inadvertance ou par ignorance, mais aussi supprimées délibérément parce qu'elles sont synonymes de désordre ou font obstacle à l'exploitation agricole. Les engins tels que giro-broyeurs, motoculteurs, herbes rotatives et herbes à disque, pailleuses-broyeuses etc. peuvent détruire des structures précieuses pour les insectes. Jusqu'à présent, l'emploi de girobroyeurs n'est interdit que sur les surfaces de promotion de la biodiversité. Une exécution systématique et l'extension des interdictions aux engins qui éliminent les structures dans les prairies, les pâturages permanents et les pâturages boisés ainsi que sur les sols naturels et intacts qui hébergent une riche faune entomologique seraient toutefois nécessaires. En milieu urbain, en forêt ainsi que le long des cours d'eau il est en outre impératif de maintenir les structures favorisant la biodiversité.	O, V, N	x	x	x	x	x
1.5	Les projets et les études d'impact sur l'environnement devraient accorder une attention particulière aux milieux riches en biodiversité et en insectes, et recourir à des spécialistes le cas échéant.	Jusqu'à présent, les projets de développement et les études d'impact sur l'environnement qu'ils génèrent ne prévoient que rarement l'étude des communautés d'insectes des hotspots de biodiversité existants risquent donc de disparaître par simple manque d'informations.	V	x	x	x	x	x
1.6	Protéger les hotspots d'abeilles sauvages contre la concurrence alimentaire des abeilles mellifères.	La grande popularité des abeilles mellifères et la multiplication des ruches qui en découle associée à la paupérisation de la flore des herbages intensivement exploités augmentent la concurrence alimentaire avec les abeilles sauvages. Il est indispensable de protéger les hotspots d'abeilles sauvages contre une trop forte présence d'abeilles mellifères. Pour ce faire il serait p. ex. utile de définir les densités d'abeilles mellifères écologiquement tolérables pour les diverses régions du pays et interdire l'apiculture dans les sites protégés et dans leurs zones-tampons.	N					x
<b>2 Valoriser, interconnecter et créer des habitats</b>								
2.1	Aménager une infrastructure écologique sur au moins 30 % de la surface du pays, tout en tenant compte des exigences des espèces d'insectes en matière d'habitat.	L'infrastructure écologique prévue par la Stratégie et retenue dans le plan d'action Biodiversité Suisse a pour but d'augmenter la surface dévolue aux milieux de haute qualité biologique, de les mettre en réseau et d'accroître ainsi la diversité de l'ensemble du territoire national. Dans les zones à fort potentiel, de nouveaux habitats de qualité doivent être créés pour les insectes. Il s'agit, par exemple, de lisières forestières étagées bordées d'une bande herbeuse riche en fleurs, de milieux humides, de prairies fleuries riches en espèces garantant d'une offre suffisante de nectar durant toute la saison et de milieux aquatiques proches de la nature présentant des zones littorales de taille suffisante (espace réservé aux eaux). La localisation des surfaces devrait se baser sur la présence avérée ou potentielle d'espèces d'insectes (prioritaires) et de leurs exigences en matière d'habitat.	O, V, N	x	x	x	x	x
2.2	Orienter davantage l'entretien des zones protégées en fonction des besoins des insectes.	Les programmes d'entretien des zones protégées sont souvent axés sur la conservation de certaines espèces de plantes ou de vertébrés (reptiles, amphibiens, oiseaux notamment) et moins sur les insectes. A l'avenir, il faudra davantage y intégrer les exigences des divers groupes et espèces d'insectes. Pour promouvoir une grande diversité d'insectes, un entretien différencié dans le temps et dans l'espace des zones protégées ménageant, par un système de rotation, la présence toute l'année de zones fauchées et non fauchées ou pâturées et non pâturées, devrait être privilégié. Dans tous les cas la fréquence et l'intensité de cet entretien doivent être définies en fonction de la réalité du terrain et des communautés d'espèces présentes. Il conviendrait à cet égard de vérifier les ordonnances de protection, les plans directeurs et les programmes d'entretien du point de vue de leur efficacité pour les insectes avec le concours d'expert-e-s et de les adapter de manière différenciée le cas échéant.	O, V	x	x	x	x	x

N°	Mesure	Explication	Catégorie	Zone agricole	Forêt	Eaux et rives	Milieu urbain	Autres milieux et zones protégées
2.3	Renforcer les cantons pour la revitalisation de zones protégées d'importance nationale et régionale endommagées.	Une partie non négligeable des objets d'importance nationale ont perdu leur qualité initiale depuis l'entrée en vigueur des inventaires correspondants. Ces objets ainsi que d'autres, d'importance régionale ou locale, doivent être revitalisés. Des moyens sont fournis à cet effet par la Confédération dans le cadre du plan d'action Biodiversité ou des conventions programme. Ils ne sont toutefois pas encore suffisamment utilisés par les cantons en raison de contraintes financières et logistiques (manque de ressources humaines et de compétences techniques p. ex.).	V	x	x	x	x	x
2.4	Accroître la surface, la diversité et la qualité des milieux proches de la nature et des surfaces favorables aux insectes dans des sites urbains et agricoles appropriés.	<p>La mise en place d'un réseau de surfaces favorables aux insectes (surfaces végétalisées riches en fleurs offrant pollen et nectar durant toute la période de végétation) doit être planifiée dans l'esprit de l'infrastructure écologique: leur localisation doit être judicieusement choisie, leur interconnexion doit être assurée et leur entretien doit être adapté. Il conviendra à ce sujet de définir les règles et normes nécessaires (part minimale de surfaces proches de la nature dans les plans d'affectation et d'aménagement notamment). Il faudra en outre perméabiliser de nombreuses surfaces. Tous les protagonistes (publics, semi-publics et privés) sont invités à y prendre part. Il faudra, au moyen d'incitations ciblées, s'assurer que les surfaces semi-publics et privées puissent aussi accroître et maintenir leur valeur écologique. Les terrains, installations et constructions de la Confédération, des cantons et des communes doivent servir d'exemples.</p> <p>La diversité des communautés d'insectes dépend de sources de nourriture variées (nectar et pollen, p. ex.) et de la disponibilité de sites de nidification, de repli et d'hivernage appropriés. Il est primordial d'assurer l'échelonnement temporel et spatial des phases de floraison et donc de l'offre alimentaire pour les insectes à l'intérieur et à côté de surfaces cultivées et d'éviter ainsi qu'à basse altitude la quasi-totalité des surfaces herbacées encore riches en fleurs (SPB, talus de route, espaces verts) soient fauchées en même temps. Afin d'assurer leur interconnexion il convient en outre d'aménager des surfaces proches de la nature espacées de quelques centaines de mètres et d'utiliser, si un ensemencement est nécessaire, des mélanges grainiers de plantes indigènes, provenant si possible de la région concernée.</p>	0, V, N	x			x	
2.5	Accroître le nombre, la variété et la qualité des structures de promotion de la biodiversité dans tous les milieux.	En zone agricole, en forêt, en milieu urbain, le long des voies de communication, dans les gravières et autres sites excavés de bonne qualité et/ou situés à proximité d'autres types de milieux proches de la nature, la présence de microstructures variées (tas de pierres et murs en pierres sèches, tas de branches, plages de sol nu, arbres isolés, buissons et bosquets, mares temporaires, ruisseaux ...) augmentent la valeur des sites concernés. Une grande diversité de microstructures, adaptées à la nature des sites concernés (tas de pierres en milieu sec uniquement p. ex.), s'impose pour promouvoir le plus grand nombre possible d'espèces.	0, V, N	x	x	x	x	x
2.6	Empêcher autant que possible la propagation et l'établissement d'espèces exotiques envahissantes, en particulier dans les zones sensibles.	La propagation des espèces exotiques envahissantes, encore accentuée par le changement climatique, constitue une menace potentielle pour la faune indigène. Certaines espèces d'insectes allochtones, telles la coccinelle ou le frelon asiatique, sont en effet connues pour entrer en concurrence directe avec des espèces d'insectes indigènes. Comme une fois l'intrus bien installé il est quasi impossible de l'éradiquer (dans le meilleur des cas on ne peut que contrôler ses populations), la meilleure parade possible est de contrecarrer son entrée (diminution des importations de plantes exotiques, contrôle accru et stérilisation des denrées et autres biens importés p. ex.). Comme la lutte contre les plantes exotiques envahissantes est en moyenne plus efficace, elle peut être tentée dans les sites protégés ou riches en insectes afin de diminuer les risques de raréfaction voire de disparition des plantes nourricières des espèces indigènes.	V	x	x	x	x	x

N°	Mesure	Explication	Catégorie					
			Zone agricole	Forêt	Eaux et rives	Milieu urbain	Autres milieux et zones protégées	
2.7	Revaloriser écologiquement les zones marginales et les zones de transition telles que lisières de forêt, rives de plans d'eau et périphéries urbaines et en créer de nouvelles.	Les zones de transition larges et riches en structures entre forêts et terres ouvertes, eaux et terres émergées, milieu urbain et terres cultivées notamment sont souvent très riches en espèces et donc précieuses pour les insectes.	O, V, N	x	x	x	x	
2.8	Renaturation des eaux : revitaliser les cours d'eau, les lacs et leurs rives ainsi que les espaces réservés aux eaux, rétablir la connexion entre les milieux aquatiques et terrestres, contrôler les éclusées et le régime de charriage, améliorer la qualité des eaux, garantir des quantités d'eau résiduelle suffisantes dans les cours d'eau.	Les eaux abritent de nombreux groupes d'insectes (libellules, éphéméroptères, plécoptères, trichoptères, nombreuses familles de diptères et de coléoptères) tributaires de cours ou plans d'eaux proches d'un état naturel. Ils sont toutefois confrontés à de nombreux problèmes : habitats déconnectés et dynamique alluviale insuffisante (barrages et autres ouvrages hydroélectriques), éclusées, débits minimaux insuffisants, pollution des eaux par les nutriments, les pesticides et autres micropolluants tels que résidus d'antibiotiques, de médicaments, de produits cosmétiques, etc. Pour leur développement, les insectes aquatiques ont en outre besoin de fonds et de rives proches de la nature. La revitalisation des cours d'eau et l'augmentation de l'espace réservé aux cours et plans d'eau sont donc très favorables aux insectes.	O, V	x	x	x	x	x
2.9	Protéger les habitats des insectes contre les atteintes extérieures (apports de pesticides et d'azote, manque d'eau) – Définition et mise en œuvre systématiques d'espaces réservés aux eaux écologiquement suffisants – Création et entretien de zones-tampons (nutriments, hydrologie, dérangements) autour de tous les sites protégés. – Aménagement de bandes tampons de largeur suffisante le long des structures paysagères favorables à la biodiversité.	– De vastes études scientifiques ont démontré que les prescriptions actuelles concernant la taille de l'espace réservé aux eaux sont les valeurs les plus basses permettant de préserver leur fonction telle qu'elle est prévue par la législation. Pour les petits plans d'eau notamment, la création et la mise en œuvre sans exception de l'espace réservé aux eaux sont capitales, car ces espaces sont d'importants habitats pour les insectes. – Des zones-tampons suffisantes destinées à réduire les apports en nutriments, les dérangements et, près des sites humides, pour maintenir une alimentation en eau suffisante sont essentielles à tous les sites protégés. – L'aménagement de bandes tampons est un préalable indispensable au maintien de la qualité et de l'intégrité de diverses structures paysagères favorables à la biodiversité.	O, V, évtl. N	x	x	x	x	x
2.10	Préserver et valoriser les communautés sylvoles et les milieux forestiers prioritaires (forêts humides, claires ou primaires notamment), promouvoir au moyen d'approches modernes les structures forestières écologiquement précieuses issues de modes d'exploitation traditionnels.	Les stades précoces et tardifs de développement des forêts offrent un habitat idéal aux insectes xylobiontes et héliophiles. L'aménagement de réserves forestières et de réserves spéciales ainsi que d'îlots de vieux bois favorisera le développement naturel de la forêt et créera des conditions favorables pour les espèces exigeantes au même titre que certaines formes traditionnelles d'exploitation sylvoles. Les forêts inexploitées depuis un certain temps (> 50 ans) ont un haut potentiel de naturalité. Il faut réduire le plus possible les interventions dans ces forêts.	O, V	x	x			x
2.11	Créer des îlots de vieux bois et des réserves forestières naturelles dans une part suffisante de la surface boisée.	Les espèces d'insectes xylobiontes, tributaires de vieux arbres et de stades avancés du développement forestier manquent actuellement d'habitats appropriés.	O, V		x			x
2.12	Respecter dans la mesure du possible l'évolution naturelle de surfaces résultant de catastrophes naturelles tels que tempêtes, inondations, glissements de terrain etc.	Les perturbations naturelles peuvent être considérées comme la correction naturelle d'une dégradation prolongée de l'écosystème. Les surfaces perturbées par des catastrophes naturelles peuvent être importantes pour de nombreuses espèces d'insectes. Il faut donc respecter le plus souvent possible leur évolution naturelle. Dans les forêts exploitées, des perturbations naturelles telles que les tempêtes à l'origine des chablis peuvent créer des conditions favorables aux insectes sylvoles. Si rien ne s'y oppose du point de vue phytosanitaire ou pour des raisons de sécurité, il faut autoriser l'évolution naturelle de la forêt sur les surfaces ravagées et touchées par des catastrophes naturelles, et maintenir dans la forêt le bois mort couché ou sur pied.	O, V	x	x	x		x

N°	Mesure	Explication	Catégorie	Zone agricole	Forêt	Eaux et rives	Milieu urbain	Autres milieux et zones protégées
<b>3 Mettre en œuvre des mesures ciblées de promotion des espèces</b>								
3.1	Sur la base du plan de conservation des espèces en Suisse, développer, mettre en œuvre et suivre des mesures ciblées pour les groupes d'espèces (guildes) présentant des exigences similaires (lichens, champignons et insectes des vieux arbres, p. ex.) et au besoin pour certaines espèces particulières d'insectes.	<p>Selon la liste nationale des espèces prioritaires, un besoin de mesures ciblées se fait sentir pour plus de 100 espèces d'insectes (programmes de promotion des espèces, p. ex.). Pour plus de 500 espèces, il n'est pas certain que des mesures ciblées soient nécessaires. Pour ces espèces, des mesures de gestion appropriées dans leurs habitats sont probablement suffisantes.</p> <p>Des plans d'action peuvent être élaborés pour les espèces nécessitant des mesures ciblées et pour lesquelles les connaissances sont suffisantes. Pour les autres groupes importants non encore traités dans cette liste (abeilles sauvages p. ex.) ou pour les espèces dont les exigences sont inconnues, il faut engager les études nécessaires (voir 10. Intensifier la recherche, mesures 10.1 et 10.5).</p> <p>Etant donné le nombre élevé d'espèces prioritaires nécessitant des mesures ciblées, il est recommandé de regrouper les espèces présentant les mêmes exigences en guildes et de proposer des mesures favorables à l'ensemble des espèces de ces guildes, comme ce fut le cas pour les espèces des forêts claires.</p>	O, V	x	x	x	x	x
<b>4 Réduire les risques et l'emploi de pesticides</b>								
4.1	Réduire les risques liés aux pesticides pour les insectes.	L'impact des pesticides sur les communautés d'organismes vivants est notamment déterminé par leur toxicité, leur concentration dans l'environnement ainsi que par la durée et la fréquence d'exposition des individus touchés. Pour réduire les effets indésirables de l'emploi de pesticides sur les insectes, il est impératif d'agir sur tous ces facteurs. La diminution des risques requiert en outre une révision de la législation en vigueur, un soutien économique et pratique aux exploitants et une intense campagne d'information.	O, V, N	x	x	x	x	x
4.2	Développer des systèmes de production durables nécessitant le moins de pesticides possible, renforcer et mettre en œuvre systématiquement la protection intégrée des plantes.	Les systèmes de production agricole durables se distinguent notamment par la culture d'espèces et de variétés de plantes adaptées au site, la sélection et l'emploi de variétés de plantes robustes, la prise de mesures favorables aux organismes antagonistes (parasitoïdes, prédateurs) ainsi que par d'autres approches de production intégrée.	O, V, évtl. N	x				
4.3	Interdire les pesticides particulièrement dangereux.	Interdire les pesticides présentant de gros risques pour l'environnement et la biodiversité. Il faut garantir en outre que d'éventuelles substances de remplacement n'entraînent pas d'autres effets secondaires indésirables.	O, V	x	x		x	
4.4	Développer des succédanés moins toxiques aux biocides ainsi qu'aux médicaments et produits vétérinaires néfastes aux insectes et réduire leurs apports dans l'environnement.	Les biocides (pesticides utilisés pour la protection de matériaux ou dans la lutte contre les ravageurs) peuvent se répandre dans l'environnement et porter atteinte aux insectes non cibles. Il en va de même pour certains médicaments (antibiotiques p. ex.) et produits vétérinaires (antiparasitaires p. ex.), qui, au travers des déjections, portent préjudice (non intentionnel) aux insectes.	O, V, N	x		x	x	x
4.5	Interdire l'emploi de produits phytosanitaires en milieu urbain (espaces verts publics ou privés, jardins), ainsi que la vente de certains produits phytosanitaires aux particuliers.	Les produits phytosanitaires ne sont pas seulement utilisés dans l'agriculture, mais aussi en milieu urbain que cela soit par les services publics, les entreprises ou les particuliers. Leur usage inapproprié (épandages trop fréquents, dosages inadéquats) porte un préjudice direct (insecticides) ou indirect (herbicides) aux insectes. De nombreuses techniques mécaniques, biologiques ou biotechnologiques existent toutefois et pourraient se substituer avantageusement à l'emploi de tels produits en milieu urbain. Bien que la législation limite l'utilisation des herbicides dans les zones urbaines, l'interdiction d'utiliser des herbicides sur et le long des routes, chemins, places, terrasses et toits n'est souvent pas respectée.	V, N				x	

N°	Mesure	Explication	Catégorie	Zone agricole	Forêt	Eaux et rives	Milieu urbain	Autres milieux et zones protégées
<b>5 Réduire les apports d'azote et de phosphore</b>								
5.1	Réduire les effectifs d'animaux de rente et l'emploi d'aliments concentrés; privilégier des races adaptées et réduire les effectifs des troupeaux à la productivité des herbages afin d'éviter tout apport de complément alimentaire (affouragement en pâturage ou estivage).	Les effectifs élevés d'animaux de rente, les races tributaires d'un fourrage à base d'aliments concentrés et l'importation de fourrage font partie des facteurs responsables du volume élevé d'engrais de ferme généré par l'agriculture suisse et des apports excessifs d'azote dans l'environnement qui en résultent.	O, V, évtl. N	x				
5.2	Dans la production de produits alimentaires et fourragers, réduire l'emploi d'engrais azotés et phosphorés, y compris d'engrais de ferme.	En dépit des recommandations en matière de fertilisation, des fertilisants sont parfois épandus en quantité excessive dans les cultures et les herbages, au mauvais moment ou à mauvais endroit à proximité de cours d'eau, p. ex. Il existe toutefois des solutions de remplacement (engrais vert, variétés moins exigeantes, application précise, p. ex.) permettant de réduire l'emploi de fertilisants.	O, V, évtl. N	x				
5.3	Réduire les importations de fourrage et de fertilisants.	Les importations de fourrage et de fertilisants sont des facteurs déterminants des cycles de l'azote et du phosphore en Suisse. Ces importations contribuent dans une large mesure aux excédents d'azote et de phosphore de l'agriculture suisse et donc à leur dissémination indésirable dans l'environnement (forte concentration de phosphore et de nitrates dans les eaux, important dépôt d'azote atmosphérique, p. ex.).	N	x				
5.4	Réduire les excédents et les émissions d'azote et de phosphore, surtout d'ammoniac.	Cette réduction peut se faire par une diminution de l'emploi d'aliments concentrés, d'azote et de phosphore, ainsi que par des mesures organisationnelles et techniques telles que l'adoption de pratiques réduisant la lixiviation (lessivage par dissolution dans les eaux de ruissellement) de l'azote et du phosphore.	O, V	x				
<b>6 Adopter un mode d'exploitation respectueux des insectes</b>								
6.1	Adopter un mode d'exploitation des surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) respectueux des insectes.	Aménagement de bandes refuges sur toutes les surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) en prairies (ou pâturage), aucune faucheuse conditionneuse sur les SPB de qualité Q1 (jusqu'à seulement sur SPB QII), fauche échelonnée dans le temps et dans l'espace, renoncement à l'ensilage et aux faucheuses rotatives, hauteur minimale de coupe à 8-10 cm, fauchage précoce des sites qui s'y prêtent.	O, V	x				
6.2	Adopter un mode d'exploitation des prairies peu intensives aussi respectueux des insectes que possible.	Entre autres, adoption de techniques de fauche respectueuses des insectes, emploi limité de fertilisants.	O, V	x				
6.3	Réduire le travail du sol dans l'agriculture de façon à accroître la couche d'humus; veiller à une couverture intégrale du sol et promouvoir une gestion adéquate de la fumure.	Les insectes vivant au sol tirent profit de ces mesures.	O, V	x				

N°	Mesure	Explication	Catégorie	Zone agricole	Forêt	Eaux et rives	Milieu urbain	Autres milieux et zones protégées
6.4	Dans la zone d'estivage, adapter l'intensité du pâturage à la nature des sites concernés; réduire notablement la charge en ovins à l'étage alpin, éviter de pâturer les groupements végétaux sensibles et adapter la charge normale des herbages afin d'éviter tout dommage écologique.	En zone d'estivage, l'intensité de pâturage est parfois trop élevée non loin des bâtiments d'alpage et en revanche insuffisante en périphérie pour éviter l'embroussaillage. Dans les deux cas, il en résulte des pertes de biodiversité. La charge en bétail et le mode de pâturage doivent donc être soigneusement adaptés au site. A l'étage alpin, notamment, le pâturage par des moutons peut, tel qu'il est pratiqué actuellement avoir une incidence écologique très négative. En principe, l'ordonnance sur les paiements directs (OPD) devrait indiquer quelles surfaces ne peuvent pas être pâturées (surfaces abritant des groupements végétaux sensibles ou présentant un risque d'érosion p. ex.). Ces surfaces devraient être consignées dans un plan d'exploitation et clôturées en conséquence. De plus, selon l'OPD, le canton devrait abaisser la charge normale en cas de dommage écologique et ne devrait tolérer aucun accroissement de la charge normale s'il devait en résulter des dommages écologiques.	V	x				x
6.5	Adopter une gestion favorable aux insectes des bords des voies de communication (routes, voies ferrées), des chemins et sentiers, des fossés de drainage, des rives de cours et plans d'eau et de toutes autres structures linéaires.	Les talus routiers ou ferroviaires, les bords de chemins et les rives de cours et plans d'eau, en comme hors forêt, sont souvent encore des réservoirs précieux ou ont un fort potentiel pour les insectes. De plus, ils ne font en général guère l'objet de conflits d'affectation. Leur mode de gestion devrait donc tenir compte de l'intérêt qu'ils ont pour la biodiversité et donc impliquer, une exportation systématique de la végétation coupée ou broyée, le respect d'une hauteur de coupe suffisante (10 cm) et l'échelonnement spatial et temporel de la fauche (éviter leur fauchage systématique, sur de longs tronçons, durant la période de floraison).	0, V	x	x	x	x	x
6.6	Privilégier un aménagement proche de la nature et riche en structures des espaces verts publics et des jardins privés; favoriser les plantes indigènes; adopter une gestion respectueuse des insectes.	Les insectes tirent bénéfice des structures de promotion de la biodiversité et sont souvent décimés par inadvertance par des tondeuses robotisées et autres engins mécaniques. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Privilégier une tonte moins fréquente et échelonnée dans le temps et dans l'espace.</li> <li>- Réduire le travail du sol et la lutte contre les mauvaises herbes de même que les tondeuses robotisées et les souffleurs dans l'entretien des gazons. Ne pas remplacer les pelouses naturelles par des gazons pauvres en espèces.</li> <li>- Diversifier l'offre en sites de nidification et de nutrition pour les insectes, créer des structures favorisant la biodiversité telles que tas de bois et de pierres, plans d'eau et zones sablonneuses; ne pas enlever le bois mort et les tiges séchées.</li> <li>- Planter surtout des arbres, des arbustes et des fleurs indigènes, qui pourront servir de ressources alimentaires aux espèces d'insectes indigènes.</li> </ul>	0, V			x		
6.7	Promouvoir les arbres habitats et le bois mort sur l'ensemble de la surface boisée, en particulier sur le Plateau et dans le Jura – même en cas d'exploitation de bois énergie.	Sur le Plateau et dans le Jura, les forêts présentent encore un important déficit en arbres habitats et en bois mort à disposition des insectes saproxyliques exigeants. Or c'est justement dans ces régions qu'une exploitation du bois énergie pourrait s'avérer rentable, ce qui pourrait, si aucune mesure n'est prise, accroître la pression sur ces insectes.	V		x			
6.8	Entreposer le bois abattu dans le souci des insectes jusqu'à son évacuation de la forêt.	Le bois mort couché, notamment en piles de bois énergie, peut constituer un piège pour certains insectes si le bois est évacué avant qu'ils n'aient achevé leur développement. Il est recommandé de stocker le bois voué à une rapide exploitation en dehors de la forêt, d'écorcer les troncs ou, le cas échéant, de couvrir le bois stocké en forêt.	0		x			

N°	Mesure	Explication	Catégorie	Zone agricole	Forêt	Eaux et rives	Milieu urbain	Autres milieux et zones protégées
<b>7 Conjurer le changement climatique</b>								
7.1	Renforcer la protection climatique directe : abandon des sources d'énergies fossiles et réduction des émissions de CO <sub>2</sub> .	L'accroissement du réchauffement climatique aura des incidences négatives disproportionnées sur les insectes. Si certains effets peuvent encore être supportables en cas de réchauffement de 1,5° C, cela ne le sera à partir de 2° C. L'assèchement à grande échelle des cours d'eau pourrait p. ex. porter un coup fatal à une part importante si ce n'est à tous les insectes aquatiques. La protection directe du climat est donc une des principales mesures de protection des insectes.	O, V, N	x	x	x	x	x
7.2	S'assurer que la protection du climat s'appuie sur des mesures efficaces et ne mise pas sur des mesures inefficaces pouvant avoir des effets négatifs directs sur les insectes.	Les mesures efficaces de protection du climat comprennent la réduction des émissions de gaz à effet de serre ainsi que la protection des forêts et des marais existants. La plantation de forêts ou la multiplication des petites centrales hydroélectriques, en revanche, sont des mesures inefficaces qui peuvent avoir des effets très négatifs sur les communautés d'insectes.	O, V	x	x	x	x	x
7.3	Définir les mesures d'adaptation au changement climatique si possible favorables aux insectes.	Une adaptation au changement climatique consiste par exemple à ombrager les cours d'eau pour atténuer leur réchauffement. Afin de tenir compte des différentes espèces d'insectes aquatiques ou paludéens, il convient de procéder à un boisement raisonné des rives de cours d'eau ménageant l'alternance de sections de rive ombragées et ensoleillées. La densité et l'étendue de l'ombrage doivent être adaptées à chaque cours d'eau.	O, V	x	x	x	x	x
<b>8 Réduire la pollution lumineuse</b>								
8.1	Identifier les surfaces et couloirs obscurs importants afin de conserver les grandes zones d'habitats obscurs encore existantes où la réduction de la pollution lumineuse est prioritaire (zones prioritaires pour les mesures) et mettre en œuvre les mesures appropriées.	Réduire la pollution lumineuse partout où c'est possible. Accorder la priorité à une réduction de la pollution lumineuse dans et autour des milieux riches ou potentiellement riches en insectes.	O, N	x	x	x	x	x
8.2	Réduire l'éclairage des rues, des places et des édifices publics (réduire la surface et la durée de l'éclairage au minimum nécessaire par une désinstallation, une commande intelligente ou une extinction temporaire).	<ul style="list-style-type: none"> <li>– En matière de lumière artificielle la législation actuelle ne régit que les feux de circulation, les solariums et les lasers, l'éclairage des rues et des façades ne faisant l'objet que de normes. Il conviendrait de finaliser l'aide à l'exécution visant à limiter les émissions lumineuses inutiles.</li> <li>– Si l'éclairage est absolument nécessaire, promouvoir les commandes intelligentes, telles que les commandes d'éclairage avec détecteur de mouvement.</li> <li>– Eviter si possible les sources lumineuses dans un rayon de 40 à 60 m autour des plans et cours d'eau car les insectes aquatiques sont particulièrement attirés par la lumière.</li> </ul>	O, V	x	x	x	x	x
8.3	Réduire l'éclairage extérieur dans le domaine privé (jardins, maisons) et dans les enceintes et bâtiments d'entreprise (réduire la surface et la durée de l'éclairage au minimum nécessaire par une désinstallation, une commande intelligente ou une extinction temporaire).	Renoncer à l'éclairage de plantes (arbres), d'objets d'art, de façades etc., surtout en cas de rayonnement vers le haut et vers les côtés. Éteindre l'éclairage extérieur durant les heures de repos nocturne (22h–6h), si l'éclairage n'est pas nécessaire.	O, évtl. N	x	x	x	x	x
8.4	Réduire l'incidence de la lumière artificielle restante, en choisissant p. ex. la température de couleur (max. 3000 Kelvin), l'intensité lumineuse (clarté) ainsi que l'emplacement, l'orientation et la couverture de la source lumineuse.	Les insectes ne réagissent pas seulement à l'intensité lumineuse (clarté), mais aussi à la température de la couleur. Ils sont particulièrement sensibles à la lumière blanche, bleue et aux ultra-violet. De plus, l'emplacement, l'orientation et la couverture de la source lumineuse permettent de limiter la lumière à la zone où elle est réellement nécessaire et d'éviter l'éclairage inutile d'autres zones.	O, évtl. N	x	x	x	x	x

N°	Mesure	Explication	Catégorie	Zone agricole	Forêt	Eaux et rives	Milieu urbain	Autres milieux et zones protégées
<b>9 Etendre les monitorages et les suivis</b>								
9.1	Poursuivre les programmes de monitoring existants et les compléter par des groupes d'insectes supplémentaires.	<p>Les observations à long terme sont extrêmement importantes et n'existent que ponctuellement. Poursuivre impérativement les programmes existants.</p> <p>Augmenter le nombre de groupes d'insectes retenus dans le cadre du programme d'actualisation des listes rouges nationales en particulier pour des groupes déjà traités dans les listes rouges plus anciennes (Duelli 1994; fourmis, coléoptères aquatiques, neuroptères) et pour un choix de groupes appartenant à des niveaux trophiques non encore représentés (décomposeurs ou parasitoïdes p. ex.). Pour cela il est nécessaire de compléter et actualiser le catalogue des espèces d'insectes suisse (liste de toutes les espèces) et les connaissances sur la distribution d'un maximum possible de groupes (cartes de distribution).</p> <p>En outre, les programmes de monitoring existants doivent être complétés et étendus aux groupes d'espèces dont le degré de menace est connu. Pour divers monitorages établis, des expert-e-s ont développé et testé des modules concernant les insectes, ou débattu d'autres possibilités de prendre en compte les insectes (cf. les approches de la Citizen Science). Pour améliorer le savoir relatif à l'évolution des populations d'insectes, aussi bien celles des espèces communes que des espèces rares, il faudrait en priorité mettre en œuvre et financer les modules suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD-CH) : recensement supplémentaire des libellules et de quelques autres groupes d'eaux stagnantes (coléoptères et hétéroptères aquatiques par ex.). Elaboration d'un module complémentaire de recensement de la biomasse par groupe d'espèces.</li> <li>– Espèces et milieux agricoles (ALL-EMA) : module supplémentaire Abeilles sauvages.</li> <li>– Suivi des effets de la protection des biotopes en Suisse (WBS) : module supplémentaire Insectes. Il faut recenser en priorité les papillons diurnes, les libellules et les orthoptères dans tout ou partie des inventaires nationaux. Il faut s'interroger par ailleurs sur le recensement des abeilles sauvages dans les prairies et pâturages secs et des carabidés dans les zones alluviales.</li> </ul>	O, N	x	x	x	x	x
9.2	Etudier systématiquement une sélection d'espèces et de groupes d'insectes sur une vaste échelle et à long terme.	Retenir en priorité des groupes pour lesquels une base de données de distribution est déjà disponible et/ou qui présentent un mode de vie globalement diversifié (régime alimentaire, exigences en matière d'habitat). Il s'agit par exemple des punaises (Heteroptera), qui présentent une bonne corrélation avec la diversité globale des invertébrés et ont un large spectre alimentaire, ainsi que de certains diptères (syrphes) ou hyménoptères (mouches à scie), des macrolépidoptères nocturne ou des coléoptères coprophages (Scarabaeidae pro parte) et nécrophages (Silphidae p. ex.).	N	x	x	x	x	x
9.3	Compléter par des modules entomologiques ciblés les évaluations de mesures et les suivis existants et prévus.	L'impact de nombreuses mesures sur les insectes est en grande partie ignoré. Des modules supplémentaires pour les insectes peuvent être assez facilement intégrés dans les suivis et les évaluations.	O	x	x	x	x	x
9.4	Développer des protocoles de recensement englobant les insectes pour l'évaluation des milieux.	Ces protocoles doivent servir de base aux études d'impact sur l'environnement et autres évaluations écologiques ainsi qu'aux suivis de l'effet des mesures prises. Ils ne devraient pas seulement comporter quelques espèces indicatrices, mais au moins quatre niveaux de complexité : espèces (espèces rares, espèces des listes rouges); communautés d'espèces (structure et composition); fonctionnement (sur la base des propriétés et des groupes fonctionnels) et fréquence/biomasse.	N	x	x	x	x	x

N°	Mesure	Explication	Catégorie	Zone agricole	Forêt	Eaux et rives	Milieu urbain	Autres milieux et zones protégées
<b>10 Intensifier la recherche*</b>								
10.1	<p>Etudier la biologie et l'écologie d'espèces d'insectes, leur réaction aux facteurs de risque, leur adaptabilité au changement climatique et ceci notamment pour les espèces rares, menacées pour lesquelles la Suisse assume une responsabilité particulière (espèces alpines endémiques).</p> <p>Etudier le rôle des espèces, des groupes d'espèces et de la diversité des espèces d'insectes en termes de services écosystémiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Les principaux facteurs de risque pour les insectes sont connus. Certaines lacunes peuvent toutefois subsister en ce qui concerne leur impact et les effets de leurs interactions sur certaines espèces ou certains groupes d'espèces.</li> <li>– L'étude de la biologie et de l'écologie de nombreux groupes et espèces d'insectes n'a été qu'ébauchée. Pour pouvoir prendre des mesures ciblées de conservation, il faut améliorer le niveau actuel des connaissances notamment celui concernant les espèces nationales prioritaires les moins étudiées.</li> <li>– Les études sont insuffisantes en ce qui concerne l'influence de certaines espèces, de certains groupes d'espèces et de la diversité de leurs communautés sur la qualité et la quantité des services écosystémiques ; elles manquent aussi sur les interactions souvent sous-jacentes entre les insectes eux-mêmes et entre les insectes et d'autres espèces animales et végétales.</li> </ul>						
10.2	<p>Perfectionner les méthodes de recensement actuelles en les couplant aux nouvelles technologies pour faciliter le suivi de l'évolution des populations d'insectes.</p>	<p>Le tri des échantillons d'insectes capturés par les méthodes de piégeage classiques et leur identification exigent de gros moyens humains et financiers. Leur utilisation raisonnée couplée aux vastes possibilités qu'offrent les nouvelles technologies (ADN environnemental, métabarcodage, analyses de sons et d'images notamment) permettront d'optimiser les coûts, faciliteront l'émergence de méthodes de recensement moins invasives et l'études des communautés d'espèces de milieux à ce jour trop peu étudiés (sol, sédiments lacustres, réseau karstique p. ex.).</p>						
10.3	<p>Poursuivre les rares études à long terme existantes et répéter les relevés pour lesquels des données anciennes sont disponibles en utilisant des méthodes comparables.</p>	<p>Ces comparaisons aident à définir des points de référence, auxquels on souhaitera se rapporter à l'avenir pour évaluer l'évolution de la diversité et des populations d'insectes.</p>						
10.4	<p>Mettre en valeur le matériel déjà collecté au cours de projets de recherche à large échelle ou dispersé dans les nombreuses collections naturalistes, dans le cadre notamment de l'initiative SwissCollNet de la SCNAT.</p>	<p>Le matériel déjà collecté a un grand potentiel pour combler les lacunes de connaissances et en acquérir de nouvelles et ceci d'autant plus si sa mise en valeur inclut l'étude de sa diversité génétique (génomique muséale). Le travail dans les collections documente la distribution passée et plus récente des espèces et permet ainsi de reconstituer la diversité de la faune entomologique de régions entières et de différents types de milieux. L'évaluation de la diversité génétique des spécimens en collection permet pour sa part de formuler certaines hypothèses sur l'évolution de la taille des populations ou l'adaptabilité des espèces d'insectes aux nouvelles conditions environnementales.</p>						
10.5	<p>Développer des techniques d'entretien et d'exploitation pratiques et respectueuses des insectes dans différents domaines ainsi que des mesures de promotion pour des espèces et groupes d'insectes spécifiques.</p>	<p>Pour de nombreux groupes et espèces d'insectes, on ne sait pas encore grand-chose sur la manière de les conserver et de les promouvoir. Sur la base des connaissances de base sur les différentes espèces et groupes d'insectes (cf. également mesure 10.1), il faut développer des mesures praticable pour leur promotion.</p>						

\* Concernant l'axe « Intensifier la recherche », la catégorie de mesures n'est pas indiquée.

N°	Mesure	Explication	Catégorie	Zone agricole	Forêt	Eaux et rives	Milieu urbain	Autres milieux et zones protégées
<b>11 Améliorer la connaissance des espèces et les compétences pratiques</b>								
11.1	Améliorer le savoir relatif aux insectes, à leurs exigences écologiques, aux facteurs qui les menacent et aux modes d'exploitation qui les favorisent dans les diverses formations normales et continues et notamment dans celles menant aux professions vertes (agriculture, sylviculture, horticulture etc.) aux services d'entretien des communes et des cantons ainsi qu'à la gestion des zones protégées, p. ex.	Les habitats des insectes sont souvent dégradés ou détruits par ignorance.	0	x	x	x	x	x
11.2	Initier davantage les étudiant-e-s à la systématique et l'écologie des insectes et accroître l'attrait de ces filières de formation dans les universités et les hautes écoles spécialisées.	Les connaissances relatives à la diversité et à la répartition des espèces sont encore très rudimentaires pour certains groupes d'insectes. Cela s'explique notamment par le manque d'expert-e-s. L'attrait des filières d'études correspondantes s'accroîtra si des domaines de recherche novateurs sont proposés.	0					
11.3	Offrir à toutes les personnes intéressées des programmes de formation axés sur la connaissance des espèces et leur écologie, y compris pour des groupes d'insectes jusque-là peu étudiés.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Débloquer les finances nécessaires et mettre en œuvre la « Stratégie de formation sur la connaissance des espèces » d'Infospecies, de la Swiss Systematics Society, d'Hepia, de la ZHAW et de la sanu sa.</li> <li>– Offrir des programmes de science participative et des projets nécessitant des degrés variables de spécialisation et de participation.</li> <li>– Développer des manuels et des applications d'identification même pour des espèces peu connues et peu étudiées.</li> <li>– Développer une stratégie de certification des connaissances acquises par les personnes ayant suivi ces nouvelles filières de formation.</li> </ul>	0, V, N					
11.4	Enseignement scolaire : intégrer davantage l'expérience de la nature et la connaissance des espèces entomologiques et fournir du matériel pédagogique.	De nombreux indices démontrent que le recul de la diversité biologique n'est perçu comme un problème que par les personnes qui connaissent suffisamment la faune et la flore pour en estimer la valeur. Il faut donc ancrer la connaissance des espèces aux différents niveaux de scolarité.	0					
11.5	Pour le grand public : mener une campagne d'information sur l'importance des insectes et les actions pratiques, individuelles ou collectives, permettant leur préservation incluant la publication de bons exemples (« best practice »).	Les habitats des insectes sont souvent détruits ou endommagés par ignorance et les mesures applicables pour les préserver sont peu connues. La large diffusion de pratiques ayant fait leurs preuves contribue à profiter des expériences déjà faites.	0				x	
11.6	Offrir une formation continue sur la biodiversité dans le domaine « flore, faune, milieu » à l'attention des mandataires d'études d'impact sur l'environnement et pour le suivi environnemental des chantiers.	Jusqu'à présent, les études d'impact sur l'environnement ne prennent pas assez en compte les insectes.	0, N	x	x	x	x	x

N°	Mesure	Explication	Catégorie	Zone agricole	Forêt	Eaux et rives	Milieu urbain	Autres milieux et zones protégées
<b>12 Actionner les grands leviers</b>								
12.1	Vérifier systématiquement que tous les projets de loi et les plans et programmes de développement de toutes les politiques sectorielles prennent en compte la préservation de la biodiversité et donc celle des insectes.	Les messages sur les projets de loi et les plans et programmes de développement impliquent tous une vérification de leur impact sur l'environnement. La nature, la biodiversité et les insectes en particulier ne sont toutefois qu'insuffisamment pris en compte. Il faut notamment, à cet égard, formuler plus explicitement et appliquer l'aide-mémoire relatif aux messages du Conseil fédéral.	O, V	x	x	x	x	x
12.2	Réorienter ou supprimer, mais ne pas recréer, les subventions et autres incitations préjudiciables à la biodiversité.	Face aux subventions destinées à sauvegarder et promouvoir la biodiversité existe un grand nombre de subventions qui elles lui portent atteinte. Ces dernières doivent être si possible réorientées ou simplement abolies. Il est en outre impératif de ne pas en générer d'autres.	O, V	x	x	x	x	x
12.3	Internaliser intégralement les coûts externes du déclin de la biodiversité.	Il faut intégrer les coûts externes du déclin de la biodiversité dans les décisions, les impôts, les bilans d'entreprise et des pouvoirs publics, les prix et les taxes douanières, la régulation du commerce international et tout autre domaine important.	N	x	x	x	x	x
12.4	Intégrer la protection et le renforcement des population d'insectes dans tous les secteurs importants : agriculture et sylviculture, transports, urbanisme et aménagement du territoire, éducation, économie.	Un arrêt du déclin de la diversité biologique et du recul des insectes et une éventuelle inversion de cette tendance ne pourront se réaliser sans que la préservation la biodiversité en général et celle des communautés d'insectes en particulier soit évidente et donc prise en compte dans tous les secteurs d'activité.	O, V, N	x	x	x	x	x

## Auteurs et auteurs

### Ivo Widmer

Titulaire d'un doctorat en biologie (option écologie et évolution), Ivo Widmer s'est principalement intéressé, durant ses activités de recherche à Zurich, Marseille et Lausanne, aux approches moléculaires et à leur application dans les domaines de l'évolution, de la biodiversité et de la protection de la nature. Ce faisant, il a notamment étudié les incidences du développement urbain sur la diversité génétique et morphologique et la survie de populations de lépidoptères. En qualité de collaborateur scientifique au Forum Biodiversité de l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT), il encourage le dialogue entre la science et le grand public, et il est responsable de la recherche appliquée et des synthèses scientifiques.

### Roland Mühlethaler

Roland Mühlethaler est entomologiste et spécialiste en bioacoustique, particulièrement intéressé par la systématique et le comportement des cicadelles. Il a travaillé à titre de biotaxonomiste aux musées d'histoire naturelle de Bâle, Cardiff, Paris et Berlin. Il seconde actuellement la coordination du projet DINA (Diversität von Insekten in Naturschutz-Arealen) auprès du bureau fédéral de l'Association allemande de protection de la nature (NABU) à Berlin. En tant que biologiste indépendant, il poursuit ses travaux de recherche dans les domaines de la faunistique et de la communication vibratoire chez les insectes et les araignées.

### Bruno Baur

De 1995 à 2021, Bruno Baur était professeur de la biologie de conservation et directeur de l'Institut de protection de la nature, du paysage et de l'environnement de l'Université de Bâle. Il est cofondateur et membre du Conseil scientifique du Forum Biodiversité de l'Académie suisse des sciences naturelles. Ses travaux de recherche portent principalement sur les modifications anthropogènes de la biodiversité, les espèces envahissantes et la biologie des espèces rares et menacées.

### Yves Gonthier

Yves Gonthier est directeur d'info fauna (CSCF) depuis 1990. Dans le cadre de ses activités, il est notamment chargé des relations avec les services fédéraux de protection des espèces et des habitats et avec l'étranger; il accompagne l'ensemble des développements informatiques et des projets concrets réalisés dans le cadre de l'initiative GBIF suisse et supervise les travaux de terrain et les analyses indispensables à l'actualisation des listes rouges nationales, notamment pour les insectes. Biologiste de formation, il a effectué son travail de diplôme sur la flore et la faune des araignées de trois pelouses sèches puis une thèse sur les papillons diurnes des différents types de milieux du Jura neuchâtelois. Il est particulièrement intéressé à l'étude de la distribution géographique des espèces et à leur utilisation potentielle en bioindication.

### Jodok Guntern

Jodok Guntern est responsable adjoint du Forum Biodiversité Suisse de la SCNAT. Ses travaux portent principalement sur la biodiversité dans les zones agricoles, l'infrastructure écologique ainsi que la synthèse et la transmission du savoir relatif à la biodiversité. Il a étudié les sciences naturelles de l'environnement à l'EPF Zurich, travaillé à la Station ornithologique suisse de même que dans une société d'ingénierie spécialisée dans les études d'impact, le suivi environnemental et la biodiversité.

### Gregor Klaus

Gregor Klaus est expert en biodiversité et journaliste scientifique indépendant. Au Forum Biodiversité, il se charge notamment du magazine Hotspot et du Service d'information biodiversité. Il est l'auteur et le rédacteur de nombreux rapports et livres sur le thème de la nature et du paysage (entre autres, des rapports d'état sur la biodiversité pour l'OFEV, la SCNAT et les cantons). Il a récemment publié le livre « Arten vor dem Aus », qui contient des reportages sur les animaux, les végétaux et les champignons en voie de disparition.

**Eva Knop**

Chercheuse senior chez Agroscope, Eva Knop enseigne à l'Université de Zurich. Jusqu'en 2019, elle était enseignante et responsable de groupe de recherche à l'Institut d'écologie et d'évolution de l'Université de Berne. Ses travaux de recherche gravitent autour des causes des modifications anthropogènes de l'environnement et de leurs répercussions sur la biodiversité et les interactions entre les espèces, ainsi que des conséquences qu'elles entraînent pour les services écosystémiques.

**Thibault Lachat**

Thibault Lachat est professeur d'écologie forestière à la Haute école spécialisée bernoise. Il a également travaillé au Forum Biodiversité avec qui il a publié le livre *Evolution de la biodiversité en Suisse depuis 1900*. Il étudie depuis plus de 15 ans la biodiversité forestière, plus particulièrement les espèces associées aux vieux arbres et au bois mort. A la tête d'un groupe de recherche, il s'intéresse tout particulièrement aux effets de la gestion forestière sur les communautés d'insectes saproxyliques. Il est rédacteur en chef de la revue « Alpine Entomology », le journal de la Société entomologique suisse.

**Marco Moretti**

Marco Moretti est chercheur senior à l'Unité de recherche Biodiversité et biologie de la conservation de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) à Birmensdorf. Il est titulaire d'un PhD en écologie de l'EPF Zurich. Ses domaines de recherche comprennent la biodiversité des invertébrés, les fonctions des écosystèmes et il utilise les traits des espèces pour comprendre les mécanismes sous-jacents. Au cours des 20 dernières années, il a étudié les écosystèmes urbains afin d'évaluer les facteurs sociaux et écologiques affectant la biodiversité et les services écosystémiques dans les villes. Il est membre du Forum Biodiversité Suisse depuis 2012.

**Daniela Pauli**

Daniela Pauli est responsable du Forum Biodiversité Suisse de la SCNAT et rédactrice d'Ornis, le magazine de BirdLife Suisse. Elle a étudié la biologie à l'Université de Zurich et consacré sa thèse de doctorat à la diversité végétale dans les bas-marais de Suisse. Autrice d'articles, de rapports, de fiches d'information et de livres, elle contribue à diffuser auprès d'un vaste public les acquis scientifiques relatifs à la biodiversité en Suisse.

**Loïc Pellissier**

Loïc Pellissier est professeur d'écologie à l'EPF Zurich et au WSL. Son groupe de recherche étudie les processus qui génèrent et maintiennent la biodiversité dans les paysages et utilisent des modèles informatiques pour projeter la réponse des espèces aux changements globaux.

**Thomas Sattler**

Thomas Sattler est biologiste et responsable du département « Surveillance de l'avifaune » à la Station ornithologique suisse de Sempach. Il s'intéresse tout particulièrement à l'analyse des facteurs qui déterminent la présence d'espèces dans l'espace et dans le temps. Dans sa thèse de doctorat il s'est intéressé à la diversité des insectes et des araignées, notamment en milieu urbain.

**Florian Altermatt**

Florian Altermatt est professeur d'écologie aquatique à l'Université de Zurich et dirige un groupe de recherche à l'Eawag. Il est en outre président du Forum Biodiversité et codirecteur de l'initiative Blue-Green Biodiversity Research (Eawag-WSL). Ses travaux de recherche portent principalement sur l'écologie et les sciences biodiversitaires, dans lesquelles il étudie l'influence des changements globaux sur la répartition et la diversité des organismes et de leurs fonctions écosystémiques à l'interface des milieux aquatiques et terrestres. Son intérêt faunistique se focalise principalement sur les insectes aquatiques, les amphipodes et les papillons.

## Qui sommes-nous?

Les **Académies suisses des sciences (a+)** regroupent les cinq académies scientifiques suisses, l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT), l'Académie suisse des sciences humaines et sociales (ASSH), l'Académie suisse des sciences médicales (ASSM), l'Académie suisse des sciences techniques (SATW) et la Jeune Académie Suisse (JAS). Elles comprennent en outre les centres de compétences TA-SWISS et Science et Cité ainsi que d'autres réseaux scientifiques. Les Académies suisses des sciences promeuvent la collaboration entre les scientifiques à l'échelon régional, national et international. Elles représentent la communauté scientifique aussi bien sur le plan des disciplines qu'au niveau interdisciplinaire et indépendamment des institutions et des branches spécifiques. Leur activité est orientée vers le long terme et vise l'excellence scientifique. Elles se fondent sur les savoirs scientifiques pour conseiller les politiques et le public sur des questions touchant de près la société.

## SCNAT – un savoir en réseau au service de la société

L'**Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT)** s'engage à l'échelle régionale, nationale et internationale pour l'avenir de la science et de la société. Elle renforce la prise de conscience à l'égard des sciences naturelles afin que celles-ci deviennent un pilier central de notre développement culturel et économique. Sa large implantation dans le milieu scientifique en fait un partenaire représentatif pour la politique. La SCNAT œuvre à la mise en réseau des sciences, met son expertise à disposition, encourage le dialogue entre la science et la société, identifie et évalue les progrès scientifiques de manière à construire et à renforcer les bases de travail de la prochaine génération de chercheuses et de chercheurs. Elle fait partie des Académies suisses des sciences.

Le **Forum Biodiversité Suisse** de l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT) est le centre de compétence scientifique pour la biodiversité et ses services écosystémiques en Suisse. Il s'agit d'un laboratoire d'idées, d'une interface entre science et politique et d'une antenne centrale pour tous les chercheurs, acteurs et cercles intéressés.