



***Conservation des chauves-souris
dans le cadre de la planification,
de l'aménagement et de l'assainissement
des infrastructures de transport***

Base de travail

*Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)
et l'Office fédéral des routes (OFROU), 2017*

Impressum

Mandant	Office fédéral de l'environnement (OFEV) Office fédéral des routes (OFROU)
Accompagnement OFEV / OFROU	Adrien Zeender, OFEV Marguerite Trocmé, OFROU
Auteurs	Alain Lugon (L'Azuré), Cécile Eicher (B+S AG), Fabio Bontadina (SWILD)
Collaborateurs	Robin Arnoux, Christophe Poupon (L'Azuré), Lucretia Deplazes (SWILD)
Schémas	Cédric Marendaz, infographiste, CCO et www.marendaz.com
Traduction	Cécile Eicher, Céline Barrelet (B+S AG), Alain Lugon (L'Azuré)
Version	1.0 - 10 août 2017
Remarque:	Le présent rapport a été réalisé sur mandat de l'OFEV / OFROU. Seuls les mandataires portent la responsabilité de son contenu.

Mandataires



L'Azuré - études en écologie appliquée
Crêts du Mont d'Amin 1
2053 Cernier

032 852 09 66
alain.lugon@lazure.ch
www.lazure.ch



B+S AG
Weltpoststrasse 3, Postfach 313
3000 Bern 15

031 356 81 40
c.eicher@bs-ing.ch
www.bs-ing.ch



SWILD
Stadtökologie, Wildtierforschung, Kommunikation
Wuhrstrasse 12, 8003 Zürich

044 450 68 05
fabio.bontadina@swild.ch
www.swild.ch

Référence bibliographique

Lugon A, Eicher C, Bontadina F. 2017. Conservation des chauves-souris dans le cadre de la planification, de l'aménagement et de l'assainissement des infrastructures de transport – Base de travail. Sur mandat de l'OFEV et de l'OFROU. 78 p.

Groupe d'accompagnement

Un groupe d'accompagnement, composé de spécialistes des infrastructures de transport, des ouvrages d'art et des chauves-souris, a été constitué afin d'évaluer la base de travail tout au long de sa conception. Trois séances de travail ont été menées. Le groupe comprend les personnes suivantes :

Nom	Institution	Tâches, fonction
Adrien Zeender	OFEV, Division Espèces, écosystèmes, paysages	Conduite du projet, politique en matière d'infrastructures dans le domaine du trafic, corridors faunistiques
Marguerite Trocmé	OFROU, Division Réseaux routiers	Accompagnement du projet, responsable secteur environnement
Laurent Meyer	OFROU, Division Infrastructure routière Est	Spécialiste Ouvrages d'art
Danielle Hofmann	OFEV, Division Espèces, écosystèmes, paysages	Conservation des espèces en Suisse
Thomas Gremminger	Departement Bau, Verkehr und Umwelt Kanton Aargau, Abteilung Landschaft und Gewässer	Responsable secteur paysage et mise en réseau
Philippe Fallot	Office des ponts et chaussées du canton de Berne, Routes nationales	Chef de projet Forêt Nature Paysage
Harry Fehlmann	Bureau Bänziger Partner AG	Spécialiste Ouvrages d'art
Pascal Moeschler	Centre de coordination ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris (CCO)	Directeur
Hubert Kraettli	Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz (KOF), Stiftung Fledermausschutz	Directeur
Luigi d'Egidio	CFF	Management des installations et technique - Structure

Table des matières

Objectifs et structure de la base de travail	6
I Eléments introductifs.....	7
1.1 Bases légales et menaces	8
1.2 Eléments d'écologie des chauves-souris	9
1.2.1 Cycle annuel très contrasté	9
1.2.2 Utilisation de différents gîtes	11
1.2.3 Echolocation et utilisation de l'habitat.....	11
1.3 Conflits et opportunités	14
1.3.1 Perte et dégradation d'habitats de chasse	14
1.3.2 Perte et dégradation de gîtes	15
1.3.3 Risque de collision.....	15
1.3.4 Fragmentation de l'habitat	16
1.3.5 Entretien et assainissement des ouvrages d'art.....	16
1.3.6 Emissions de lumière et de bruit	17
II Mesures de protection	19
2.1 Mise en œuvre des mesures	20
2.1.1 Marche à suivre	20
2.1.2 Choix des mesures.....	23
2.1.3 Mesures particulières.....	26
2.1.4 Suivi environnemental (SER)	28
2.1.5 Plan d'entretien.....	29
2.2 Suivi des mesures	30
2.2.1 Suivi de l'efficacité	30
2.2.2 Monitoring des populations.....	32
Annexes.....	33
Annexe A Présentation de quelques espèces de chauves-souris.....	34
Annexe B Fiches de mesures	35
B.1 Ouvrages de franchissement supérieurs.....	37
B.2 Ouvrages de franchissement inférieurs.....	41
B.3 Aménagement de structures guides.....	45
B.4 Aménagement des ouvrages d'art en faveur des chauves-souris	49
Annexe C Exemples de bonnes pratiques	55
Annexe D Fiche technique : Installation de nichoirs à chauves-souris sur les ponts	64
Glossaire.....	72
Bibliographie	75
Remerciements	77
Crédits photographiques	78
Adresses utiles	78

Objectifs et structure de la base de travail

Cette publication propose une base de travail pour les planificateurs et les responsables de l'entretien des infrastructures de transport ainsi que les bureaux de conseil en environnement dans l'optique d'intégrer la conservation des chauves-souris dans la planification des infrastructures. Elle vise une réduction des conflits liés à la protection des chauves-souris et une meilleure exploitation des opportunités offertes par les projets d'infrastructures de transport.

Seules les espèces animales terrestres ont été considérées à ce jour dans l'analyse des effets des infrastructures de transport linéaires sur la nature et le paysage. L'accroissement continu des connaissances dans le domaine de la « Road Ecology » montre que cette distinction est erronée et que la faune ailée peut également être fortement affectée. Les chauves-souris sont notamment concernées comme l'attestent de nombreux retours d'expériences provenant d'Allemagne, de France et d'autres pays européens.

Pour se rendre sur leurs habitats de chasse¹, de nombreuses espèces de chauves-souris empruntent des couloirs de vol constitués de structures paysagères linéaires (cours d'eau, vallons, lisières, haies, allées, etc.). L'aménagement d'infrastructures de transport routier ou ferroviaire peut interférer avec ces couloirs de vol, d'une part en réduisant considérablement leur perméabilité voire en les interrompant et d'autre part en augmentant le risque de collision. Les populations de chauves-souris peuvent ainsi être menacées dans leur existence et/ou se retrouver isolées [1] [2] [10]. Cette problématique touche près de la moitié des espèces présentes en Suisse, en priorité celles volant proche du sol et de la végétation.

Les infrastructures de transport offrent également d'importantes opportunités de gîtes pour les chauves-souris, en particulier dans les ouvrages d'art (ponts, viaducs, etc.). Les travaux d'entretien ou d'assainissement des ouvrages sont susceptibles d'entrer en conflit avec la conservation des chauves-souris, en entraînant des dérangements voire la destruction de colonies.

Cette base de travail offre une synthèse des connaissances concernant les mesures constructives permettant d'améliorer le franchissement des infrastructures de transport, de réduire la mortalité par collision et de favoriser les chauves-souris dans les ouvrages. Elle s'appuie sur les connaissances accumulées ces dernières années en Suisse et en Europe [6] [7] [9] [15] [19] [21]. Le document propose une marche à suivre ainsi qu'un catalogue de mesures visant à optimiser les infrastructures existantes ou planifiées. Il est conçu en deux parties distinctes afin de faciliter son utilisation :

I. Eléments introductifs

Bases légales, menaces et outils de conservation	→ Chapitre 1.1
Eléments d'écologie des chauves-souris	→ Chapitre 1.2
Conflits et opportunités	→ Chapitre 1.3

II. Mesures de protection

Mise en œuvre des mesures	→ Chapitre 2.1
Suivi des mesures	→ Chapitre 2.2

¹ Voir glossaire en page 72

I Éléments introductifs

1.1 Bases légales et menaces

Toutes les espèces de chauves-souris sont protégées sur le plan national depuis 1966 selon l'art. 20 al. 1 de la Loi sur la protection de la nature et du paysage (LPN), l'art. 20 al. 2a et l'annexe 3 de l'Ordonnance sur la protection de la nature et du paysage (OPN, 1991) ainsi que l'art. 6 et l'annexe 2 de la Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Convention de Berne, 1982).

L'OPN précise à l'art. 20 al. 3 que l'autorité compétente peut accorder des autorisations exceptionnelles « pour des atteintes d'ordre technique, qui s'imposent à l'endroit prévu et qui correspondent à un intérêt prépondérant. L'auteur de l'atteinte doit être tenu de prendre des mesures pour assurer la meilleure protection possible, ou, à défaut, le remplacement adéquat des espèces concernées ».

Sur les 30 espèces présentes en Suisse, 15 sont menacées (3 au bord de l'extinction, 5 en danger et 7 vulnérables) et 7 potentiellement menacées [5]. 22 espèces sont considérées comme prioritaires au niveau national, sur la base du degré de menace et de la responsabilité internationale que la Suisse assume pour la conservation de ces espèces [22]. Les principales menaces pesant sur les chauves-souris sont la disparition des habitats de chasse riches en insectes (milieux agricoles diversifiés, forêts de feuillus en plaine riches en espèces, marais, prairies maigres, etc.), la diminution des proies (essentiellement des insectes) liée à l'utilisation des pesticides, les rénovations de bâtiments utilisés comme gîtes et les dérangements dans les cavités souterraines en période d'hibernation.

1.2 Éléments d'écologie des chauves-souris

Ce chapitre présente les principaux éléments d'écologie des chauves-souris à prendre en compte dans le cadre de l'aménagement, de l'entretien et de l'assainissement des infrastructures de transport.

Les chauves-souris se caractérisent par un **cycle annuel** très contrasté, alternant entre une période de forte activité estivale, consacrée à l'élevage des jeunes, et une période hivernale de léthargie complète, calquée sur le cycle de leurs proies (insectes, etc.).

Les chauves-souris utilisent une **grande variété de gîtes**, en fonction des espèces et de la saison considérée. On distingue les gîtes d'hibernation, les gîtes de mise bas (femelles) ou d'estivage (mâles) occupés durant la belle saison, les gîtes d'accouplement visités en fin d'été et les gîtes de transit occupés temporairement lors des déplacements entre ces différents gîtes. Les ouvrages d'art offrent de nombreuses opportunités de gîtes pour les chauves-souris. Les ponts et les viaducs traversant des cours d'eau ou des vallons boisés sont les plus attractifs.

Près de la moitié des espèces de chauves-souris sont intimement liées à la végétation pour leurs déplacements ou leur activité de chasse. Elles suivent des **couloirs de vol** bien définis pour se rendre de leur gîte à leurs habitats de chasse. Ces couloirs se présentent généralement sous forme de **structures paysagères linéaires** telles que des cours d'eau bordés de berges boisées, des vallons, des lisières, des haies ou des allées d'arbres.

1.2.1 Cycle annuel très contrasté

Les chauves-souris sont des mammifères volants nocturnes caractérisés par un faible taux de reproduction (en général seulement un petit par année) et une longue durée de vie (jusqu'à plus de 30 ans).

Les chauves-souris indigènes sont adaptées au changement des saisons. Les mois riches en insectes avec un potentiel de nourriture élevé sont utilisés pour la mise bas et la reproduction. Les femelles se regroupent entre les mois d'avril et de mai pour établir leurs colonies de mise bas et donnent naissance à leur petit entre fin mai et début juillet. Après 4 à 6 semaines déjà les jeunes s'envolent et commencent à chasser de façon indépendante. Les colonies de mise bas se dissolvent, commence alors une phase d'erratisme, durant laquelle les gîtes d'hibernation spécifiques aux espèces sont visités. En parallèle débute la période de reproduction. Les mâles tentent d'attirer les femelles dans des sites de parade ou alors les chauves-souris se regroupent dans certaines grottes ou mines en vue des accouplements. Outre la reproduction, ces regroupements ont pour but d'explorer des gîtes d'hibernation et de transmettre les informations aux jeunes. La période de froid entre octobre/novembre et mars/avril est principalement réservée à l'hibernation. La réduction du métabolisme permet d'économiser de l'énergie et de survivre durant les mois pauvres en insectes, sans ingestion de nourriture (figure 1).

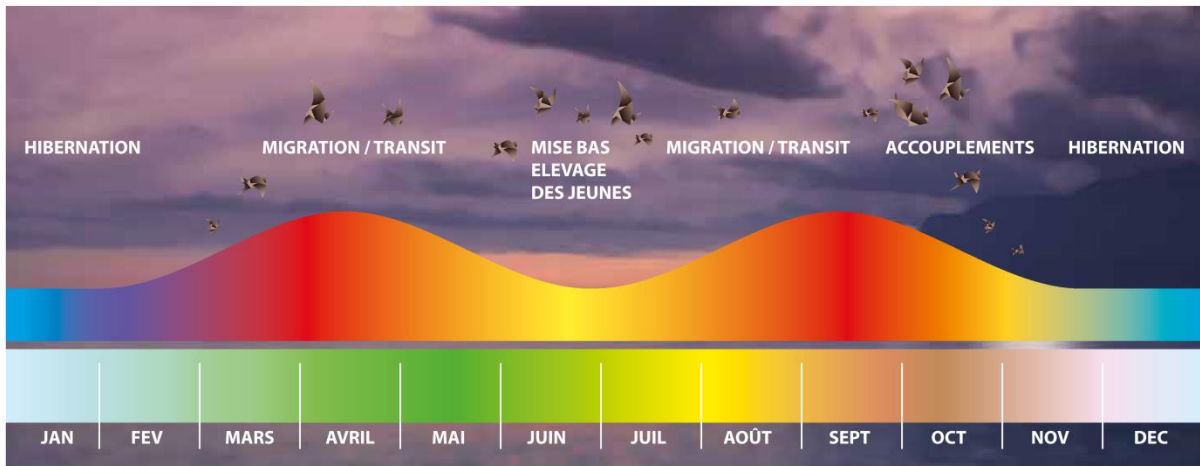


Figure 1: Cycle annuel des chauves-souris : durant l'hiver, les chauves-souris hibernent dans des cavités souterraines, des arbres creux, etc. ; elles peuvent occasionnellement utiliser des ouvrages d'art suffisamment isolés thermiquement, telles que les cavités dans les culées de ponts contre terre ; à la sortie de l'hiver, les femelles se déplacent vers les gîtes de mise bas ; certaines espèces migratrices font escale dans des gîtes de transit ; l'activité maximale est enregistrée en fin d'été après l'envol des jeunes ; durant l'automne, certaines espèces se regroupent pour s'accoupler dans des cavités souterraines, des arbres creux, etc.



Figure 2: Colonie de mise bas de Grands murins dans le pont de Corbières, canton de Fribourg (© Jérôme Gremaud).



Figure 3: Grands rhinolophes en hibernation, mine d'Ougney, Franche-Comté, France.

1.2.2 Utilisation de différents gîtes

Les chauves-souris utilisent une grande diversité de gîtes, qui leur permettent de se tenir en sécurité et sans être dérangées durant la journée ou en période d'hibernation. Les gîtes estivaux se trouvent dans des constructions ou dans des cavités d'arbres. Les gîtes en bâti les plus fréquents sont situés dans des combles, fissures dans les toitures, lambrissages de façade, volets, joints ainsi que dans des cavités de ponts ou autres ouvrages d'art ou dans des nichoirs spécifiques à chauve-souris. Beaucoup d'espèces accèdent à leur gîte par de petites ouvertures en rampant ou grimpant. D'autres espèces ont besoin d'une plus grande ouverture qu'elles peuvent franchir en volant. Les chauves-souris ont souvent des exigences élevées et variables selon les saisons quant aux conditions micro-climatiques. C'est pour cette raison que toutes les espèces nécessitent un réseau de plusieurs gîtes, souvent très rapprochés.

Les gîtes d'hibernation se distinguent par un microclimat équilibré, souvent humide et froid, mais à l'abri du gel. Les falaises, grottes et mines ou pour certaines espèces les arbres creux, caissons de stores voire des nichoirs spécifiques sont utilisés comme gîtes d'hibernation.



Figure 4: Gîte de mise bas de Grands rhinolophes dans les combles d'une église, Vex VS.



Figure 5: Gîte d'hibernation dans une ancienne carrière de marbre, Saillon VS.

Etant donné que les chauves-souris développent une tradition pour les gîtes en y retournant chaque année, le maintien des gîtes existants est primordial. La perte de gîtes touche souvent des colonies et donc un grand nombre d'individus, avec des conséquences néfastes importantes sur les populations locales.

1.2.3 Echolocation et utilisation de l'habitat

Echolocation et comportement de vol

Les chauves-souris nocturnes et très mobiles s'orientent à l'aide de l'écho de leurs ultrasons. Grâce à cette écholocation elles peuvent se déplacer à travers le paysage dans l'obscurité la plus totale et chasser des insectes. Les espèces locales émettent des sons dans une bande de fréquence entre 10 et 120 kHz, en grande partie inaudibles pour l'être humain. La portée de leurs cris est très variable. Chez les grandes espèces aux ailes longues et étroites, chassant d'un vol rapide dans l'espace aérien (par ex. la Noctule commune), les cris peuvent porter jusqu'à 100 m. En revanche, les plus petites espèces aux ailes courtes et larges (par ex. le Petit rhinolophe) sont plus agiles et capables de chasser dans une végétation dense ou entre les arbres. Les cris d'écholocation de ces espèces sont très directionnels et de portée relativement faible.

Utilisation différenciée de l'espace et de l'habitat

Les espèces de chiroptères se distinguent par un comportement spécifique et par des exigences différentes en matière d'habitat. Certaines espèces migrent sur de longues distances (plusieurs centaines de kilomètres) et établissent uniquement leur gîte d'hibernation en Suisse (par ex. la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule commune). D'autres espèces sédentaires occupent un territoire de petite dimension durant toute l'année avec un rayon d'activité de quelques kilomètres (par ex. la Pipistrelle commune et le Petit rhinolophe). Les habitats de chasse peuvent se trouver en forêt, sur des plans d'eau ou également dans des surfaces ouvertes riches en insectes. Les types d'habitats utilisés dépendent de la stratégie de chasse spécifique à l'espèce. Outre la capture d'insectes en plein vol grâce à l'écholocation dans l'espace aérien (par ex. les Noctules) ou le long de structures (par ex. les Pipistrelles), il existe des "glaneurs", comme le Grand murin ou les Oreillards, qui localisent leurs proies grâce à la détection passive des bruits émis par les insectes et les capturent ensuite au sol ou sur la végétation. Il en résulte des différences spécifiques entre les habitats de chasse tant au plan structurel que vertical (figure 6 et annexe A).

Couloirs de vol dans le paysage

En raison de la faible portée de leurs ultrasons, certaines espèces de chauves-souris sont fortement dépendantes de couloirs de vol bien structurés pour s'orienter dans le paysage.

Les couloirs de vol hautement fréquentés sont le plus souvent des éléments de liaison linéaires dans le paysage composés de structures verticales maintenues dans l'obscurité telles que des haies, des rangées d'arbres, des bâtiments, des lisières ou des rives boisées (figure 6). Les couloirs de vol situés proche de grandes colonies peuvent être fréquentés de manière intensive durant la nuit. La fragmentation d'un couloir de vol, induite par ex. par une infrastructure routière, peut dans certains cas empêcher l'accès à des habitats de chasse ou entraîner l'évitement du couloir de vol, avec pour corolaire la perte de qualité d'un gîte voire son abandon.

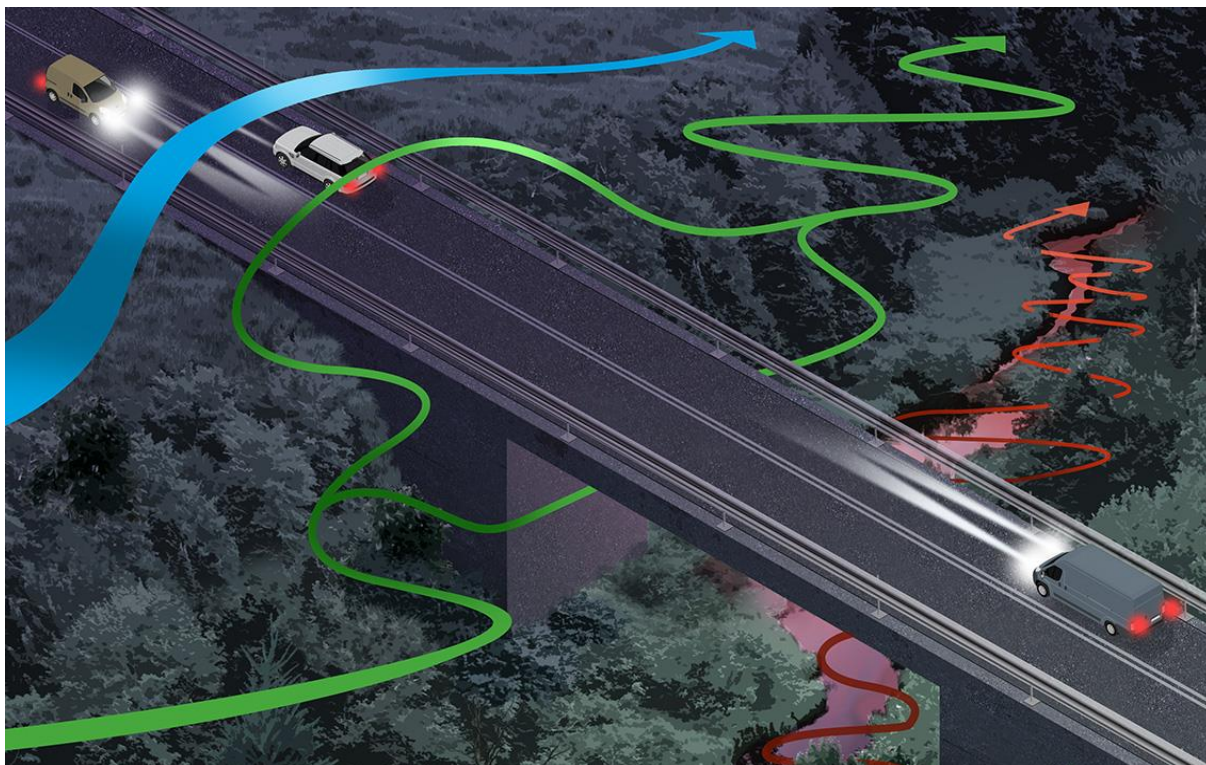


Figure 6: Utilisation différenciée de l'habitat et des couloirs de vol pour différentes espèces de chauves-souris : en bleu : espèces de haut vol se déplaçant dans l'espace aérien (par ex. la Noctule commune) ; en vert : espèces volant à proximité de la végétation et dans des clairières (par ex. la Sérotine commune et la Pipistrelle commune) ; en rouge : espèces strictement liées aux structures volant à l'intérieur de la végétation (par ex. les rhinolophes et les oreillards).



Figure 7: Cordon boisé planté le long d'un cours d'eau pour relier une colonie de mise bas de Petits rhinolophes à leurs habitats de chasse forestiers, autoroute BAB17 Dresden–Prag, Saxe, Allemagne.



Figure 8: Cordon boisé conduisant les chauves-souris sous un viaduc, LGV Rhin-Rhône, Ougney, Franche-Comté, France.



Figure 9: Les allées d'arbres sont régulièrement utilisées comme couloirs de vol ; elles doivent être installées sur des routes à trafic lent ou suffisamment éloignées de la chaussée pour des questions sécuritaires; Bahretal, Sachsen, Allemagne.

1.3 Conflits et opportunités

La construction et l'exploitation d'une infrastructure de transport peut **entraver les déplacements** des chauves-souris, en particulier si elle coupe un couloir de vol reliant un gîte et des habitats de chasse. Les **conflits** peuvent se manifester sous forme de destruction d'habitats de chasse et de gîtes, de collisions, d'interruption des couloirs de vol, de fragmentation des habitats et de dérangements liés aux travaux, aux éclairages et au bruit. La réfection et l'entretien des infrastructures de transport peuvent néanmoins représenter des **opportunités d'améliorer la perméabilité** des couloirs de vol, par le biais d'aménagements spécifiques.

Les **ouvrages d'art** font l'objet d'un **entretien** régulier et de travaux d'**assainissement** périodiques. Cela représente un risque pour les chauves-souris colonisant les ouvrages, mais également une **opportunité d'aménager de nouveaux gîtes**. Les ouvrages de franchissement de cours d'eau ou de vallons boisés sont les plus favorables. Les vieux ouvrages en pierre sont très prisés des chauves-souris, mais des ouvrages modernes sont également régulièrement colonisés.

La problématique de la **pollution lumineuse** affecte fortement les chauves-souris, en particulier en région de plaine. De nombreuses espèces évitent les secteurs éclairés et sont donc impactées par l'aménagement de nouvelles routes éclairées en périphérie des agglomérations. L'éclairage des ouvrages (ponceaux, ponts, viaducs) localisés sur des couloirs de vol est également très défavorable car il peut empêcher leur franchissement et colonisation par les espèces sensibles à la lumière.

Le tableau 1 résume les différents conflits et opportunités, illustrés dans la figure 10, selon qu'ils interviennent durant la phase de réalisation des travaux ou lors de l'exploitation de l'infrastructure, en renvoyant aux chapitres correspondants pour une description détaillée.

Tableau 1: Conflits et opportunités en phase de réalisation et d'exploitation des infrastructures de transport.

	Conflits et opportunités	Chapitre
Phase de réalisation	Perte et dégradation d'habitats de chasse	1.3.1
	Perte et dégradation de gîtes	1.3.2
	Interruption d'un couloir de vol durant le chantier	1.3.4
	Perte/aménagement de gîtes dans le cadre de l'entretien ou de l'assainissement d'un ouvrage d'art	1.3.5
Phase d'exploitation	Risque de collision	1.3.3
	Altération permanente d'un couloir de vol et fragmentation de l'habitat	1.3.4
	Dérangements liés aux éclairages et au bruit	1.3.6

1.3.1 Perte et dégradation d'habitats de chasse

Le trafic routier et ferroviaire peut mener indirectement à une diminution de qualité des habitats de chasse, voire selon les cas à une destruction de milieux naturels utilisés comme habitats de chasse. Cela entraîne une réduction de l'offre en nourriture et des déplacements plus longs et coûteux en énergie. Des routes à fort trafic peuvent affecter négativement l'activité des chauves-souris jusqu'à une distance de 1.5 km [3] [13] (voir également chapitre 1.3.6).



Figure 10: Conflits et opportunités liés aux infrastructures de transport : diminution de l'accessibilité à certains habitats de chasse (1.3.1) ou gîtes (1.3.2), risque de collision le long des couloirs de vol coupés par l'infrastructure (1.3.3), fragmentation des habitats, en particulier des habitats forestiers (1.3.4), risques et opportunités liés aux travaux d'entretien ou d'assainissement des ouvrages d'art (1.3.5), couloirs de vol rendus moins attractifs à cause des éclairages publics (1.3.6) ; les numéros renvoient aux chapitres correspondants ; situation avec mise en œuvre des mesures : voir figure 18 p. 25.

1.3.2 Perte et dégradation de gîtes

La dégradation des gîtes survient principalement lorsque le trafic routier se développe à proximité immédiate. Les individus sont ainsi chroniquement exposés à un risque de collision élevé. En outre, les chiroptères peuvent être amenés à quitter définitivement leur gîte en raison de facteurs secondaires (par ex. dérangements liés aux éclairages, au bruit, au changement des conditions microclimatiques). Le déplacement actif de colonies se solde rarement par un succès, les chauves-souris étant très fidèles à leur gîte d'origine. Même s'ils ne sont pas occupés sur l'ensemble de la saison, les gîtes de mise bas sont protégés par la loi (art. 20 OPN).

Dans les forêts et en partie également dans les zones urbanisées, il est important de noter que les colonies de chauves-souris occupent souvent un réseau de gîtes. La fragmentation peut mener à une perte totale de la fonctionnalité de ce réseau, même si aucun gîte n'est directement détruit.

1.3.3 Risque de collision

L'orientation à l'aide d'ultrasons permet aux chauves-souris de se représenter leur environnement de manière très précise. Des collisions létales avec des objets se déplaçant rapidement peuvent néanmoins se produire. Les cris des chauves-souris sont dirigés dans le sens du vol. Des obstacles se déplaçant de derrière ou de côté en direction de l'animal ne peuvent dès lors pas être perçus. Les collisions se produisent lors d'un survol d'infrastructure de transport à basse altitude (par ex. lors de

vols de transit entre les gîtes et les habitats de chasse) ou également lors de la recherche de proies (vols de chasse).

Les espèces inféodées aux structures paysagères, se déplaçant à l'abri de la végétation et survolant les terrains ouverts au ras du sol sont les plus affectées lors des vols de transit.

Les espèces moins liées aux structures, comme par ex. la Noctule commune, peuvent également être concernées par des collisions durant le vol de chasse. Les chaussées emmagasinant la chaleur diurne ou des fortes sources lumineuses (phares de voiture, réverbères) attirent les insectes nocturnes et mettent à disposition de ces espèces d'abondantes ressources alimentaires.

Les chauves-souris victimes du trafic ne sont généralement trouvées que par hasard. Le nombre effectif de collisions liées au trafic routier et ferroviaire est bien plus élevé. Des études récentes avec recherche systématique de victimes de collision démontrent que les cadavres recensés sont le plus répandus là où les infrastructures routières croisent les couloirs de vol ou à proximité d'habitats de chasse attractifs. Les jeunes inexpérimentés prenant leur envol à la fin de l'été sont particulièrement vulnérables [10].

Le nombre de collisions semble directement influencé par la densité du trafic et la vitesse de circulation [19]. Les routes à trafic dense et rapide sont les plus problématiques. Le nombre de voies de circulation à traverser influence également les chances de survie.

1.3.4 Fragmentation de l'habitat

Les infrastructures de transport peuvent séparer d'importants couloirs de vol reliant les différents habitats des chauves-souris (par ex. gîtes de mise bas ou d'estivage, habitats de chasse, gîtes d'hibernation). Des grands habitats de chasse (par ex. un massif forestier) peuvent également être fragmentés par les infrastructures. L'effet de fragmentation dépend de la largeur du tracé et de la fréquence du trafic durant la nuit [10].

Dans les cas extrêmes, les couloirs de vol sont définitivement interrompus ou perturbés dans leur lien fonctionnel. Les espèces sont contraintes d'entreprendre de plus grands trajets pour accéder à leurs gîtes ou habitats de chasse. Ces réactions d'évitement peuvent sensiblement réduire la probabilité de survie et le développement d'une population de chauves-souris. La fragmentation peut générer un effet de barrière si les populations sont isolées et que l'échange génétique est entravé. Ceci peut entraîner à long terme une érosion des populations voire même mener à une extinction locale des espèces [24].

1.3.5 Entretien et assainissement des ouvrages d'art

De manière générale, les ouvrages d'art (ponts, viaducs, etc.) offrent de nombreuses opportunités pour la majeure partie des espèces de chauves-souris. Elles y trouvent des cavités favorables, par ex. dans les drains, les joints de dilatation ou les tabliers creux. Les ouvrages procurent des cavités sombres, peu accessibles aux prédateurs, faiblement ventilées, avec des températures relativement stables et plus élevées que la moyenne journalière. Les ponts constituent notamment des gîtes potentiels très appréciés des chauves-souris, en particulier les ouvrages de franchissement de cours d'eau. Certaines espèces comme le Murin de Daubenton sont fortement attirées par ce type de gîte anthropique. Les ponts en pierre ont le plus grand potentiel d'accueil, mais les ouvrages modernes en béton sont également souvent colonisés par les chauves-souris à partir du moment où ils offrent des cavités avec des ouvertures supérieures à 5 cm de profondeur et 1,2 cm de large.



Figure 11: Murins de Daubenton colonisant la corniche d'un pont (© Cyril Schönbacher).

La destruction ou la rénovation des ouvrages d'art colonisés par les chauves-souris peut entraîner des pertes directes ou indirectes. De manière générale, toutes les mesures amenant des vibrations, du bruit ou de l'éclairage nocturne risquent de déranger les individus présents dans l'ouvrage avec comme corollaire l'abandon du site. Une bonne planification des travaux couplée à une analyse de l'utilisation de l'ouvrage par les chauves-souris s'avère donc décisive pour diminuer les risques de dérangement.

Les ouvrages d'art peuvent être utilisés comme gîtes de mise bas ou d'hibernation, mais ils sont également régulièrement utilisés en période de transit, de mars à avril et de septembre à octobre. Ces deux périodes s'avèrent les plus propices pour la réalisation des travaux d'entretien ou d'assainissement touchant les parties d'ouvrage occupées par les colonies, les chauves-souris étant plus mobiles et moins sensibles à ces époques de l'année qu'en phase d'élevage des jeunes ou d'hibernation. Le risque est alors moindre de condamner les chauves-souris présentes dans les joints et fissures des ouvrages.

1.3.6 Emissions de lumière et de bruit

Les émissions de lumière et de bruit peuvent indirectement avoir un impact négatif sur les habitats de chasse. Des émissions lumineuses en provenance de l'éclairage public ou des phares de voitures peuvent mener à l'évitement d'habitats de chasse proches des routes [29]. Tous les systèmes d'éclairage (LED inclus) entraînent une réaction d'évitement, en particulier pour les espèces de chauves-souris forestières comme les Murins de Bechstein, de Natterer, à moustaches, les Grands murins, les oreillards ainsi que les rhinolophes. Pour ces espèces, l'éclairage des ouvrages crée des barrières sur les couloirs de vol.

L'éclairage des accès aux ouvrages colonisés par les chauves-souris réduit leur attractivité voire dans certains cas peut entraîner l'abandon du gîte [29]. Chez certaines espèces (murins, rhinolophes), l'éclairage retarde et prolonge la sortie crépusculaire, provoquant une réduction du temps imparti à la recherche de nourriture. Il s'ensuit une diminution du succès de reproduction et de la taille des jeunes. La présence de couverts réduisant l'effet de la lumière à proximité du trou d'envol (par ex. des arbres) permet aux chauves-souris de quitter leur gîte plus tôt et de le regagner plus tard en fin de nuit, prolongeant ainsi le temps consacré à la chasse.

Certaines chauves-souris peu sensibles à la lumière (pipistrelles, sérotines et noctules) exploitent les insectes attirés par les composantes à faibles longueur d'onde (UV) des éclairages [29]. Les éclairages à vapeur de mercure (couleur blanche), émettant des UV, attirent plus fortement les insectes nocturnes et a fortiori les chauves-souris que les lampes à vapeur de sodium (jaune) [27]. L'avantage qu'en retirent ces espèces pourrait être atténué par le risque de collision avec le trafic et le risque de prédation. Le remplacement de ces systèmes par des éclairages LED réduit sensiblement l'attractivité

des éclairages sur les insectes, les LED blanc chaud (2500°K à 3500°K) étant les moins attractifs [11]. Il en résulte une importante diminution de l'activité des chauves-souris autour des éclairages routiers [17].

Le bruit du trafic perturbe avant tout les chauves-souris qui capturent leurs proies sur la végétation ou au sol (par ex. les Murins de Bechstein, de Natterer, les Grands murins et les Oreillards bruns). Ces espèces chassent soit avec des cris d'écholocation très silencieux (écholocation active) soit en détectant les bruits émis par leurs proies. Des études ont montré que les bandes de fréquences des bruits émis par des coléoptères et par le trafic se recouvrent, ce qui diminue le succès de chasse des chauves-souris [3] [28].

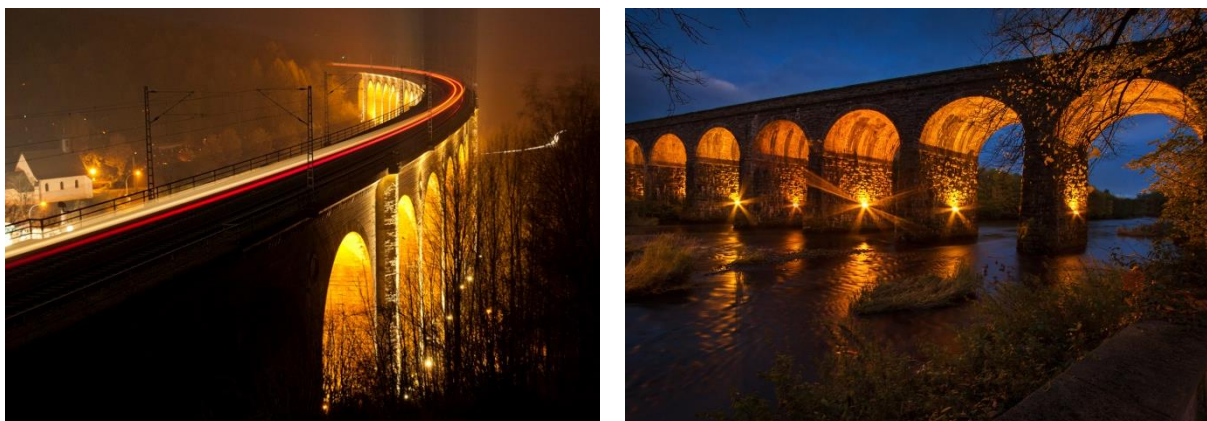


Figure 12: Deux exemples d'éclairage de viaducs (à gauche, viaduc ferroviaire d'Altenbeken, Rhénanie-du-Nord-Westphalie, Allemagne, © Andreas Fiebig ; à droite, viaduc de Randalstown, Irlande du Nord, © Alan Hopps), défavorable pour les chauves-souris.

II Mesures de protection

2.1 Mise en œuvre des mesures

Ce chapitre propose aux maîtres d'ouvrage une **démarche** pour une prise en compte optimale des chauves-souris dans le cadre des projets d'aménagement et d'entretien d'infrastructures de transport. La base de travail fournit des critères permettant de détecter les situations présentant un **enjeu potentiel** pour les chauves-souris (conflits potentiels, opportunités d'amélioration) au stade de la planification du projet.

Le Centre suisse de coordination pour l'étude et la protection des chauves-souris (CCO/KOF) propose un service-conseil aux maîtres d'ouvrage. Selon le type de projet ou de demande, il réalise une analyse simple sous forme d'une **pré-expertise**. Ce service permet d'évaluer rapidement les risques de conflit et les opportunités d'aménagements liés à un projet d'infrastructure. Le maître d'ouvrage bénéficie d'un conseil pour le choix de mesures adaptées. Par ailleurs, la pré-expertise permet d'éviter de planifier des mesures spécifiques si le gain escompté en faveur des chauves-souris n'est pas avéré. Dans les cas plus complexes, le maître d'ouvrage est orienté vers un spécialiste des chauves-souris pour la réalisation d'une **expertise** détaillée.

Les **mesures** ayant démontré leur efficacité sont décrites dans des fiches de mesures (annexe B) et au chapitre 2.1.3 Les fiches détaillent les mesures d'aménagement des ouvrages de franchissement supérieurs ou inférieurs en faveur des chauves-souris, l'aménagement de structures guides reliant les ouvrages de franchissement aux gîtes et aux habitats de chasse, la réduction des impacts lors des travaux d'entretien ou d'assainissement des ouvrages d'art et l'aménagement de gîtes dans les ouvrages.

Un **plan d'entretien** de la végétation aux abords et sur les ouvrages est indispensable pour assurer une fonctionnalité optimale des mesures (chapitre 2.1.5). Un entretien inadapté peut très vite rendre non fonctionnels des aménagements réalisés pour conduire les chauves-souris vers les ouvrages de franchissement.

2.1.1 Marche à suivre

Une démarche simple, visant à renforcer la prise en compte des chauves-souris dans le cadre des projets d'infrastructures de transport, est proposée aux maîtres d'ouvrage (figure 13). Elle a pour but d'anticiper les éventuels conflits et de détecter les opportunités d'amélioration, en mettant à la disposition des maîtres d'ouvrage ou de leurs mandataires un service de conseil pour toute question touchant à la problématique. Le CCO/KOF, par le biais de ses correspondants régionaux, peut répondre rapidement et de manière professionnelle aux sollicitations des personnes impliquées. L'objectif est d'établir un partenariat entre les chefs de projet et les spécialistes des chauves-souris le plus en amont possible, au stade de l'étude de planification. Il est recommandé de faire figurer la prise en compte des chauves-souris dans les différents cahiers des charges.

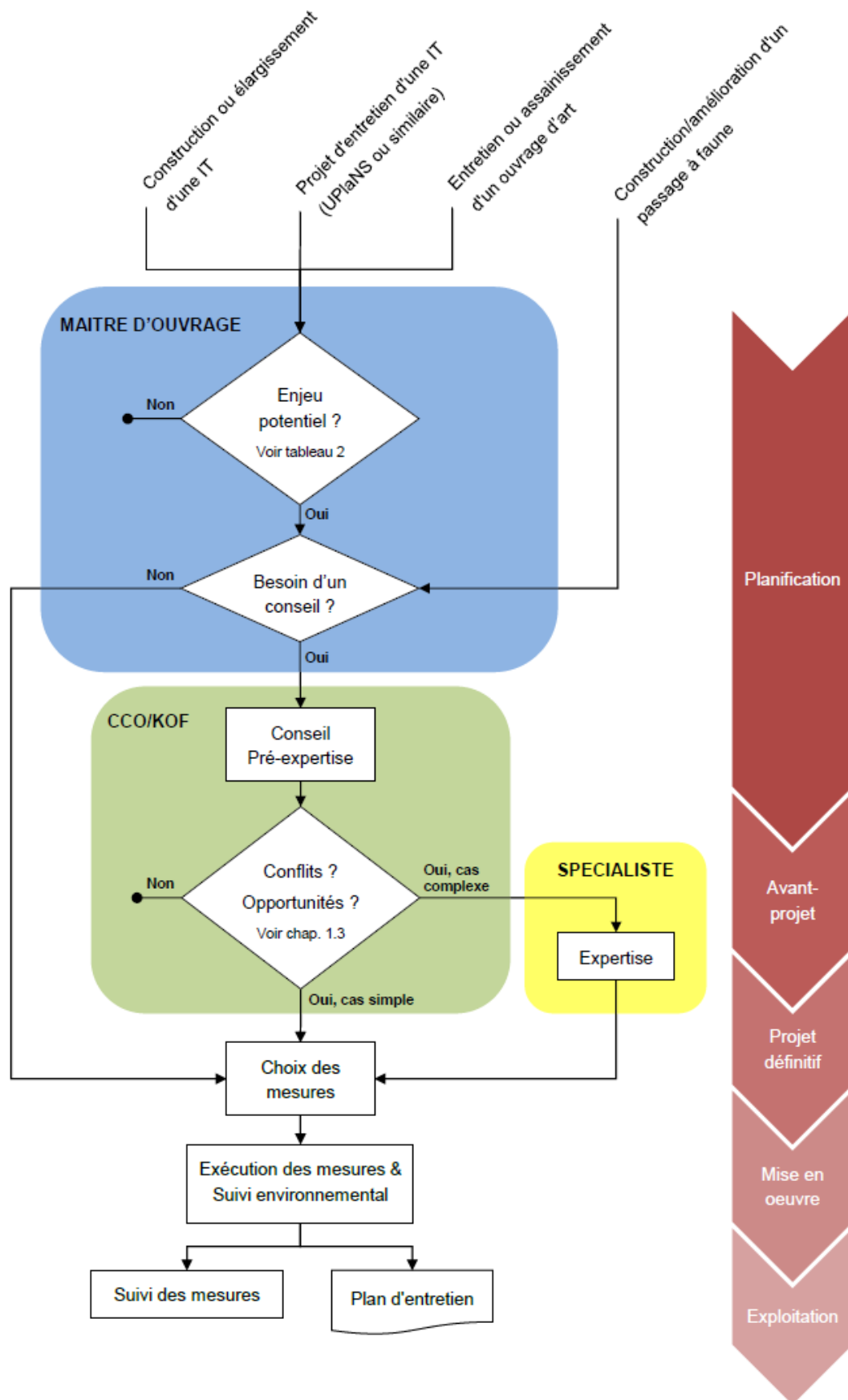


Figure 13: Démarche pour la prise en compte des chauves-souris dans le cadre d'un projet d'infrastructure de transport (IT).

Dans un premier temps, le maître d'ouvrage a pour tâche d'évaluer si son projet présente un enjeu potentiel pour les chauves-souris. Le tableau 2 recense les principales situations susceptibles de présenter un enjeu pour les chauves-souris. La construction ou l'amélioration de passages spécifiques à moyenne et grande faune présente par définition un potentiel important. Dans le cadre de tels projets, il est demandé aux bureaux d'écologie mandatés d'intégrer la problématique des chauves-souris en s'appuyant sur les fiches de mesures de l'annexe B ou en faisant appel, si nécessaire, aux conseils du CCO/KOF.

Tableau 2: Types de projets et situations présentant un enjeu potentiel pour les chauves-souris.

Type de projet	Situation présentant un enjeu potentiel pour les chauves-souris
Construction ou amélioration d'un passage à moyenne/ grande faune	- Tous les ouvrages
Construction ou amélioration d'un passage à faune non spécifique	- Pont ou viaduc enjambant un cours d'eau ou un vallon boisé - Infrastructure en forêt, en particulier en forêt feuillue proche de l'état naturel - Infrastructure éloignée de moins de 100 m d'une forêt, de zones humides (marais, zones alluviales, rives lacustres naturelles) ou de biotopes protégés - Infrastructure coupant un cordon boisé continu (haie, allée), en particulier si le cordon boisé relie un village (colonies) à des habitats de chasse potentiels (forêts, étangs, milieux agricoles diversifiés, etc.)
Entretien ou assainissement d'un ouvrage d'art	- Pont ou viaduc enjambant un cours d'eau ou un vallon boisé - Pont en pierre
Déboisement/abattage lié à la construction ou l'amélioration d'une infrastructure de transport	- Forêt feuillue proche de l'état naturel - Vieux arbres, arbres à cavités
Autre infrastructure aménagée à moins de 500 m d'un ouvrage de franchissement	- Grosse infrastructure nécessitant un fort éclairage (terrain de sport, zone d'activité économique, etc.) - Eoliennes (risque de collision)

Dans le cas où le maître d'ouvrage soupçonne l'existence d'un enjeu potentiel, il peut s'adresser aux Centres de coordination pour l'étude et la protection des chauves-souris (CCO/KOF, adresses en page 78). Le CCO/KOF est l'organisme officiel chargé de l'étude et de la protection des chauves-souris en Suisse, sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Il fonctionne à ce titre comme service-conseil. Selon le type de projet ou de demande, il fournit des conseils par téléphone ou par courriel, ou réalise une analyse simple sous forme d'une pré-expertise (consultation des bases de données, si nécessaire visite du site concerné ou de l'ouvrage).

Il revient au maître d'ouvrage de décider de faire appel aux services du CCO/KOF. Dans les cas simples ne nécessitant pas de conseil particulier, les mesures seront directement définies par le maître d'ouvrage en s'aidant des fiches de mesures (annexe B).

La pré-expertise permet d'identifier les impacts potentiels du projet et les opportunités d'aménagement. Intervenant habituellement au stade de l'étude de planification, elle a également pour but d'éviter de planifier des mesures spécifiques non justifiées (absence d'enjeu pour les chauves-souris) ou présentant un rapport coût/efficacité très défavorable. Ainsi, la pré-expertise permet au maître d'ouvrage de réaliser des travaux en tenant compte de l'importance des colonies, de l'ampleur et du coût des mesures à réaliser.

Selon la complexité du projet, une expertise détaillée peut s'avérer nécessaire pour analyser les opportunités ou les risques de conflit, et définir les mesures appropriées. En fonction des conclusions de

la pré-expertise, le maître d'ouvrage mandate un spécialiste des chauves-souris pour mener à bien les études nécessaires : analyse d'un couloir de vol affecté par un projet, accompagnement d'un projet d'assainissement d'ouvrage occupé par des chauves-souris, etc. L'expertise débouche sur la production d'un rapport détaillé. Elle intervient le plus en amont possible, généralement au stade de l'avant-projet. Dans les cas simples ne requérant pas d'expertise (par ex. pose de nichoirs sur un ouvrage d'art), le maître d'ouvrage pourra se concentrer sur le choix des mesures (annexe B), si nécessaire avec l'aide du CCO/KOF.

2.1.2 Choix des mesures

La définition des mesures s'appuie sur le principe éviter – réduire – compenser/reconstituer:

- **Éviter** : dans un premier temps, rechercher des solutions ne générant pas d'impact sur les chauves-souris ; si un tracé s'avère trop impactant, étudier des variantes permettant d'éviter d'investir dans des mesures de réduction ou de compensation coûteuses ; conserver dans la mesure du possible les cavités occupées par des chauves-souris sur les ouvrages d'art
- **Réduire** : les mesures de réduction concernent essentiellement l'aménagement ou l'optimisation d'ouvrages de franchissement supérieurs ou inférieurs, et l'amélioration de l'insertion des ouvrages dans leur environnement par l'aménagement de structures guides ; une gestion adéquate de l'éclairage permet également bien souvent de réduire les impacts des projets
- **Compenser/reconstituer** : améliorer l'offre en gîtes sur les ouvrages d'art, remplacer les gîtes détruits lors des travaux d'aménagement, d'entretien ou d'assainissement et restaurer les habitats de chasse altérés lors des travaux (figure 18)

Les mesures dont l'efficacité est avérée sont peu nombreuses, de ce fait le catalogue de mesures se focalise sur les mesures ayant fait leurs preuves et dont la mise en œuvre ne pose pas de difficultés majeures [9]. Les fiches de mesures abordent les deux thématiques suivantes :

Faciliter les **déplacements** des chauves-souris :

- aménager des ouvrages de franchissement supérieurs ou inférieurs en faveur des chauves-souris → **fiches B.1 et B.2**
- relier les ouvrages à leur environnement à l'aide de structures guides → **fiche B.3**



Figure 14: Pont utilisé pour le passage du trafic agricole, aménagé pour permettre le franchissement des chauves-souris (clôtures, palissades en bois opaques, plantations de structures guides), Staatsstraße S170n, Bahretal, Sachsen, Allemagne.



Figure 15: *Plantation d'une haie servant de structure guide reliant l'ouvrage de franchissement à la forêt voisine, Staatsstraße S170n, Bahretal, Sachsen, Allemagne.*

Maintenir et améliorer l'offre en **gîtes** pour les chauves-souris :

- réduire les impacts lors des travaux d'entretien ou d'assainissement et augmenter l'attractivité des ouvrages d'art pour les chauves-souris → **fiche B.4**



Figure 16: *Prise en compte des chauves-souris lors de l'inspection d'un vieux pont en pierre.*



Figure 17: *Nichoires à chauves-souris installés sur une poutre métallique d'un pont moderne enjambant un cours d'eau (© Marzia Mattei).*

L'annexe C présente des exemples de bonnes pratiques réalisés en Suisse, Allemagne et France.

Les mesures de planification temporelle des travaux, d'optimisation de l'éclairage et d'amélioration des habitats ne font pas l'objet de fiches spécifiques mais sont décrites de manière générale au chapitre 2.1.3. Les autres mesures n'ayant pas encore démontré leur efficacité sont brièvement décrites dans le même chapitre.

Il est nécessaire d'utiliser toutes les synergies possibles afin de faire converger les aménagements réalisés pour la grande faune et les mesures favorables aux chauves-souris. On veillera en particulier à tenir compte des exigences des chauves-souris dans le cadre de la construction ou de l'amélioration de passages à moyenne et grande faune. Il est également important de vérifier que des mesures réalisées spécifiquement pour les chauves-souris n'entravent pas le déplacement des autres espèces. D'une manière générale, les mesures spécifiques en faveur des chauves-souris renforcent l'efficacité des ouvrages de franchissement pour les autres espèces. Les points à prendre en considération sont décrits dans les fiches de mesures (annexe B).

Les aménagements spécifiques réalisés en faveur des chauves-souris doivent être accompagnés d'un plan d'entretien (chapitre 2.1.5) et d'un concept de suivi (chapitre 2.2).

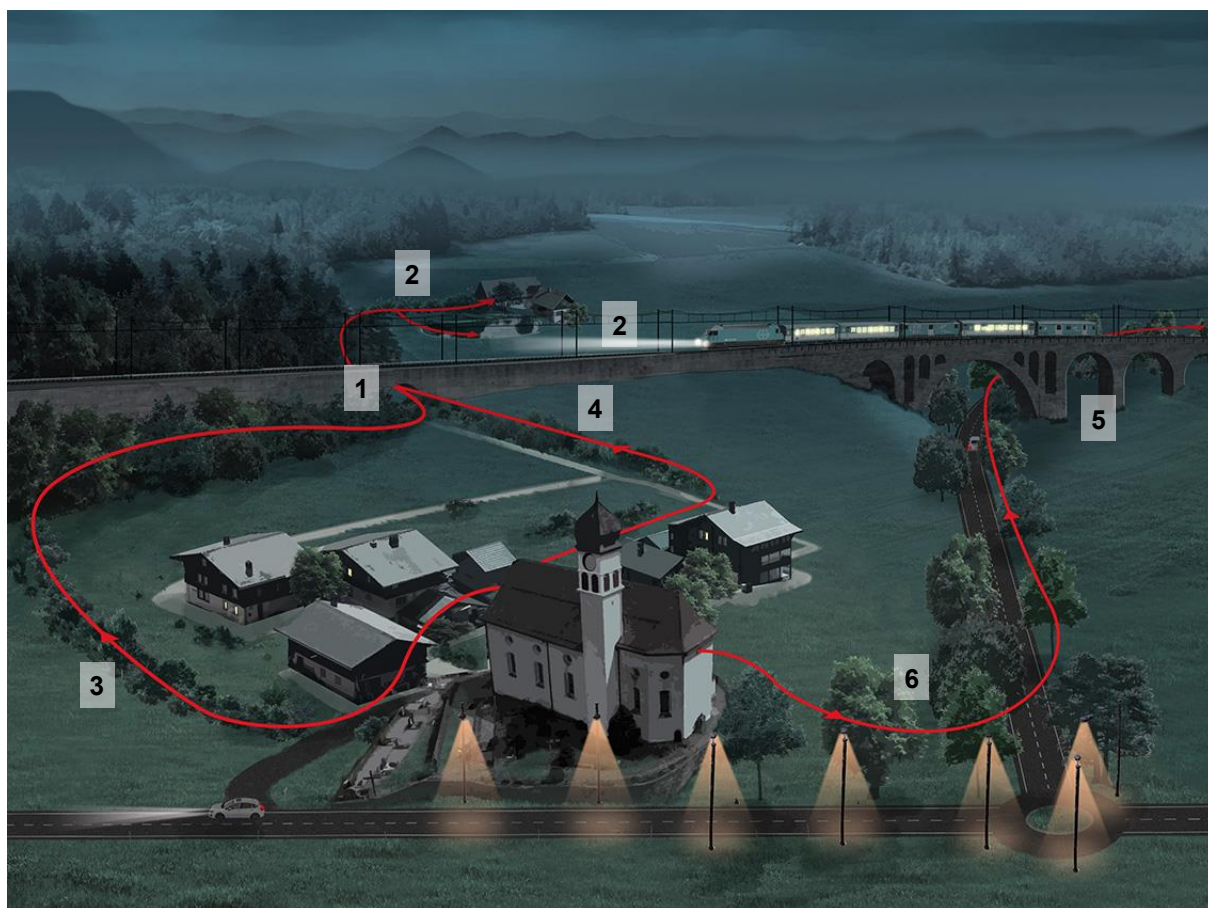


Figure 18: Mesures en faveur des chauves-souris en lien avec les infrastructures de transport : 1) optimisation d'un passage à faune inférieur ; 2) déplacement d'un tronçon de haie servant de couloir de vol ; 3) renforcement d'un couloir de vol dans le cadre d'une revitalisation de haie ; 4) plantation d'une structure guide menant les chauves-souris sur un ouvrage existant ; 5) aménagement de gîtes dans un viaduc ; 6) conception de l'éclairage public avec si possible maintien de l'allée dans l'obscurité ; situation initiale sans les mesures : voir figure 10 p. 15.

2.1.3 Mesures particulières

Planification temporelle des travaux

Il est recommandé de pratiquer les travaux impliquant des abattages d'arbres ou la destruction de cordons boisés potentiellement utilisés comme couloir de vol au cœur de la période hivernale, durant la période d'hibernation des chauves-souris (figure 19). De plus, les travaux n'impactent pas l'avifaune nicheuse à cette époque. Si des vieux arbres à cavités potentiellement utilisés comme gîte d'hibernation doivent être abattus, il est conseillé de faire appel au CCO/KOF pour un contrôle préalable. En cas d'occupation, leur abattage doit être organisé en automne (septembre-octobre) afin que les chauves-souris puissent trouver des gîtes de substitution, conformément à l'OPN al. 20a et annexe 3.

Si des travaux entraînant l'interruption d'un couloir de vol sont réalisés d'avril à octobre, la pose d'un dispositif temporaire de guidage permet dans certains cas de maintenir les continuités durant le chantier (voir fiche de mesure B.3).

Dès lors que l'utilisation d'un ouvrage d'art par les chauves-souris est avérée, le printemps (mars-avril) et l'automne (septembre-octobre) sont les meilleures périodes pour pratiquer des travaux d'entretien ou d'assainissement. En hiver, les chauves-souris sont beaucoup plus sensibles aux dérangements, de même que durant la période de mise bas (mai à début août). Il est donc conseillé d'intervenir au début du printemps et en automne car les chauves-souris peuvent facilement quitter les lieux sans impact majeur. Des précautions doivent toutefois être prises pour éviter de piéger les chauves-souris dans les ouvrages (voir fiche de mesure B.4).

Pour les travaux de grande ampleur s'étalant sur des durées plus longues, des solutions spécifiques seront recherchées avec les spécialistes des chauves-souris.



Figure 19: Périodes recommandées pour les différents types de travaux ; en hachuré, période la plus favorable pour l'abattage d'arbres utilisés comme gîtes.

Optimisation de l'éclairage

Il est indispensable de maintenir des couloirs de déplacement non illuminés durant la période d'activité des chauves-souris, à savoir d'avril à octobre, notamment dans les espaces urbanisés. La notion de trame noire décrit la volonté de développer un réseau cohérent et fonctionnel d'espaces peu ou pas éclairés répondant à l'objectif de conservation des espèces nocturnes [11]. On veillera en particulier à maintenir les axes des cours d'eau traversant les agglomérations avec le minimum d'éclairage possible, afin de conserver leur potentiel de couloir de vol.

Les solutions suivantes peuvent être envisagées (voir également les Recommandations pour la prévention des émissions lumineuses [14], les normes VSS 640 246a et 640 247a, et la norme SIA 491 Prévention des émissions inutiles de lumière à l'extérieur) :

- Orienter les lampes de manière à éclairer uniquement les infrastructures et à maintenir les couloirs de vol potentiels dans l'obscurité, si nécessaire en installant des dispositifs d'occultation (capuchons, écrans, dispositifs optiques tels que miroirs ou réflecteurs)

- Le long des cours d'eau bordés d'infrastructures éclairées, maintenir la végétation des berges dans l'obscurité
- Eviter d'éclairer les ponts et viaducs potentiellement utilisables comme gîte par les chauves-souris ou franchissant des couloirs de vol potentiels ou avérés, en particulier des cours d'eau
- Envisager des éclairages sur demande (par ex. pour le franchissement d'un passage sous-voies peu fréquenté mais potentiellement utilisé par les chauves-souris), de très basse intensité ou des éclairages vers le sol
- Envisager la suppression des éclairages dans les secteurs sans enjeu pour la sécurité humaine, ou l'interruption de l'éclairage en milieu de nuit
- Si l'éclairage d'une infrastructure de transport s'avère nécessaire, utiliser des éclairages n'attirant pas les insectes (LED blanc chaud de 2500°K à 3500°K, lampes à vapeur de sodium)

Amélioration et création d'habitats

Dans le cas où les projets d'infrastructures génèrent des destructions de milieux naturels utilisés comme habitats de chasse, en particulier des boisements de vieux arbres, les impacts doivent être compensés en recréant de nouveaux habitats ou en améliorant la qualité des habitats existants.

Les mesures recommandées consistent à créer des îlots de sénescence (secteurs avec arbres maintenus jusqu'à leur mort et leur décomposition), à conserver des arbres à cavités ou morts, à favoriser les forêts mixtes riches en essences feuillues, à aménager des clairières et à revitaliser les lisières. La création de zones humides en forêt ou en lisière s'avère également très favorable pour les chauves-souris, ainsi que pour de nombreuses autres espèces.

Dans le cas où une colonie de chauves-souris forestières (par ex. murins, rhinolophes) est signalée à proximité d'un massif forestier coupé par une infrastructure de transport, on privilégiera les mesures d'amélioration du côté de l'infrastructure où se trouve la colonie. Cette approche permet de réduire les franchissements.

Selon les cas, il peut s'avérer judicieux de reconstituer ou de renforcer des couloirs de vol reliant les gîtes aux habitats de chasse potentiels en aménageant des haies, des cordons boisés ou des allées d'arbres. Cette mesure requiert de disposer des terrains nécessaires. Elle peut notamment être envisagée dans le cadre d'un remaniement parcellaire lié à l'aménagement d'une infrastructure de transport.

Autres mesures

Des mesures ont été expérimentées pour faciliter le survol des infrastructures de transport en minimisant le risque de collision, en particulier des passerelles légères ou des filets aménagés spécifiquement pour les chauves-souris au droit de couloirs de vol existants. La pose de passerelles métalliques en forme de berceau ou l'installation de câbles agrémentés de boules en polystyrène (pour augmenter leur détectabilité par les chauves-souris) donne des résultats variables selon les cas. En l'état des connaissances actuelles, ces types d'aménagements n'ont pas encore démontré leur efficacité et doivent par conséquent être déconseillés, dans l'attente d'essais complémentaires [4] [9].

Les tremplins verts (hop-overs) sont conçus pour faciliter le franchissement d'une infrastructure de faible largeur par les espèces de chauves-souris volant proche de la cime des arbres (pipistrelles, sérotines). La mesure a pour but d'obliger les chauves-souris à s'élever pour franchir les infrastructures au-dessus du trafic, en conservant ou plantant des grands arbres à proximité de l'infrastructure à traverser et en posant des palissades ou des clôtures (figure 20). Outre les aspects sécuritaires (risque de chute de branches, nécessité de poser des glissières de sécurité du fait de la proximité des arbres), l'efficacité de cette mesure est très dépendante des espèces concernées et de la configura-

tion du terrain. Elle ne fonctionne pas avec les espèces strictement liées aux structures, volant proche du sol (oreillard, rhinolophe). Les besoins liés à la faune terrestre sont également à prendre en considération au cas par cas. Il s'agit d'aménagements expérimentaux qui ne peuvent être recommandés que dans des cas très spécifiques, avec un accompagnement par un spécialiste des chauves-souris [8].



Figure 20: Tremplin vert renforcé d'une palissade en bois obligeant les chauves-souris à s'élever au-dessus du trafic (photomontage).

L'éclairage peut être utilisé de manière ponctuelle pour créer un effet de barrière afin d'éviter que les chauves-souris traversent une infrastructure. A titre d'exemple, l'éclairage a été utilisé avec succès au Pays de Galles pour dissuader une colonie de Petits rhinolopes de traverser une large route et de les guider vers un pont enjambant une rivière, maintenu dans l'obscurité [9]. Des lampadaires de 60 W ont été disposés tous les 2 à 3 m sur 150 m de long de part et d'autre de la route de chaque côté du pont. Le dispositif s'est montré efficace pour la majeure partie de la colonie. Toutefois, les expériences en matière d'utilisation des éclairages comme effet barrière manquent pour de nombreuses espèces et la mesure ne saurait être proposée en routine à l'heure actuelle.

2.1.4 Suivi environnemental (SER)

L'accompagnement du chantier par un spécialiste des chauves-souris permet de contrôler la bienfaisance des aménagements et d'assurer leur efficacité maximale. Il fait partie intégrante du suivi environnemental de la phase de réalisation (SER).

Les fiches de mesures (annexe B) décrivent les principes généraux pour la réalisation d'aménagements en faveur des chauves-souris sur les infrastructures de transport. Chaque aménagement étant unique, en fonction des espèces concernées et des contraintes topographiques notamment, des solutions spécifiques et adaptatives doivent être imaginées.

La mise en œuvre requiert une étroite collaboration entre ingénieurs, écologues et entreprises mandatées pour la réalisation des mesures. Le tableau 3 résume les points à prendre en considération dans le cadre du suivi environnemental.

Le contrôle des mesures environnementales d'un projet – au sens d'un contrôle de l'exécution – s'effectue dans le cadre de la réception d'ouvrage par l'autorité de décision. Le suivi environnemental élabore avant la réception d'ouvrage un rapport sur la mise en œuvre.

Tableau 3: Synthèse des points à prendre en considération dans le cadre du suivi environnemental.

Période/durée	- Phase de réalisation
Objectifs	- Garantir une réalisation conforme aux mesures planifiées - Proposer des mesures adaptatives durant la phase de réalisation si nécessaire
Cahier des charges	- Vérifier la conformité avec les plans, le calendrier ainsi que les cahiers des charges
Remarques	- La présence d'un spécialiste des chauves-souris est hautement recommandée pour l'accompagnement de la réalisation des mesures
Normes et directives	- VSS 640 691a Faune et trafic - Processus d'études interdisciplinaires - VSS 640 610a Suivi environnemental de la phase de réalisation

2.1.5 Plan d'entretien

Le plan d'entretien a pour objectif de maintenir sur le long terme l'efficacité des aménagements spécifiques réalisés en faveur des chauves-souris. En particulier, si des plantations servant de structures guides sont réalisées, elles devront faire l'objet d'un entretien régulier pour conserver leur fonctionnalité (par ex. conserver des haies basses pour guider les chauves-souris sous un ouvrage, éviter que la végétation n'encombre l'entrée d'un passage à faune inférieur, ou que son développement ne conduise les chauves-souris au mauvais endroit). Un cahier des charges détaillé sera rédigé par le maître d'ouvrage et transmis aux entreprises ou services chargés de réaliser les travaux d'entretien. La fiche de mesure B.3 Aménagement de structures guides décrit les points à prendre en considération dans le cadre de l'entretien.

2.2 Suivi des mesures

Les connaissances sur l'efficacité des aménagements d'infrastructures de transport en faveur des chauves-souris sont encore lacunaires, ce qui rend tout particulièrement nécessaire d'accompagner les projets d'un concept de suivi.

Le suivi des mesures a pour objectif de détecter rapidement les éventuels **dysfonctionnements** des aménagements, en fonction du comportement effectif des chauves-souris, et d'y apporter les **mesures d'optimisation** nécessaires.

Le suivi permet également d'acquérir des **retours d'expériences** dans le domaine, qui pourront être capitalisés dans des projets futurs. Il contribue de ce fait à un emploi plus efficient des ressources et à une meilleure acceptation des mesures.

Le suivi des mesures doit permettre de répondre aux questions suivantes :

- Comment sont utilisés les ouvrages ou les aménagements réalisés en faveur des chauves-souris ? Faut-il envisager des mesures correctives ou adaptatives post-construction afin d'améliorer leur efficacité ? → **Suivi de l'efficacité (2.2.1)**
- Les ouvrages ou aménagements réalisés permettent-ils de conserver sur le long terme les populations de chauves-souris potentiellement impactées par l'infrastructure de transport ? → **Monitoring des populations (2.2.2)**

2.2.1 Suivi de l'efficacité

Le suivi de l'efficacité (également appelé "contrôle d'efficacité" ou "suivi des effets") a pour but de vérifier si les objectifs formulés lors de la planification des travaux ont été atteints [23]. Cette étape suppose la formulation claire d'objectifs d'effet au début du projet. Elle doit permettre le cas échéant de proposer d'éventuelles mesures correctives (tableau 4).

Le suivi de l'efficacité s'avère particulièrement justifié dans le cas de l'amélioration d'un ouvrage de franchissement en faveur des chauves-souris. Il permet de vérifier si les chauves-souris utilisent les aménagements réalisés et offre ainsi un précieux retour d'expérience. Il consiste à comparer le nombre de chauves-souris empruntant le couloir de vol avant la construction de l'infrastructure (ou avant l'amélioration de l'ouvrage de franchissement en faveur des chauves-souris) avec le nombre utilisant l'ouvrage et le nombre le contournant après la mise en place [4].

Il est recommandé de démarrer le suivi de l'efficacité directement après la réception de l'ouvrage et de le prévoir comme élément du budget lors de la phase d'établissement des projets.

Tableau 4: Synthèse des points à prendre en considération dans le cadre du suivi de l'efficacité.

Période/durée	- Pendant environ cinq ans après la mise en service de l'ouvrage
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en évidence le fonctionnement de l'ouvrage et/ou des aménagements (structures guides, nichoirs) - Le cas échéant, comprendre et optimiser les facteurs limitant l'efficacité des ouvrages/aménagements - Améliorer les connaissances, dégager des enseignements et capitaliser le savoir-faire
Cahier des charges	<ul style="list-style-type: none"> - Etablir un état initial avant réalisation des mesures pour permettre l'interprétation des résultats du suivi ; répliquer le suivi après la mise en place des mesures - Appliquer un protocole de suivi clairement défini, statistiquement fiable et reproductible - Suivi de l'utilisation des ouvrages avec méthode définie dans le cahier des charges ; diverses méthodes disponibles: suivi acoustique par enregistrement des ultrasons, caméra thermique, trajectographie, etc. - Dans le cas d'une construction de nouvelle infrastructure coupant un couloir de vol, définir quelle est la part des chauves-souris qui utilise l'ouvrage, et la part qui le contourne ; déterminer la proportion de chauves-souris qui n'utilise plus le couloir de vol - Déterminer si la proportion de la colonie utilisant un couloir de vol augmente après réalisation d'aménagements spécifiques sur un ouvrage de franchissement existant - Dans le cas de l'aménagement de gîtes dans les ouvrages d'art, faire deux contrôles de l'utilisation en avril-mai et en août-septembre l'année après les travaux ; contacter le CCO/KOF pour un suivi sur le long terme - Transmettre les résultats au CCO/KOF afin d'intégrer le retour d'expérience à leur banque de données
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Il est recommandé de faire appel à des spécialistes pour la conception et la réalisation des suivis d'efficacité - Rechercher des synergies avec le CCO/KOF pour la réalisation des suivis
Normes et directives	<ul style="list-style-type: none"> - VSS 640 691a Faune et trafic - Processus d'études interdisciplinaires - Pour les routes nationales: directive ASTRA 18008 Ouvrages de franchissement pour la faune [25]

2.2.2 Monitoring des populations

Une mortalité par collision, même faible (de l'ordre de quelques pour cent), peut affecter les populations sur le long terme. Il est donc recommandé de procéder à un monitoring des populations potentiellement affectées par les infrastructures de transport, en particulier dans le cas d'une nouvelle infrastructure coupant un couloir de vol avéré. Le monitoring permet de vérifier indirectement si les aménagements réalisés déploient leurs effets sur les populations régionales de chauves-souris (tableau 5).

Il est nécessaire d'évaluer au cas par cas si un monitoring s'avère réalisable. Il est en particulier nécessaire de disposer de colonies témoin afin d'isoler les effets liés à l'infrastructure de transport d'autres effets impactant l'espèce.

Il est recommandé de s'approcher du CCO/KOF pour planifier le suivi des populations sur le long terme.

Tableau 5: Synthèse des points à prendre en considération dans le cadre du monitoring des populations.

Période/durée	- Suivi sur le long terme, idéalement 5 à 10 ans voire sur une plus longue durée
Objectifs	- Vérifier que les effectifs des colonies potentiellement affectées par l'infrastructure de transport se maintiennent
Cahier des charges	- Comptage annuel des colonies à l'envol (nombre de femelles juste avant la mise bas) et de la production de jeunes - Suivre une ou deux colonies témoin non impactées par le projet afin de vérifier si d'autres facteurs peuvent être à l'origine des fluctuations des effectifs
Remarques	- Planifier le suivi des populations avec l'aide du CCO/KOF
Normes et directives	

Annexes

Annexe A Présentation de quelques espèces de chauves-souris

Espèces de haut vol chassant dans l'espace aérien

Noctule commune (*Nyctalus noctula*)



Espèce migratrice de grande taille (envergure : 40 cm) ; les femelles se reproduisent dans le nord-est de l'Europe et rejoignent en automne les mâles passant l'été en Suisse ; occupe occasionnellement les corniches de pont au printemps et en automne.



Espèces chassant proche des structures

Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*)



Chauve-souris de grande taille colonisant les combles des bâtiments ; chasse de gros insectes en lisière, le long des haies et des berges boisées ou sous les lampadaires ; se déplace le plus souvent en suivant des couloirs de vol.

Murin de Daubenton (*Myotis daubentonii*)



Espèce chassant sur les étendues d'eau calme ; occupe de mars à octobre les cavités d'arbres et les anfractuosités des ponts au-dessus des cours d'eau ; rejoint ses habitats de chasse en suivant des couloirs de vol.

Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)



Chauve-souris la plus commune de Suisse, pesant près de 5 grammes ; fortement attirée par les insectes tournant autour des éclairages publics ; se rend dans ses habitats de chasse en suivant des couloirs de vol.

Espèces strictement liées aux structures chassant dans la végétation

Oreillard roux (*Plecotus auritus*)



Espèce caractérisée par ses immenses oreilles, suivant des couloirs de vol pour se rendre dans ses habitats de chasse (forêts, parcs) et glanant des insectes posés sur la végétation.

Petit rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*)



Petite chauve-souris très agile, en danger en Suisse ; fortement liée aux structures paysagères linéaires pour transiter entre ses gîtes et ses habitats de chasse forestiers.

Photos : © Cyril Schönbächler et Cécile Eicher (Rh. hippos.)



Annexe B Fiches de mesures

- B.1 Ouvrages de franchissement supérieurs**
- B.2 Ouvrages de franchissement inférieurs**
- B.3 Aménagement de structures guides**
- B.4 Aménagement des ouvrages d'art en faveur des chauves-souris**

B.1 Ouvrages de franchissement supérieurs

La fiche présente les points à considérer pour favoriser les chauves-souris dans le cadre de l'aménagement de passages supérieurs à faune ou de l'amélioration d'ouvrages de franchissement supérieurs existants.



Généralités

Descriptif

- La mesure consiste à canaliser les chauves-souris sur un ouvrage de franchissement supérieur à l'aide de clôtures et de plantations, à réduire les perturbations liées aux éclairages des véhicules à l'aide d'écrans latéraux opaques et à raccorder l'ouvrage aux milieux environnants à l'aide de structures paysagères guides

Objectifs

- Améliorer les ouvrages de franchissement supérieurs (existants ou planifiés) pour favoriser leur utilisation par les chauves-souris
- Conserver ou renforcer un couloir de vol
- Réduire la fragmentation des habitats
- Réduire les risques de collisions

Coûts des aménagements spécifiques*

- Clôtures grillagées : 200 CHF/m' (hauteur 3 m)
- Plantations : 30 CHF/m' (2 buissons par m')
- Ecrans opaques en bois : 400 CHF/m' (hauteur 3 m)

Efficacité

L'efficacité d'un ouvrage supérieur dépend :

- de sa largeur
- de la densité de structures installées sur l'ouvrage
- de la qualité des connexions avec les milieux environnants

Avantages/inconvénients

- ⊕ Mesure favorable pour la majeure partie des espèces de chauves-souris
- ⊕ Synergies possibles avec l'aménagement de passages supérieurs pour les véhicules agricoles/forestiers, la mobilité douce ou les piétons
- ⊕ Pas de contre-indications avec les normes en vigueur pour la petite et grande faune (normes VSS 640 690a à 640 694 ; [25])
- ⊕ Fortes synergies pour la faune en général, permettant d'améliorer le bilan coût-efficacité des ouvrages de franchissement

Service de conseil CCO/KOF

- Il est recommandé de se faire conseiller par un expert CCO/KOF (adresses p. 78 ; démarche : voir figure 13)

*Les coûts indiqués sont des ordres de grandeur, dépendant de nombreux facteurs ; ils comprennent l'achat et la pose du matériel.

Mise en œuvre



1. Structures paysagères guides

Raccordent l'ouvrage de franchissement aux milieux environnants et incitent les chauves-souris à traverser l'ouvrage.

Exigences :

- Raccorder l'ouvrage aux biotopes environnants à l'aide de structures végétales linéaires continues (par ex. haies, allées)
- Mettre en place une haie buissonnante continue sur l'ouvrage

Recommandations :

→ voir fiche B.3 Aménagement de structures guides



Plantation d'un cordon boisé pour relier un ouvrage de franchissement à la forêt voisine

2. Clôtures grillagées

Canalisent les espèces strictement liées aux structures en direction de l'ouvrage et obligent les espèces de haut vol à s'élever et franchir les infrastructures de transport au-dessus du trafic.

Exigences :

- Relier les clôtures aux extrémités des écrans latéraux opaques

Recommandations :

- Adapter la hauteur des clôtures en fonction de la topographie, des espèces et des enjeux, optimum entre 2 et 3 m
- Maillage de petite taille pour que la clôture serve de guide physique et ne soit pas traversée ; un maillage rectangulaire horizontal de 5x15 cm suffit pour la majeure partie des espèces ; maillage de 5x5 cm si le couloir de vol est emprunté par des rhinolophes
- Longueur de la clôture spécifique : ≥ 20 m de part et d'autre de l'ouvrage
- La plantation d'une haie dense à l'extérieur de la clôture renforce l'effet de structure guide et d'aide au survol de l'infrastructure si hauteur ≥ 4 m



Clôture de 3 m de hauteur reliée aux écrans latéraux d'un passage supérieur

3. Ecrans latéraux opaques

Diminuent la perturbation liée aux phares des véhicules, servent de structures guides.

Exigences :

- Doivent être installés de part et d'autre de l'ouvrage de franchissement et être parfaitement opaques

Recommandations :

- Adapter la hauteur à la topographie et aux enjeux, optimum entre 2 et 3 m
- Prolonger les écrans aux deux entrées de l'ouvrage sur 10 à 20 m pour obtenir un effet entonnoir et les raccorder aux clôtures
- La plantation de buissons au pied des écrans augmente l'effet d'atténuation des phares



Ecran latéral opaque prolongé en forme d'entonnoir à chaque extrémité, bordé d'une plantation et correctement raccordé à la clôture

4. Points particuliers

Recommandations :

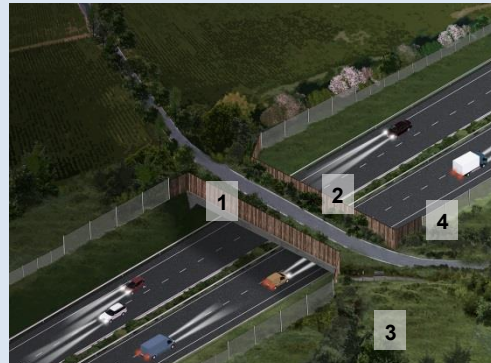
- Dans le cas d'une nouvelle infrastructure de transport coupant un couloir de vol, mettre en place des structures guides temporaires pour conserver la perméabilité de l'infrastructure durant les travaux → fiche B.3
- Eviter les points bas aisément franchissables par les chauves-souris au niveau des clôtures et des écrans latéraux → fiche B.3
- Ne pas éclairer l'ouvrage et/ou la végétation avoisinante durant la phase de réalisation ainsi que durant la phase d'exploitation
- A proximité immédiate de l'ouvrage, éviter le développement de buissons sur les talus à l'intérieur des clôtures, car ils augmentent le risque de franchissement de l'infrastructure en dehors du passage



Le développement de buissons sur le talus entre la clôture et la chaussée guide les chauves-souris hors du passage supérieur et augmente fortement le risque de collision

5. Cas particulier des ponts adaptés et des passerelles

Les ponts pour le trafic agricole/forestier ou pour des routes à faible trafic, de même que les passerelles pour piétons ou pour la mobilité douce peuvent être aménagés de manière à favoriser le franchissement par certaines espèces de chauves-souris.



Exigences :

- Installer des écrans opaques de part et d'autre de l'ouvrage (1)
- En fonction de la place disponible, installer une haie basse au pied des écrans latéraux, sur un ou les deux côtés de l'ouvrage (2) ; des buissons en pot peuvent également être utilisés
- Ne pas éclairer l'intérieur et les entrées de l'ouvrage, ou réduire l'intensité de l'éclairage
- Aménager des structures guides (haies, allées) conduisant les chauves-souris vers l'ouvrage (3)

Recommandations :

- Prolonger les écrans latéraux aux deux extrémités de la passerelle sur 10 à 15 m (4), éventuellement combinés à la plantation de haies buissonnantes, afin de créer un effet d'entonnoir
- Maintenir des haies basses (2 - 4 m) aux entrées de l'ouvrage par un entretien régulier (tous les 3 à 5 ans) afin de guider les chauves-souris à l'intérieur de l'ouvrage

Exemple de bonnes pratiques : Annexe C.2 Passages à faune supérieurs et ponts végétalisés sur l'autoroute BAB17 Dresde-Prague

B.2 Ouvrages de franchissement inférieurs

La fiche présente les points à considérer pour favoriser les chauves-souris dans le cadre de l'aménagement de passages inférieurs à faune ou de l'amélioration d'ouvrages de franchissement inférieurs existants.



Généralités

Descriptif

- La mesure consiste à canaliser les chauves-souris dans un ouvrage de franchissement inférieur à l'aide de clôtures, plantations et écrans opaques, et à raccorder l'ouvrage aux milieux environnants à l'aide de structures paysagères guides

Objectifs

- Améliorer les ouvrages de franchissement inférieurs (existants ou planifiés) pour favoriser leur utilisation par les chauves-souris
- Conserver ou renforcer un couloir de vol
- Réduire la fragmentation des habitats
- Réduire les risques de collisions

Coûts des aménagements spécifiques*

- Clôtures grillagées : 200 CHF/m' (hauteur 3 m)
- Plantations : 30 CHF/m' (2 buissons par m')
- Ecrans opaque en bois : 400 CHF/m' (hauteur 3 m)

Efficacité

L'efficacité d'un ouvrage inférieur dépend :

- de ses dimensions :
 - pour la plupart des espèces, hauteur min. de 4.5 m et largeur de 4-6 m; les pipistrelles n'empruntent pas les ouvrages de moins de 3 m de haut, les murins utilisent peu les ouvrages de hauteur inférieure à 2 m
 - la hauteur joue un rôle plus déterminant que la largeur, la longueur ne semble pas être un facteur limitant
- de la qualité des connexions avec les milieux environnants
- de la présence d'eau dans l'ouvrage, renforçant la fonction de corridor et offrant des ressources alimentaires
- de la présence d'éclairages, réduisant fortement l'efficacité des ouvrages
- du trafic : les passages traversés par des routes à fort trafic nocturne sont peu ou pas utilisés par les chauves-souris
- de la végétation à proximité des entrées : les passages encombrés par la végétation sont peu fonctionnels

Avantages/inconvénients

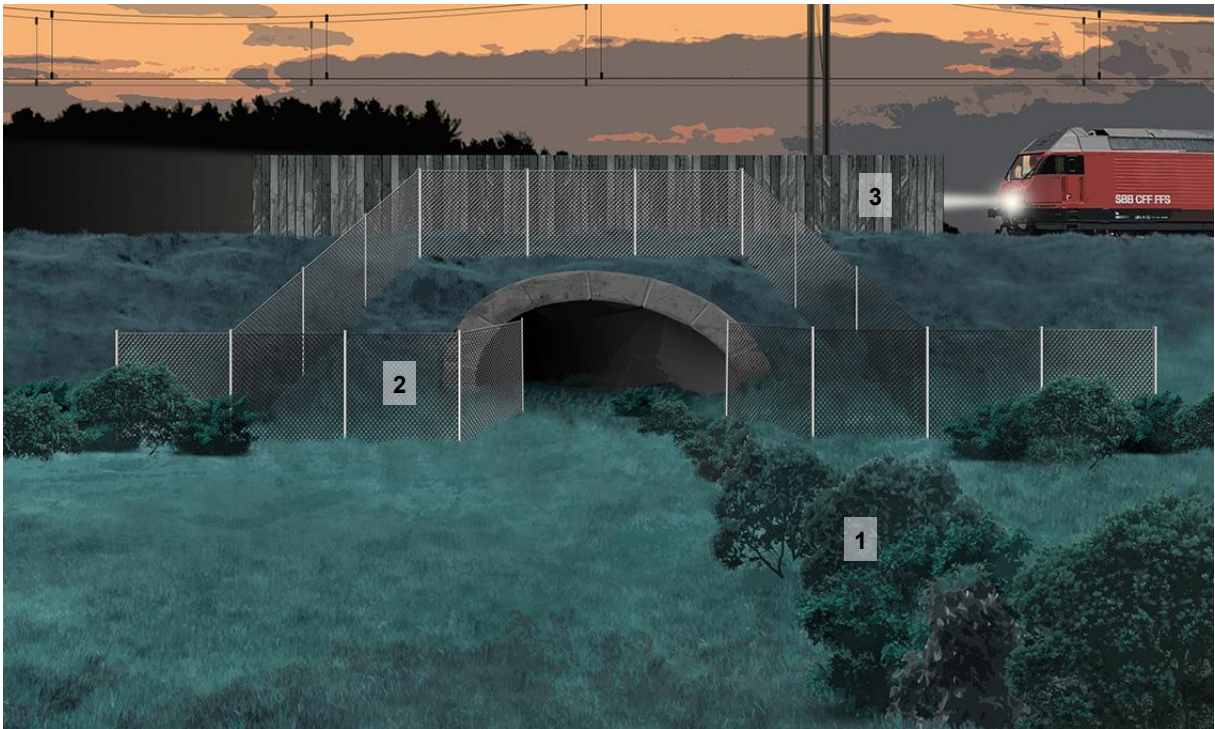
- ⊕ Synergies possibles avec l'aménagement de passages inférieurs pour les cours d'eau, les véhicules agricoles/forestiers, la mobilité douce ou le bétail
- ⊕ Pas de contre-indications avec les normes en vigueur pour la petite et grande faune (normes VSS 640 690a à 640 694 ; [25])
- ⊕ Fortes synergies pour la biodiversité en général, permettant d'améliorer le bilan coût-efficacité des ouvrages de franchissement

Service de conseil CCO/KOF

- Il est recommandé de se faire conseiller par un expert CCO/KOF (adresses p. 78 ; démarche : voir figure 13)

*Les coûts indiqués sont des ordres de grandeur, dépendant de nombreux facteurs ; ils comprennent l'achat et la pose du matériel.

Mise en œuvre



1. Structures végétales guides

Raccordent l'ouvrage de franchissement aux milieux environnants et guident les chauves-souris sous l'infrastructure de transport.

Exigences :

- Raccorder l'ouvrage aux biotopes environnants à l'aide de structures végétales linéaires continues (par ex. haies, allées)
- Diminuer progressivement la hauteur de la végétation à proximité de l'ouvrage pour inciter les chauves-souris à baisser leur hauteur de vol
- Entretenir tous les 3 à 5 ans les structures végétales aux abords des ouvrages pour conserver l'étagement souhaité et pour éviter que la végétation n'obstrue l'entrée des passages

Recommandations :

- Afin de réduire le risque de survol de l'infrastructure, concevoir l'implantation des structures végétales guides de telle manière à conduire les chauves-souris vers le centre de l'ouvrage

→ voir fiche B.3 Aménagement de structures guides



La réduction de la hauteur de la haie par un traitement différencié, associée à la pose d'un écran latéral opaque, incite les chauves-souris liées aux structures à abaisser leur hauteur de vol et à pénétrer dans l'ouvrage inférieur



Les passages inférieurs de grande taille traversés par un cours d'eau sont très efficaces pour les chauves-souris ; ils doivent faire l'objet d'un entretien régulier pour empêcher le développement de la végétation devant les entrées

2. Clôtures grillagées

Canalisent les chauves-souris dans l'ouvrage, obligent les espèces de haut vol à s'élever et franchir les infrastructures de transport au-dessus du trafic.

Exigences :

- Insérer la clôture au pied de l'ouvrage (pour guider les chauves-souris à l'intérieur du passage) et clôturer le haut des entrées de l'ouvrage (pour réduire le risque de survol de l'infrastructure)

Recommandations :

- Adapter la hauteur des clôtures en fonction de la topographie, des espèces et des enjeux, optimum entre 2 et 3 m
- Maillage de petite taille pour que la clôture serve de guide physique et ne soit pas traversée ; un maillage rectangulaire de 5x15 cm suffit pour la majeure partie des espèces ; maillage de 5x5 cm si le couloir de vol est emprunté par des rhinolophes
- Longueur de la clôture spécifique : ≥ 20 m de part et d'autre de l'ouvrage
- Une clôture en surplomb au-dessus des entrées des passages augmente l'effet d'entonnoir
- Evaluer au cas par cas la possibilité de combiner les clôtures avec des plantations de haies basses à l'extérieur des clôtures pour guider les chauves-souris vers l'ouvrage ; pas de plantation au-dessus de l'entrée des ouvrages (attirent les chauves-souris)



Les clôtures contournent l'ouvrage par le haut et guident les chauves-souris à l'intérieur du passage inférieur



Clôture incitant les chauves-souris à emprunter le passage inférieur ou à franchir la route au-dessus de la circulation

3. Ecrans latéraux opaques

Maintiennent les entrées des ouvrages inférieurs dans l'obscurité, incitent les chauves-souris à emprunter l'ouvrage ou à franchir l'infrastructure de transport au-dessus de la circulation.

Exigence :

- Doivent être installés de part et d'autre de l'ouvrage de franchissement et être parfaitement opaques, en particulier sur les infrastructures à fort trafic

Recommandations :

- Adapter la hauteur à la topographie et aux enjeux, optimum entre 2 et 3 m
- Prolonger les écrans sur ≥ 20 m de part et d'autre de l'ouvrage
- Sur les infrastructures à faible trafic, il est possible de remplacer les écrans par des clôtures grillagées



Ecran latéral opaque en bois permettant de maintenir une route de vol dans l'obscurité

4. Points particuliers

Recommandations :

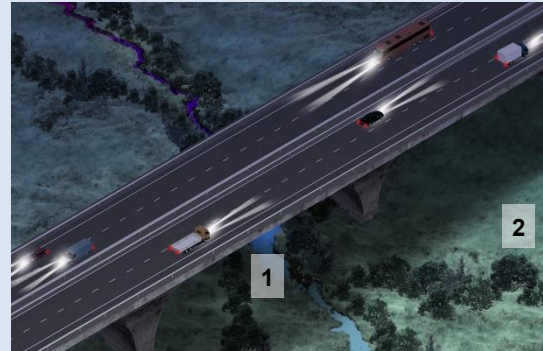
- Dans le cas d'une nouvelle infrastructure de transport coupant un couloir de vol, mettre en place des structures guides temporaires pour conserver la perméabilité de l'infrastructure durant les travaux → fiche B.3
- Eviter les points bas aisément franchissables par les chauves-souris, en particulier au niveau de l'insertion des clôtures aux entrées des ouvrages → fiche B.3
- Ne pas éclairer l'ouvrage et/ou la végétation avoisinante durant la phase de réalisation ainsi que durant la phase d'exploitation
- Eviter la plantation ou le développement d'éléments ligneux sur les talus jouxtant les entrées des ouvrages



La végétation buissonnante se développant sur le haut du talus pourrait inciter les chauves-souris à survoler la voie ferrée (1); à l'inverse, les buissons poussant au pied du talus à l'extérieur de la clôture guident les chauves-souris vers l'entrée du passage inférieur (2)

5. Cas particulier des ponts et des viaducs

Les ponts et les viaducs offrent de nombreuses opportunités pour les chauves-souris car ils sont généralement aménagés sur des vallons ou des cours d'eau servant de couloirs de vol ou d'habitats de chasse privilégiés. Leur hauteur et largeur permet de conserver les liaisons biologiques sous les ouvrages. En outre, ils sont régulièrement utilisés comme gîtes par plusieurs espèces (voir fiche B.4).



Exigences :

- Aménager des structures guides (haies, allées) conduisant les chauves-souris sous l'ouvrage, si possible maintenir les continuités écologiques sous l'ouvrage (1)

Recommandations :

- Les culées des ouvrages sont régulièrement construites sur des versants arborés potentiellement utilisés comme couloir de vol ; dans ce cas l'intersection avec l'infrastructure de transport peut s'avérer une zone à fort risque de collision ; afin de réduire ce risque, il est recommandé de reconfigurer la végétation en pratiquant des abattages et des plantations de telle manière à conduire les chauves-souris sous l'ouvrage (2)

Exemple de bonnes pratiques: Annexe C.1 Passages inférieurs sur la LGV Rhin-Rhône – Branche Est

B.3 Aménagement de structures guides

La fiche présente les points à considérer pour la mise en place de structures guides raccordant les ouvrages de franchissement supérieurs et inférieurs aux milieux environnants.



Généralités

Descriptif

- Les structures paysagères linéaires telles que les haies, allées ou berges boisées sont utilisées par les chauves-souris volant à proximité ou dans la végétation lors de leurs déplacements ; des structures artificielles (clôtures, murs anti-bruit) peuvent également jouer un rôle analogue, à condition d'être maintenues dans l'obscurité
- La fiche décrit les différents points à prendre en considération lors de l'aménagement et de l'entretien des différents types de structures guides

Objectifs

- Améliorer l'efficacité des ouvrages de franchissement pour les chauves-souris
- Réduire les risques de collisions en évitant le survol des infrastructures
- Renforcer les couloirs de vol existants ou potentiels par des aménagements ciblés

Coûts des aménagements spécifiques*

- Buissons : 30 CHF/m' (2 buissons par m')
- Clôtures grillagées : 200 CHF/m' (hauteur 3 m)

Efficacité

- L'aménagement des structures guides augmente la probabilité d'utilisation des ouvrages de franchissement pour les chauves-souris
- Les structures linéaires doivent être continues pour être fonctionnelles ; elles ne doivent pas être interrompues sur plus de 5 m pour les espèces strictement inféodées aux structures (rhinolophes, oreillards)

Avantages/inconvénients

- ⊕ Les structures guides renforcent l'efficacité des ouvrages de franchissement pour l'ensemble de la petite et grande faune (fortes synergies pour la biodiversité en général)
- ⊕ Les structures végétales ont par conséquent un très bon rapport coût-efficacité
- ⊖ Elles requièrent par contre des terrains le plus souvent situés hors des emprises des infrastructures de transport, ce qui limite les possibilités d'intervention
- ⊖ Elles nécessitent un entretien régulier pour conserver leur efficacité

Service de conseil CCO/KOF

- Il est recommandé de se faire conseiller par un expert CCO/KOF (adresses p. 78 ; démarche : voir figure 13)

*Les coûts indiqués sont des ordres de grandeur, dépendant de nombreux facteurs ; ils comprennent l'achat et la pose du matériel.

Mise en œuvre

1. Structures guides végétales

Les structures guides végétales sont des structures linéaires telles que les haies, les allées, les cordons boisés le long des cours d'eau ou les lisières.

Les recommandations varient en fonction du type de milieu traversé :

En milieu forestier :

- Éviter les discontinuités entre la forêt et l'ouvrage de franchissement
- Planter des bosquets ou haies « en entonnoir » pour concentrer les chauves-souris vers le centre de l'ouvrage

En milieu ouvert :

- Relier les ouvrages de franchissement aux habitats de chasse (forêts, zones humides, etc.) ou aux milieux bâtis (gîtes)
- Les haies peuvent être combinées aux clôtures à proximité des ouvrages ; haies denses, basses et continues, plantées à l'extérieur des clôtures, idéalement maintenues à plus de 20 m du bord de l'infrastructure de transport
- Une haie double est particulièrement efficace, par ex. de part et d'autre d'un chemin agricole/forestier menant sur un ouvrage de franchissement
- Des couloirs de vol proches l'un de l'autre et menant aux mêmes terrains de chasse peuvent être redirigés sur le même ouvrage de franchissement en réorganisant les structures végétales guides
- Lorsque les enjeux sont importants, prendre en compte la durée de croissance des buissons (3 à 5 ans) → voir point 4
- Exploiter les synergies offertes par les projets de mise en réseau, d'améliorations foncières, de revitalisations de cours d'eau, etc.

En milieu urbanisé :

- La fonctionnalité des aménagements en milieu urbanisé est plus aléatoire ; il est néanmoins utile de renforcer les couloirs de vols avérés ou potentiels, en particulier au niveau des ouvrages de franchissement (ponts, viaducs)
- Une attention particulière devra être portée au traitement de l'éclairage public, afin de maintenir les structures guides non éclairées → voir chapitre 2.1.3



Au premier plan, jeune plantation visant à raccorder un passage supérieur à la forêt voisine



Haie double guidant les chauves-souris vers un ouvrage de franchissement supérieur autoroutier



Berge boisée continue assurant la liaison sous un viaduc

2. Structures guides artificielles

Des clôtures, palissades en bois, murs, etc. peuvent servir de structures guides artificielles.

Leur efficacité diffère selon les espèces concernées.

Les recommandations suivantes peuvent être émises :

Clôtures grillagées :

- Hauteur optimale entre 2 et 3 m
- Les clôtures à faune classiques (par ex. 30x15 cm, norme VSS 640 693a) sont facilement traversées par les petites espèces très agiles (murins, rhinolophes)
- Un maillage plus fin, par ex. de 5x15 cm, renforce considérablement l'effet de guidage
- Pour les rhinolophes, un maillage de 5x5 cm est requis ; selon les cas, vérifier si la perméabilité de la clôture doit être maintenue pour la petite faune terrestre (hérisson, mustélidés, etc.) en gardant un maillage plus grand sur les 30 premiers cm (éviter de piéger la petite faune du côté de l'infrastructure)



Clôtures grillagées guidant les chauves-souris sur un ouvrage de franchissement (au fond à gauche)

- Eviter les points bas en insérant correctement les clôtures aux entrées des ouvrages ou en rehaussant les clôtures aux points critiques → voir point 3
- Insérer les clôtures au pied des entrées des passages inférieurs ; les raccorder sur les écrans latéraux opaques ou les parapets des passages supérieurs

Murs antibruit :

- De part et d'autre des ouvrages de franchissement, les murs antibruit opaques jouent un rôle de guide pour les chauves-souris, tout en limitant les dérangements liés au bruit et aux phares
- Des murs antibruit végétalisés ou combinés à des plantations de haies sont plus fonctionnels
- Préférer les murs antibruit opaques plutôt que transparents à proximité des ouvrages



Raccordement de la clôture au pied de l'entrée d'un ouvrage de franchissement inférieur

3. Raccordement des structures guides aux ouvrages de franchissement

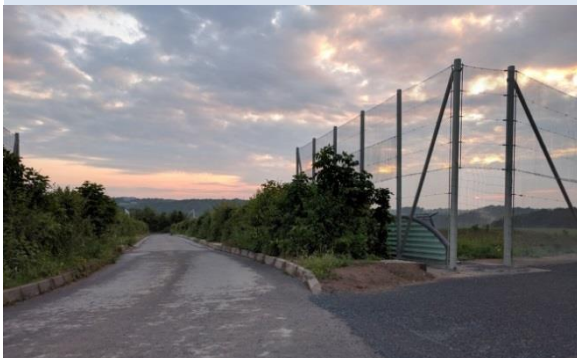
La qualité du raccordement des structures guides à l'ouvrage de franchissement détermine dans une large mesure sa fonctionnalité ; les points suivants sont à prendre en considération :



Exemple positif : raccordement adéquat de la clôture au niveau de l'écran latéral opaque ; une haie basse sert de structure guide sur l'ouvrage



Exemple négatif : risque élevé de survol de l'infrastructure routière du fait du raccordement de la clôture en retrait de l'entrée de l'ouvrage



Exemple positif : clôtures grillagées couplées à une haie guidant les chauves-souris sur l'ouvrage de franchissement



Exemple négatif : la clôture fait un décrochement au pied du talus bordant un passage supérieur, créant un point bas aisément franchissable par les chauves-souris



Exemple positif : insertion correcte d'un grillage à l'entrée d'un ouvrage de franchissement



Exemple négatif : mauvaise insertion sous le tablier de l'ouvrage créant un point bas incitant les chauves-souris à survoler la route

4. Dispositifs provisoires de guidage

Les dispositifs provisoires de guidage sont utilisés en phase de chantier pour maintenir une continuité, ou en début de phase d'exploitation en attendant le développement des plantations.

Exigences :

- Pour les espèces strictement inféodées aux structures, combler les discontinuités de plus de 5 m à l'aide de structures guides provisoires
- Ne pas éclairer les structures temporaires

Recommandations :

- Utiliser des clôtures de chantier en plastique ou éléments similaires, hauteur min. 2 m
- Les clôtures peuvent être déplacées la journée pour permettre le passage des véhicules de chantier ; dans ce cas, les remettre en place toutes les nuits
- Les dispositifs provisoires de guidage sont nécessaires d'avril à octobre (période d'activité des chauves-souris) et peuvent être démontés en dehors de cette période



Structure guide temporaire réalisée à l'aide de 2 hauteurs de clôtures de chantier en plastique ; la clôture a également été posée sur l'ouvrage de franchissement, dans l'attente du développement des plantations

5. Entretien des structures guides

L'entretien régulier des structures guides végétales a pour but de maintenir la fonctionnalité de l'ouvrage de franchissement.

Exigences :

- A proximité des entrées des passages inférieurs, maintenir des haies basses ou rabattre tous les 3 à 5 ans la végétation pour éviter le survol des infrastructures
- Eviter que la végétation n'obstrue les entrées des passages inférieurs

Recommandations :

- A proximité immédiate des passages inférieurs, éviter le développement de buissons sur les talus à l'intérieur des clôtures, car ils augmentent la probabilité de survol de l'infrastructure avec un risque élevé de collision



Le développement de grands arbres au sein de la structure guide et de buissons sur le talus incite les chauves-souris à survoler l'infrastructure plutôt que d'emprunter le passage inférieur ; éviter que des buissons obstruent l'entrée du passage

Exemples de bonnes pratiques

- Annexe C.3 Connection des ouvrages de franchissement à l'aide de structures guides: autoroute BAB17 Dresde-Prague
- Annexe C.4 Test de clôtures à chauves-souris

B.4 Aménagement des ouvrages d'art en faveur des chauves-souris

La fiche de mesure présente les points les plus importants à considérer lors de la planification d'un nouvel ouvrage d'art, de l'entretien ou de l'assainissement d'un ouvrage existant. Leur utilisation par les chauves-souris doit être prise en compte et favorisée.



Le pont de Corbières abrite la plus grande colonie de Grand murin du canton de Fribourg. Les flèches indiquent les orifices d'accès, les volumes occupés sont situés dans les tabliers creux du pont (© Jérôme Gremaud).

Généralités

Descriptif

- Les mesures énumérées permettent de réduire les impacts négatifs des travaux d'entretien ou d'assainissement sur les chauves-souris ; des aménagements spécifiques sont proposés afin de promouvoir l'utilisation des ouvrages d'art comme gîtes à chauves-souris

Objectifs

- Préserver les gîtes existants et aménager de nouveaux gîtes dans les ouvrages d'art
- Eviter que des chauves-souris soient tuées ou délogées lors de travaux
- Eviter les pièges mortels liés aux ouvrages d'art

Côûts des aménagements spécifiques*

- Nichoirs externes à chauves-souris : dès 40 CHF (différents modèles et fabricants)
- Création d'accès pour les chauves-souris dans les ouvrages d'art (tabliers creux, ouvertures d'évacuation d'eau, systèmes d'aération, etc.) : dès 100 CHF

Efficacité

- La colonisation d'un gîte par les chauves-souris dépend fortement de son environnement direct, qui doit offrir des habitats de chasse en suffisance

Avantages/inconvénients

- ⊕ Probabilité élevée de (re)colonisation des gîtes après les travaux d'entretien ou d'assainissement
- ⊕ Mesures le plus souvent simples et bon marché pour différentes espèces de chauves-souris
- ⊕ Combinaison possible avec des mesures pour d'autres groupes faunistiques (par ex. oiseaux)

Service de conseil CCO/KOF

- Impliquer les correspondants régionaux CCO/KOF (adresses voir p. 78) afin de clarifier l'utilisation et le potentiel des ouvrages d'art pour les chauves-souris ; la planification et l'accompagnement des mesures doit se faire par un/e spécialiste afin d'augmenter les chances de réussite

* Les coûts dépendent de nombreux facteurs et ont un caractère indicatif ; ils comprennent l'achat et la pose du matériel.

Mise en œuvre



Le tablier creux (1) de ce pont est occupé par des chauves-souris. La flèche indique l'orifice d'accès, voir détails au point 3.



Murins de Daubenton occupant une fente sous un pont



Barbastelle dans une ouverture d'évacuation des eaux

1. Identifier la présence de chauves-souris

Déceler les traces de chauves-souris et les gîtes potentiels dans les ouvrages d'art.

Exigences :

- Avant les travaux d'entretien ou d'assainissement, il faut identifier les gîtes à chauves-souris (joints de dilatation, tuyaux de drainage, etc.) ; outre l'observation directe de chauves-souris, des indices caractéristiques tels que la présence de crottes (similaires aux crottes de souris, s'émiettent cependant facilement quand on les écrase entre les doigts ; photo du haut) ou des taches d'urine aux endroits de repos (photo du bas) peuvent être trouvés

Recommandations :

- Beaucoup de gîtes à chauves-souris ne sont que difficilement visibles ; l'idéal est de mener la recherche de gîtes lors de l'inspection de l'ouvrage (utilisation d'un élévateur, etc.)
- Formation de reconnaissance des gîtes de chauves-souris pour les inspecteurs d'ouvrages ; saisir les découvertes de gîtes dans les banques de données des ouvrages d'art afin de pouvoir les prendre en compte lors des futures interventions
- Annoncer la découverte de nouveaux gîtes au CCO/KOF et demander un conseil spécialisé



© SSF

© SSF

2. Protection de gîtes existants

Prise en compte des gîtes à chauves-souris lors de projets d'entretien ou d'assainissement.



© Cyril Schönbacher (2)

Exigences :

- Planifier les mesures de protection des chauves-souris et de leurs gîtes suffisamment tôt avant les travaux

Recommandations :

- Diverses mesures envisageables : monter un système anti-retour (photo de droite : les chauves-souris peuvent sortir mais plus rentrer dans le tablier du pont) ; bloquer les accès avant la phase de construction, garantir qu'ils soient à nouveau disponibles après les travaux ; adapter la période des travaux, à exécuter de préférence de mars à avril ou de septembre à octobre
- Impliquer les spécialistes à temps lors des travaux de planification afin d'éviter les retards dans la construction



© Echolot (2)

3. Aménagement de nouveaux gîtes

Aménager des gîtes potentiels pour les chauves-souris dans les ouvrages d'art en rendant accessibles les anfractuosités et les volumes existants.

Exigences :

- Maintenir accessibles pour les chauves-souris des fentes, trous et cavités, par ex. en adaptant des grilles ou les extrémités de tuyaux de drainage
- Dimensions des ouvertures adaptées aux chauves-souris : accès aux grands volumes env. 7x40 cm, fentes au moins 12 mm de large et 50 mm de profondeur ; voir également annexe D
- Divers points de détail doivent être réglés avec le CCO/KOF : éviter la création de courants d'air, de piéger les chauves-souris dans les ouvrages, etc.



Photomontage

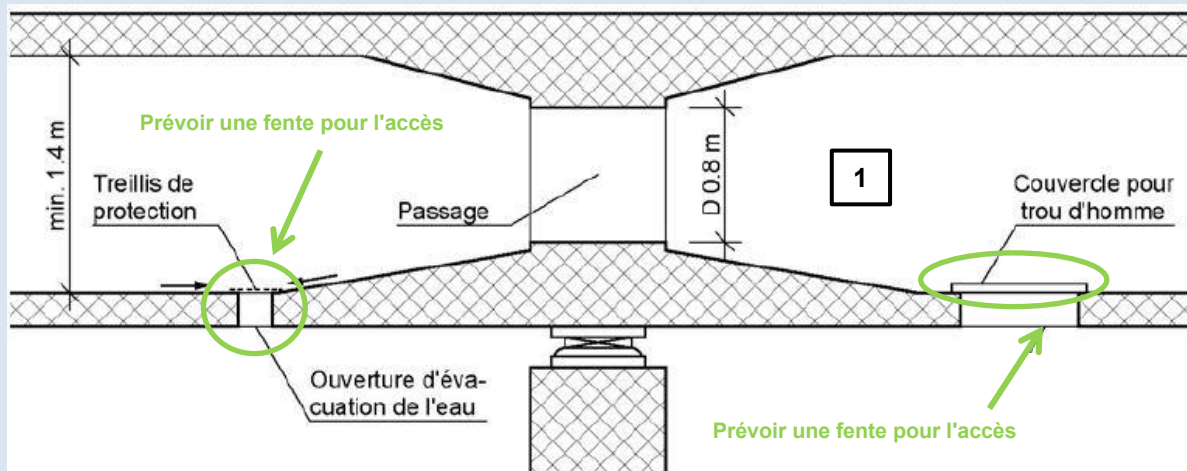
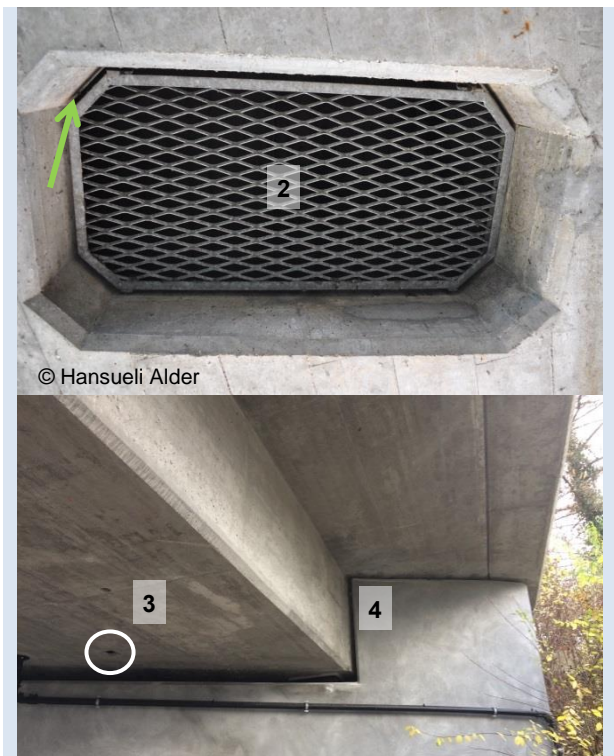


Schéma en coupe tiré de la directive Détails de construction de ponts (6 Assèchement des ponts, OFROU 2007 [25]). Les adaptations nécessaires pour que les chauves-souris puissent utiliser le tablier creux du pont (1) sont indiquées en couleur. Les accès doivent être conçus pour éviter le passage des pigeons (grille de protection adaptée).



© Hansueli Alder



Possibilités d'accès aux gîtes dans les ponts: trou d'homme avec espaces latéraux permettant le passage des chauves-souris (2), trous de drainage et d'aération (3), fentes au niveau de la culée (4), joints de dilatation (5).

4. Nichoirs à chauves-souris

Augmenter l'offre en gîtes sur les ouvrages d'art.

Exigences :

- Les nichoirs doivent être facilement accessibles pour les chauves-souris et être installés à plus de 4 m au-dessus du sol
- Veiller à ce que les nichoirs soient au moins partiellement ensoleillés

Recommandations :

- Il existe un grand choix de modèles (en forme de fissure, de cavité, etc.), de tailles (à partir de 30x40 cm) et de fonctions (gîtes d'été ou d'hivernation)
- Voir fiche technique (annexe D) présentant différents modèles de nichoirs et des plans pour leur intégration dans les projets de construction d'ouvrages d'art



© Marzia Mattei



Fig. de gauche: modèle (Schwegler 1W1) prévu pour être directement intégré dans l'ouvrage



© Elias Bader

5. Points particuliers

- Les ponts franchissant des cours d'eau ou des vallons forestiers doivent être aménagés en priorité, car les milieux environnants offrent généralement un habitat de chasse favorable
- Eviter d'aménager des gîtes sur des ouvrages traversant d'autres infrastructures de transport (risque de collision)
- Le guano de chauves-souris ne cause pas de dégâts au béton [12], mais peut par contre provoquer de la corrosion sur les éléments métalliques
- Les ouvertures peuvent se transformer en pièges pour les chauves-souris et d'autres espèces (par ex. des chauves-souris au vol rapide peuvent entrer dans une cavité étroite verticale tel un pilier de pont, mais ne sont pas assez agiles pour en ressortir); prendre en compte ce point en consultant les spécialistes CCO/KOF

6. Cas particulier des ouvrages en pierre



Exigences :

- Les ouvrages d'art en pierre naturelle offrent une grande diversité de gîtes pour les chauves-souris et de nombreuses autres espèces, justifiant de faire appel à un spécialiste pour éviter leur suppression en cas de travaux d'assainissement
- La recherche de gîtes potentiels peut se combiner avec l'inspection des ouvrages

Recommandations

- Maintenir une offre élevée et constante en gîtes
- Sensibiliser les ingénieurs au potentiel qu'offrent les ouvrages en pierre

Exemples pratiques

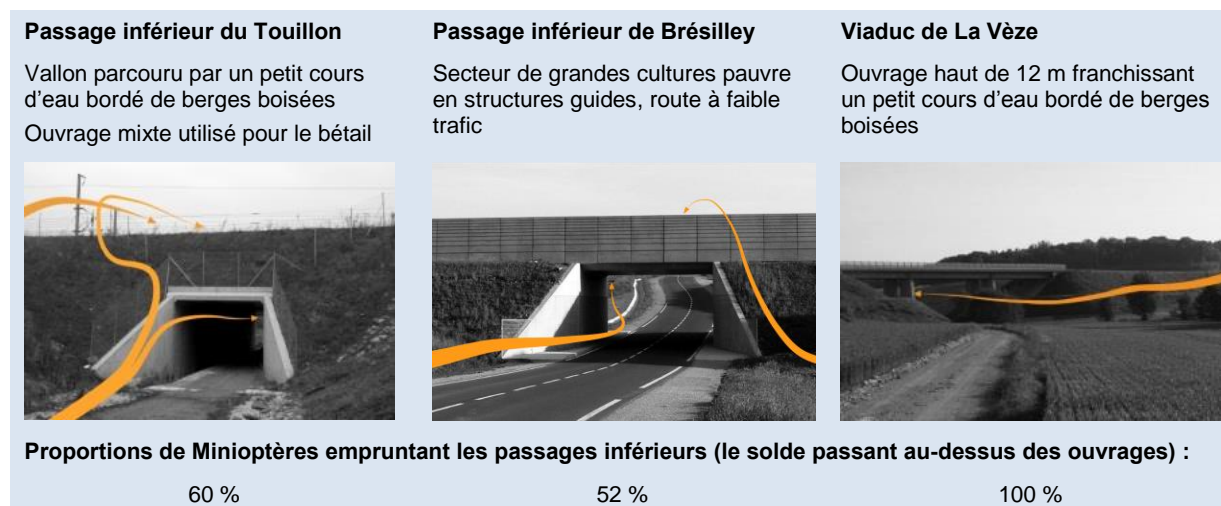
- Annexe C.5, Assainissement du pont de Corbières, canton de Fribourg
- Annexe D, fiche technique « Installation de nichoirs à chauves-souris sur les ponts »
- www.fledermausschutz.ch/Fledermaeuse/Fledermauskasten.html

Annexe C Exemples de bonnes pratiques

- C.1 Passages inférieurs sur la LGV Rhin-Rhône – Branche Est**
- C.2 Passages à faune supérieurs et ponts végétalisés sur l'autoroute BAB17 Dresde-Prague**
- C.3 Connection des ouvrages de franchissement à l'aide de structures guides : autoroute BAB17 Dresde-Prague**
- C.4 Test de clôtures à chauves-souris**
- C.5 Assainissement du pont de Corbières, canton de Fribourg**

C.1 Passages inférieurs sur la LGV Rhin-Rhône – Branche Est [16]

La ligne TGV Rhin-Rhône, reliant Dijon à Mulhouse, passe à proximité de la Mine d'Ougney, un site Natura 2000 qui abrite une importante colonie de mise bas de 2500 Minoptères de Schreibers (*Miniopterus schreibersii*). Des suivis télémétriques et acoustiques menés avant les travaux ont montré que le tracé projeté coupait trois couloirs de vols utilisés par près de 10 % de la colonie pour rejoindre leurs habitats de chasse. Pour réduire les impacts du projet, 3 passages ont été aménagés pour inciter les chauves-souris à franchir l'infrastructure en passant sous les voies. Un suivi des effets a été mis en place en 2009-2010 pour évaluer l'efficacité des ouvrages, par comptages à l'aide de détecteurs d'ultrasons, d'enregistreurs automatiques d'ultrasons (Anabats) et d'un appareil de vision nocturne à amplification de lumière.



Principaux résultats

- Plus de la moitié des Minoptères ont emprunté les ouvrages inférieurs
- Le viaduc présente une efficacité de 100 % ; les passages de plus petite taille sont contournés par une partie des chauves-souris
- La proportion de la colonie franchissant la LGV est identique à celle avant la construction, de même que la répartition entre les trois couloirs de vol ; les passages ont donc permis de conserver la perméabilité de la ligne, mais le risque de collision ne peut être entièrement évité

Mesure d'optimisation

- Assurer un entretien régulier des structures guides menant les chauves-souris en direction des passages inférieurs (berges boisées, haies), en particulier réduire la hauteur de la végétation à l'approche des ouvrages

Recommandations générales

- voir fiches de mesures B.2 et B.3

C.2 Passages à faune supérieurs et ponts végétalisés sur l'autoroute BAB17 Dresde-Prague [20]

L'autoroute BAB17 au sud de Dresde (inaugurée en 2006), ainsi que la route d'accès S170 (inaugurée en 2008), passent à faible distance d'un gîte de mise bas du Petit rhinolophe, strictement protégé par la Directive Habitats de l'UE (annexe II). Dans le cadre du permis de construire, des mesures techniques pour limiter les impacts sur la colonie ont été planifiées et réalisées.

L'efficacité écologique des ouvrages de franchissement a été vérifiée par une surveillance acoustique permanente et des méthodes de recherches bioacoustiques et optiques utilisées ponctuellement.

Passage à faune supérieur	Pont végétalisé	
Passage à faune (longueur 22 m, largeur 20 m) avec palissade opaque (hauteur 2.5 m) et clôture de protection de 4 m de hauteur.	Passage agricole supérieur bordé de plantations arbustives, ≥ 19 m de longueur et 11 m de largeur.	
	Pont végétalisé avec chemin agricole franchissant l'autoroute	Couloir de vol: Petit rhinolophe (image thermique) traversant à 1 m de hauteur le pont végétalisé
		

Principaux résultats:

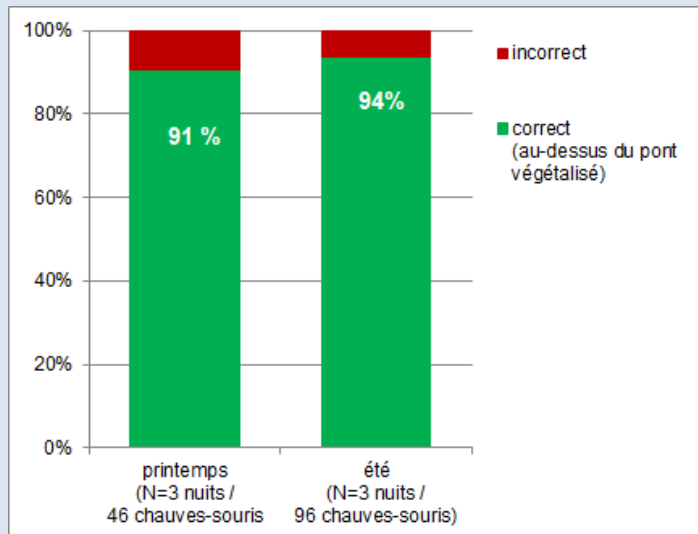
Passage à faune supérieur :

- Adoption rapide de l'ouvrage de franchissement après la construction
- Utilisation par beaucoup d'espèces de chauves-souris, y compris des espèces fortement menacées
- Importance quantitative de l'utilisation clairement établie
- Monitoring incomplet en raison de la largeur de l'ouvrage: l'utilisation effective est encore plus importante

Pont végétalisé :

- Adoption seulement après le développement des haies sur le pont et des haies menant au pont ; augmentation constante enregistrée sur une période de 10 ans
- Utilisation par différentes espèces de chauves-souris menacées
- Comparé aux points de contrôle, l'importance quantitative de l'utilisation est clairement établie
- L'entretien des haies est décisif (apports d'eau en été, ne pas rabattre la haie totalement)

Utilisation d'un nouveau pont végétalisé franchissant l'autoroute A17 Dresde-Prague par les chauves-souris



- >90% des chauves-souris traversent le pont végétalisé, comparativement aux points de contrôles
- Le nombre d'observation a constamment augmenté durant les 10 ans de monitoring ; un monitoring après 10 ans est important
- Autant l'utilisation du pont végétalisé pour le franchissement que l'efficacité quantitative peut être attestée après 10 ans pour différentes espèces de chauves-souris menacées

Résultats 10 ans après la construction ; N = 6 nuits en 2016

Mesures d'optimisation

- Renforcer les structures guides (clôtures/ haies) menant vers les ouvrages
- Obturer les points bas entre les palissades opaques et les clôtures à chauves-souris
- Entretien de la végétation : aménager une percée dans la végétation pour offrir un couloir de vol protégé sur l'ouvrage
- Maintenir les accotements routiers sans buissons entre les ouvrages et les clôtures (attirent les chauves-souris)



Obturation des points bas entre les palissades opaques et les clôtures



Taille des buissons au milieu du passage à faune supérieur afin de créer des couloirs de vol



Elimination des buissons sur les accotements routiers

Recommandations générales

- Voir fiches de mesures B.1 et B.3

C.3 Connection des ouvrages de franchissement à l'aide de structures guides : autoroute BAB17 Dresde-Prague [20]

Voir introduction C.2

Dans les environs de l'autoroute BAB17, un réseau dense de haies, d'allées et d'arbres isolés a été planté afin d'aménager des structures guides entre un gîte de mise bas du Petit rhinolophe et les habitats de chasse. Les routes de vol sont ainsi concentrées de manière ciblée en direction des ouvrages de franchissement.

Regroupement des couloirs de vol grâce à des structures guides



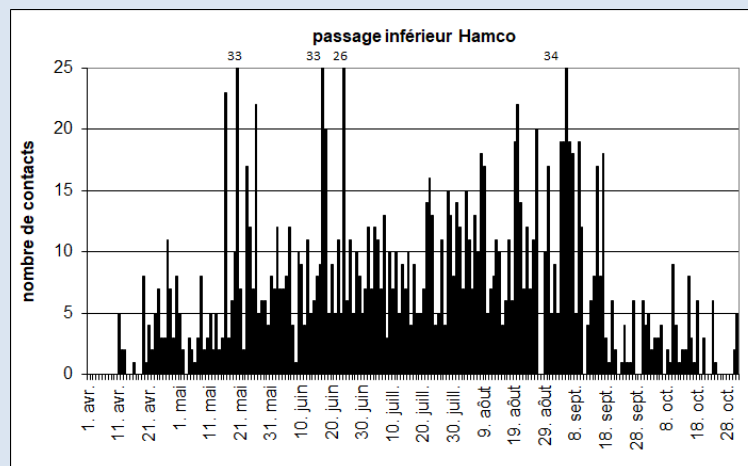
Haie servant de structure guide en direction du passage inférieur de Hamco



Structure guide étroitement connectée à un passage inférieur



Nombre de Petits rhinolophes enregistrés en 2014 le long de la structure guide et dans le passage inférieur de Hamco : évolution du nombre de passages par nuit tout au long de la saison (total de 1495 contacts) :

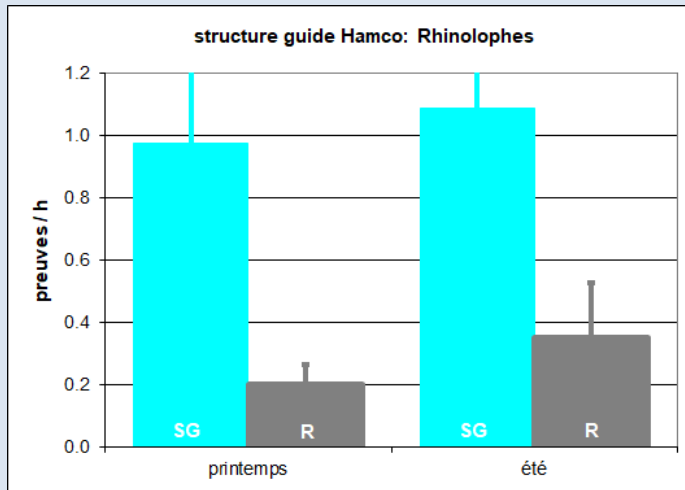


Principaux résultats

Structure guide composée de haies :

- Leur fonctionnalité est avérée
- Tendence positive durant la période d'étude de 5 ans avec accroissement significatif du nombre d'individus suivant la structure guide

Résultats du suivi réalisé le long d'une structure guide (haie) après une période d'étude de 5 ans



Nombre de contacts/heure ; SG = structure guide menant vers l'ouvrage (bleu), R = structure boisée isolée servant de référence (gris) ; N = 6 nuits

- Les contacts enregistrés le long de la haie s'élèvent à >80% en comparaison du site de référence
- Autant les preuves de la fonctionnalité de la structure guide que son efficacité sur le plan quantitatif ont pu être apportées après 5 années de monitoring

Mesures d'optimisation

- Eviter dans la mesure du possible toute interruption des structures guides au niveau des ouvrages de franchissement
- Soigneusement connecter les clôtures et les haies servant de structure guide ; prolonger les clôtures sur le pont
- Un bon entretien des structures guides boisées est décisif pour leur efficacité, pas de coupe rase, combler les lacunes



Prolongation de la clôture de protection



Combler les lacunes de la structure guide (ex. allée d'arbres)



Utilisation de structures guides provisoires (clôture en plastique) durant la phase de construction

Recommandations générales

- voir fiche de mesures B.3

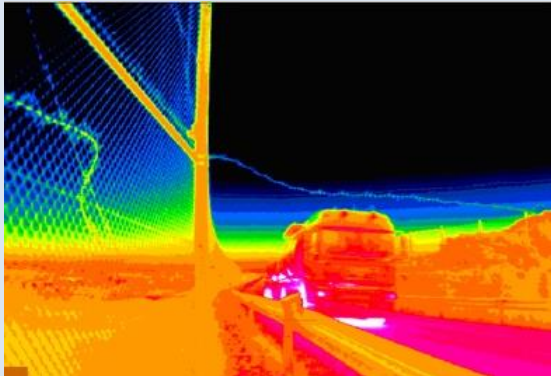
C.4 Test de clôtures à chauves-souris [31]

Voir introduction C.2

Les clôtures de protection d'une hauteur de 2 à 4 m installées aux points critiques le long des infrastructures de transport ont pour but d'inciter les chauves-souris à survoler le tracé à une hauteur suffisante ("protection anti-collision") et/ou à dévier les chauves-souris de la zone du tracé pour les diriger vers des ouvrages de franchissement ponctuels ("effet de guidage"). L'efficacité des clôtures concernant ces deux fonctions a été vérifiée dans le cadre d'une expérience sur le terrain.

Le suivi à l'aide d'images thermiques montre que la clôture de protection à chauve-souris exerce un "effet de guidage" (gauche) et de "protection anti-collision" (droite).

Clôtures de protection à chauve-souris avec "effet de guidage" en direction du passage à faune supérieur visible en arrière-fond.



- La grande majorité des Petits rhinolophes a été déviée par la clôture (effet de guidage) ; la clôture a été survolée dans seulement 4.2 % des cas ; ces survols ont toutefois eu lieu majoritairement dans la zone de collision à une hauteur < 3 m

- Preuve apportée pour la fonction "effet de guidage" – par contre insuffisamment efficace en tant que "protection anti-collision"

Principaux résultats

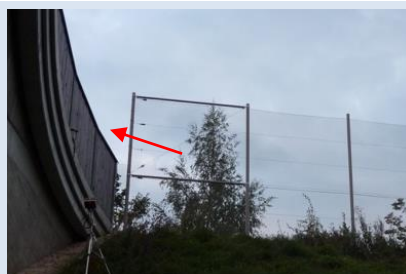
- La fonction "protection anti-collision" n'est pas remplie pour les chauves-souris strictement inféodées aux structures paysagères telles que le Petit rhinolophe
- L'"effet de guidage" fonctionne bien

Mesures d'optimisation

- Il est important d'assurer l'étanchéité des clôtures de protection
- Optimiser les raccords entre les clôtures de protection et les ouvrages de franchissement pour empêcher les chauves-souris de contourner l'ouvrage
- Des clôtures de protection en plastique peuvent être utilisées durant la phase de construction



Les brèches dans la clôture doivent être obturées



Eviter les espaces au niveau du raccordement des clôtures sur les ouvrages de franchissement



Utilisation de clôtures de protection provisoires lors de la phase de construction

Recommandations générales

voir fiche de mesures B.3

C.5 Assainissement du pont de Corbières, canton de Fribourg [30]

Le pont de Corbières relie les deux rives du Lac de la Gruyère. Sa renommée dépasse pourtant de loin les frontières cantonales ; c'est en effet un des seuls ponts en Europe à abriter une colonie de chauves-souris d'une telle importance. Près de 400 femelles de Grands murins occupent l'ouvrage d'art de mai à août et forment la plus grande colonie de reproduction de l'espèce dans le canton de Fribourg.

Un assainissement complet de cet ouvrage en béton armé datant de 1930 a été réalisé en 1991 et 1992. La découverte d'une colonie de chauves-souris à l'occasion de l'inspection du pont en vue des travaux a rapidement été signalée au correspondant régional du CCO, qui a souligné l'importance du site et convaincu le maître d'ouvrage de mener les travaux en tenant compte des chauves-souris. Cette démarche a été rendue possible grâce à la bonne collaboration prévalant entre les pouvoirs publics et FRIbat-CCO Fribourg.

Le chantier a été planifié en plusieurs étapes en tenant compte de l'occupation de l'ouvrage par la colonie. Les emplacements colonisés par les chauves-souris ont été détruits et reconstitués durant l'hiver, période durant laquelle les chauves-souris sont absentes du gîte. Afin de maximiser les chances de recolonisation, de nombreuses précautions ont été prises. Les chambres ont été recouvertes de béton projeté granuleux permettant aux Grands murins de s'accrocher au plafond, les entrées utilisées par les chauves-souris ont été maintenues et du guano préalablement récolté sur place y a été replacé après travaux pour restituer l'ambiance olfactive. Un aménagement spécifique de récupération des eaux assure le maintien d'un taux d'humidité constant. Un suivi thermique réalisé dans le gîte a permis de s'assurer que les conditions prévalant avant les travaux étaient maintenues. Le pont entièrement assaini a été réoccupé dès le printemps suivant par les Grands murins.

Le maître d'ouvrage (département des ponts et chaussée, canton de Fribourg) a relevé que la découverte de la colonie avait d'abord été ressentie comme un handicap, mais que le dialogue avec le CCO a permis de sensibiliser les ingénieurs et de mettre en place une collaboration fructueuse. Selon le maître d'ouvrage, une telle expérience mérite d'être menée dans la mesure où la présence de chauves-souris n'entraîne pas un risque de dégradation pour l'ouvrage lui-même ou pour les usagers. Le coût, difficile à chiffrer avec précision, est estimé entre 1 et 2 % du coût global de l'assainissement.



Le pont de Corbières reliant les deux rives du lac de la Gruyère ; les chauves-souris y accèdent par un œil-de-bœuf (© Jérôme Gremaud)



La colonie comptant près de 400 femelles de Grands murins occupe une chambre de l'ouvrage (© Jérôme Gremaud)

Principaux résultats

- Maintien de la colonie dans l'ouvrage existant grâce à une planification adéquate des travaux et à des solutions techniques adaptées et peu coûteuses

Mesures d'optimisation

- Les Grands murins occupant le pont sont parfois victimes du trafic routier ; l'installation d'un filet au-dessus de l'accès à la colonie permettrait de limiter le risque de collision
- D'autres espèces occupent également l'ouvrage, en particulier le Murin de Daubenton ; des aménagements complémentaires pourraient être réalisés dans les autres chambres du pont

Recommandations générales

- voir fiche de mesures B.4

Annexe D Fiche technique : Installation de nichoirs à chauves-souris sur les ponts



Zürich, juin 2017

Fiche technique: **Installation de nichoirs à chauves-souris sur les ponts**

Les chauves-souris sont menacées et protégées sur le plan du droit fédéral. Il est interdit par la loi de les tuer ou de détruire leurs gîtes. Beaucoup d'espèces colonisent les étroites fissures rocheuses, certaines seulement pendant l'hiver, d'autres également le reste de l'année. De par leur structure complexe offrant de multiples fentes et cavités, les ponts ressemblent aux formations rocheuses. Souvent situés aux abords ou au-dessus de cours d'eau, où les chauves-souris trouvent une riche offre en insectes, les ponts sont doublement appréciés en tant que gîtes.

Beaucoup de fentes disparaissent lors de l'assainissement des vieux ponts. Les nouveaux ouvrages sont le plus souvent étanches et offrent peu de nouvelles possibilités de gîtes. L'installation de nichoirs spécifiques à chauves-souris à des endroits appropriés sur les ponts permet de contrecarrer cette perte de gîtes sans entraver l'esthétique, la fonctionnalité ou la durée de vie des ouvrages.

Afin que les chauves-souris puissent utiliser leurs gîtes de remplacement, les paramètres suivants doivent être pris en compte:

- Emplacements ensoleillés: Les nichoirs doivent pouvoir se réchauffer au soleil, au moins durant une partie de la journée. Certains nichoirs peuvent être posés en tant que gîtes d'hibernation à des emplacements ombragés à l'abri du vent.
- Emplacements si possible non éclairés: Les nichoirs situés proches d'éclairages artificiels ne sont pratiquement jamais occupés.
- Sur les ponts franchissant un cours d'eau, veiller à installer les nichoirs au-dessus du niveau des hautes eaux.
- Installer les nichoirs au moins 2.5 m au-dessus du sol.
- Pour garantir l'accessibilité au gîte, tailler régulièrement la végétation dans un périmètre d'au moins 3m autour des nichoirs.
- Les nichoirs peuvent être fixés sur la surface des ponts, ou être directement intégrés dans les ouvrages en cas de nouvelles constructions ou d'assainissements. Des modèles spécifiques sont disponibles à cet effet (voir exemples ci-dessous), mais peuvent également être construits sur mesure (voir plans de construction).
- „Mieux vaut trop que trop peu“: Un grand nombre de nichoirs de différentes conceptions, emplacements et expositions augmente le succès de colonisation, autant en terme de nombre d'individus que d'espèces. Pour des ponts de petite taille et difficiles à équiper, il faut prévoir au moins 5 nichoirs ; pour des ponts plus grands il en faut proportionnellement davantage.

Emplacements inappropriés:

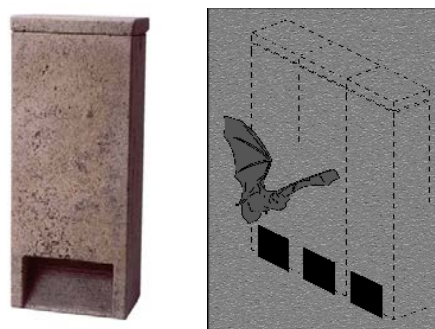
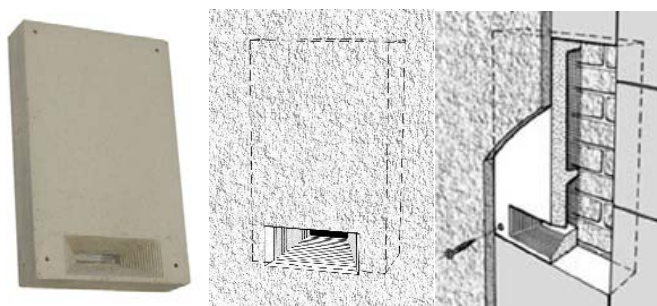
- À côté ou au-dessus de lignes de chemin de fer ou de routes très fréquentées : risque de collision trop élevé.
- Dans les secteurs encombrés par des arbres, des clôtures, etc.
- Dans les secteurs illuminés par des réverbères, les éclairages du pont, etc.
- Trop proche de la surface de l'eau: en période de crue, l'ouverture des nichoirs doit rester au-dessus du niveau d'eau.

Différents modèles de niochirs de l'entreprise Schwegler se prêtent bien à l'installation sur ou dans les ponts (exemples ci-dessous). En Suisse, ils peuvent être commandés par ex. sur le site www.kuepfer-gaeumann.ch.

Niochirs à intégrer dans les ouvrages:

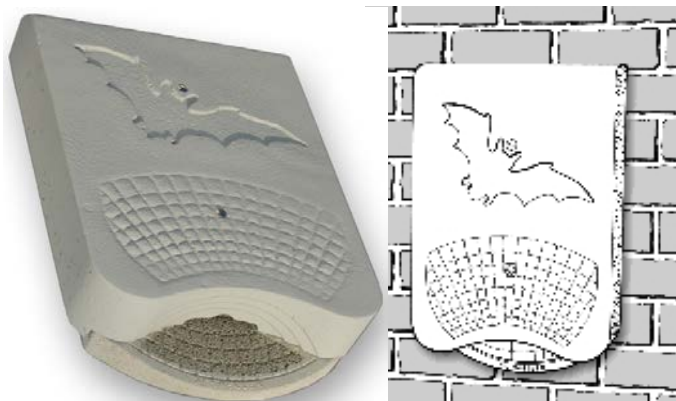
Schwegler 1WI (également adapté comme gîte d'hibernation)

Schwegler 2FR



Niochirs à fixer sur les ouvrages:
Schwegler 1&2FTH

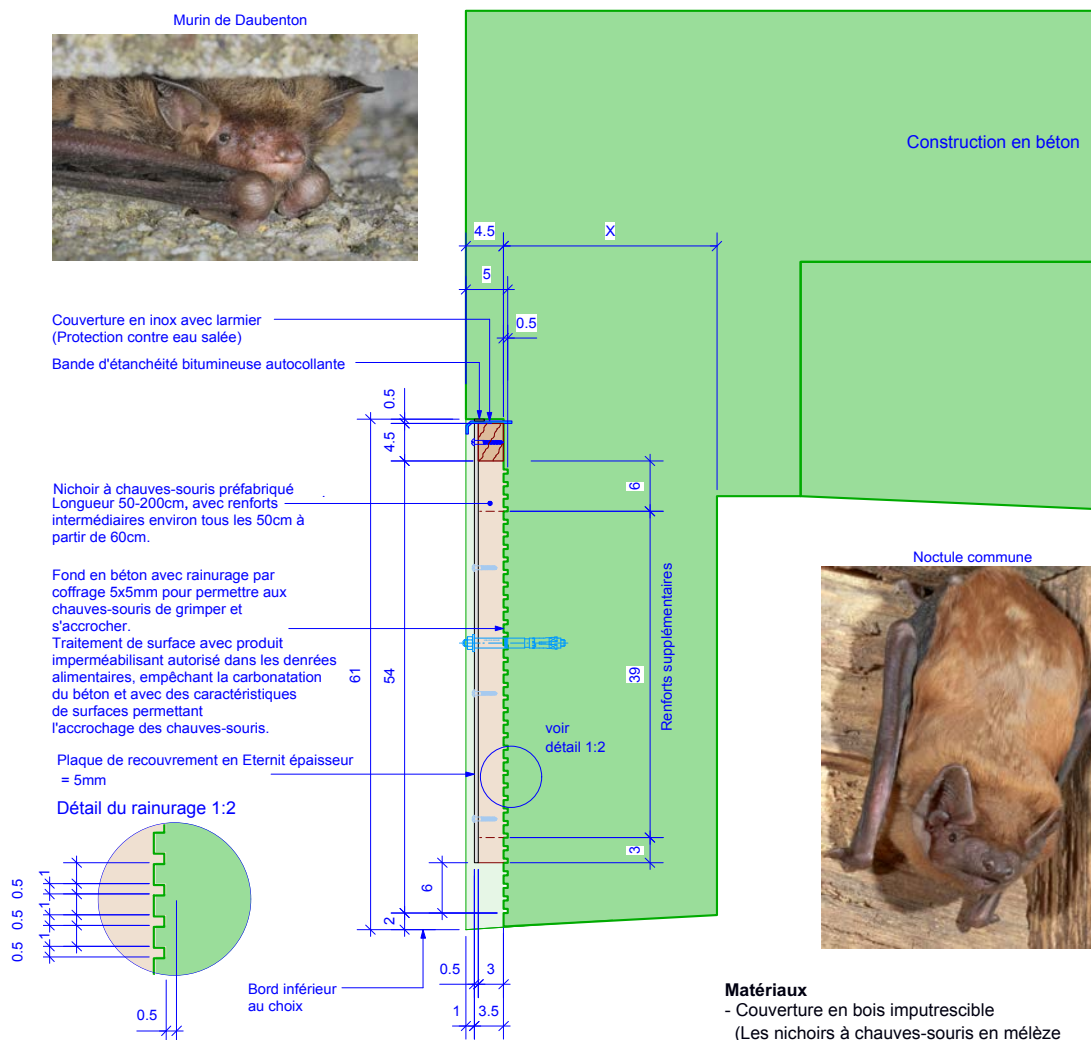
Schwegler 1WQ (également adapté comme gîte d'hibernation)



Les plans de construction suivants décrivent différentes variantes de nichours à intégrer sur les ouvrages.

Variante 1 : Nichour incorporé avec fond en béton rainuré

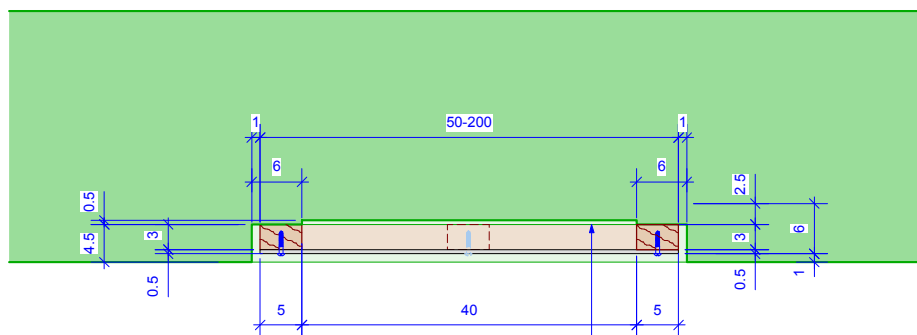
Bord du pont: vue en coupe 1:5



Matériaux

- Couverture en bois imputrescible (Les nichours à chauves-souris en mélèze durent plus de 30 ans, ceux en épicéa ou en contre-plaqué moins de 5 ans.)
- Vis en inox
- Colle à bois

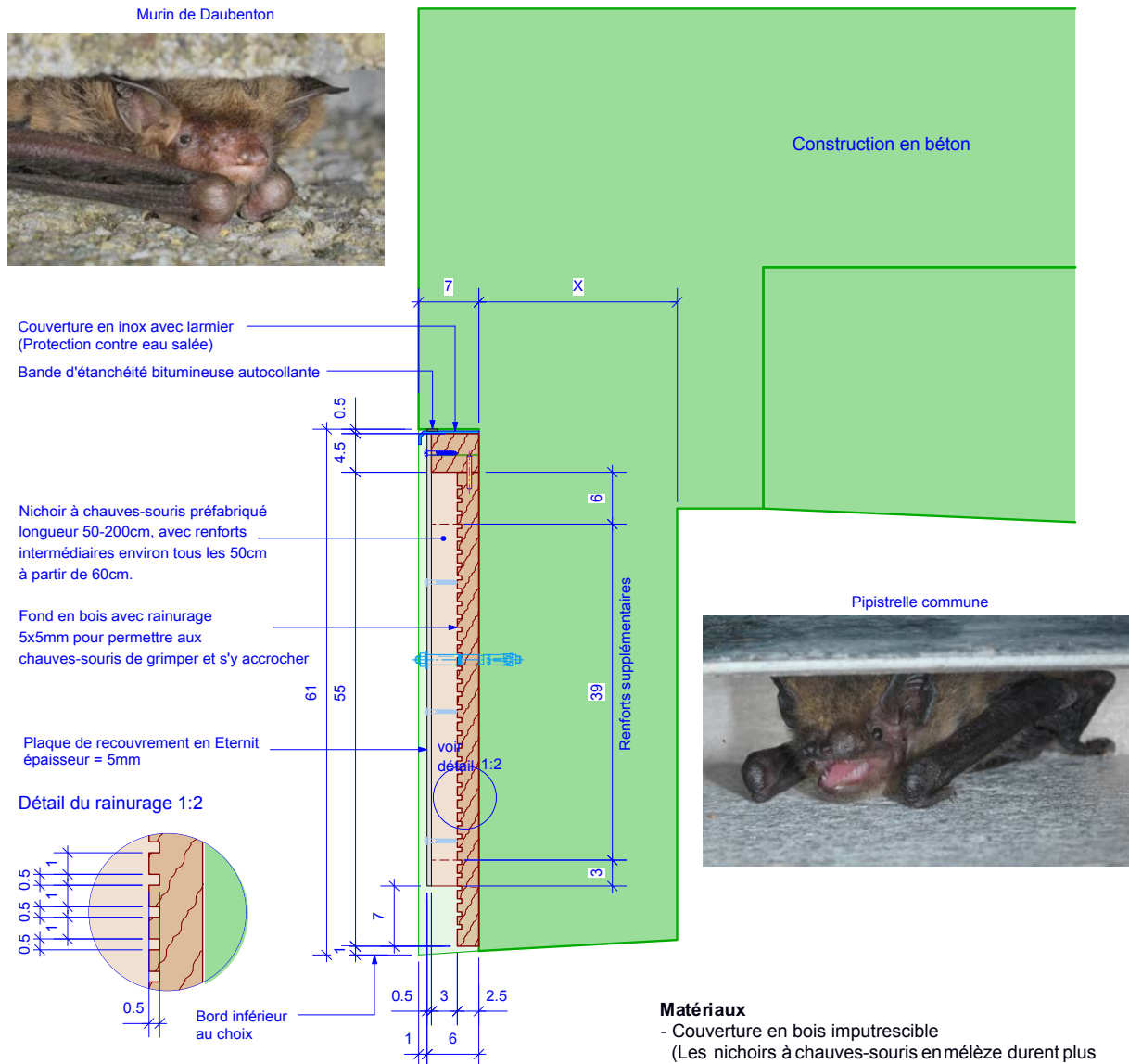
Projection horizontale 1:5



ERNE/WG/170412

Variante 2 : Nichoir incorporé avec fond en bois rainuré

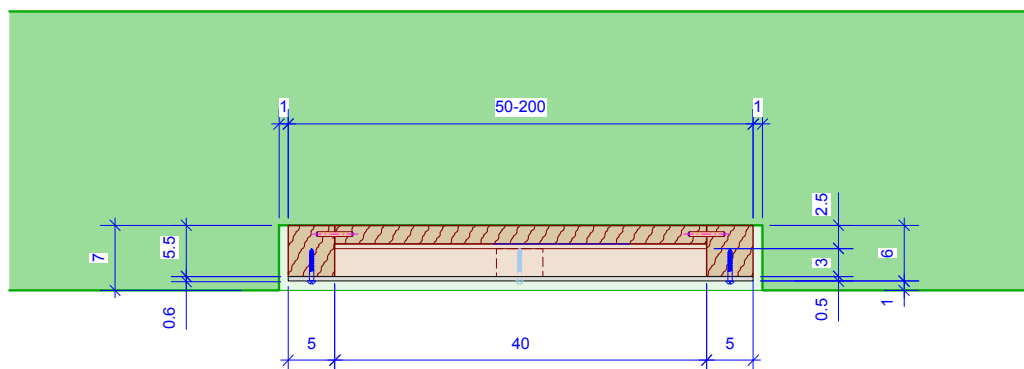
Bord du pont: vue en coupe 1:5



Matériaux

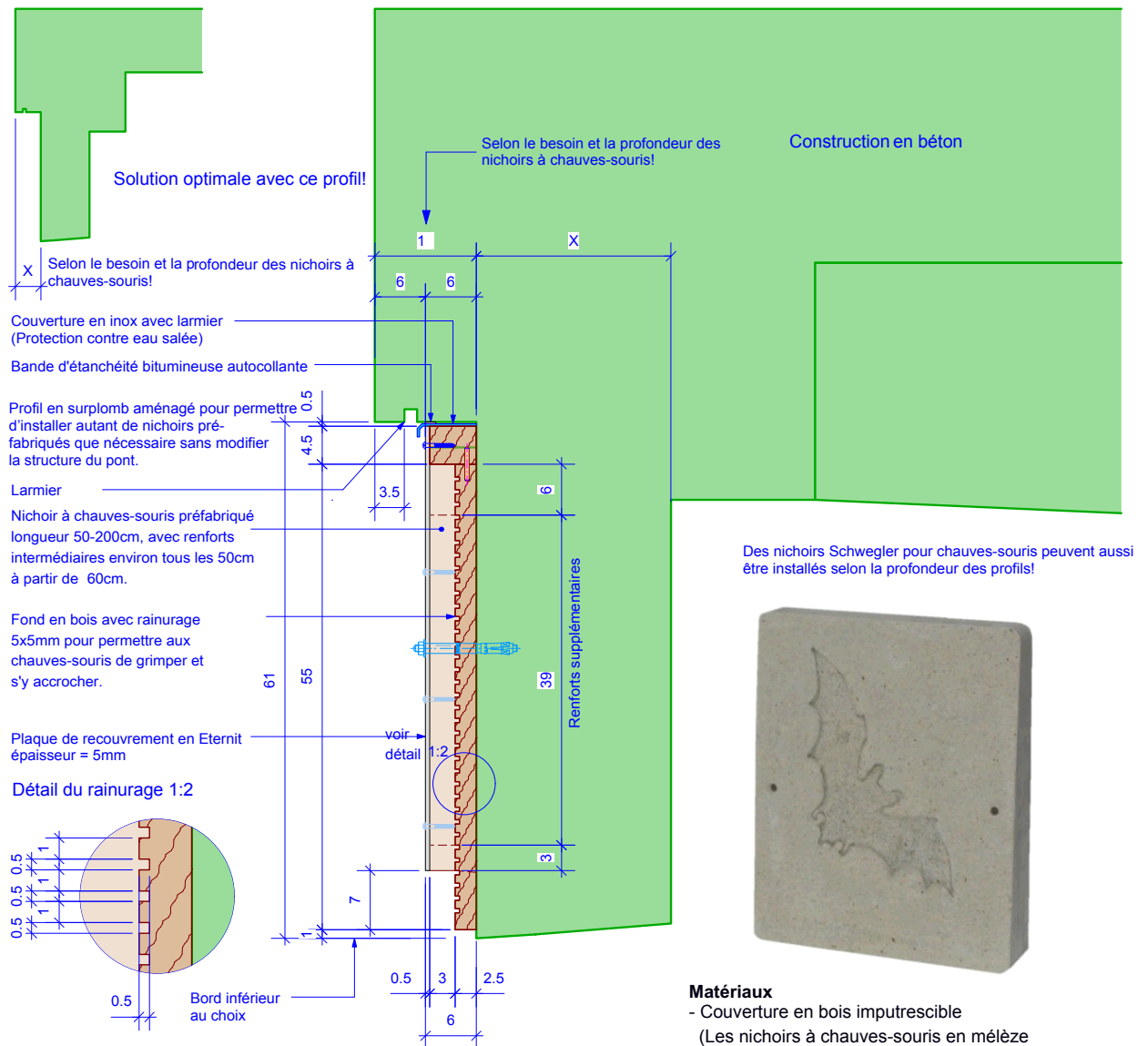
- Couverture en bois imputrescible (Les niohoirs à chauves-souris en mélèze durent plus de 30 ans, ceux en épicéa ou en contre-plaqué moins de 5 ans.)
- Vis en inox
- Colle à bois

Projection horizontale 1:5



Variante 3 : Nichoir sur pont avec profil en surplomb

Bord du pont: vue en coupe 1:5



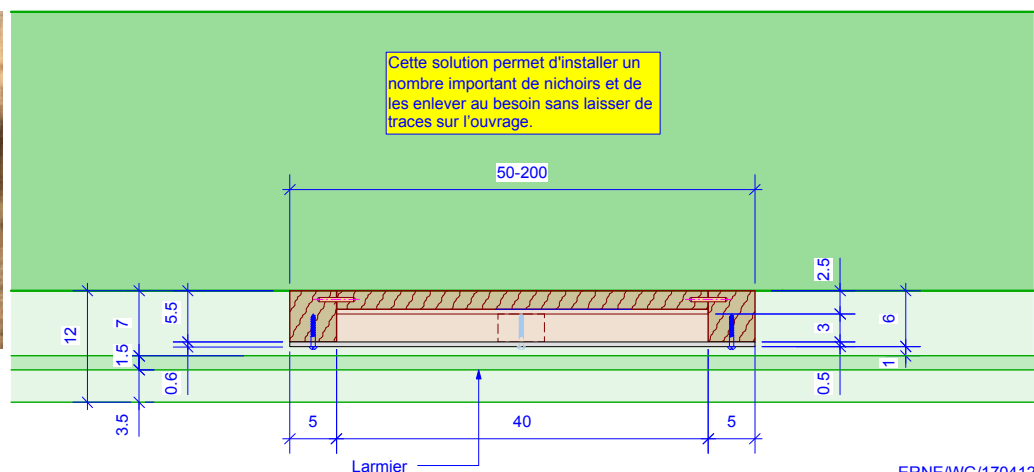
Matériaux

- Couverture en bois imputrescible (Les nichoirs à chauves-souris en mélèze durent plus de 30 ans, ceux en épicéa ou en contre-plaqué moins de 5 ans.)
- Vis en inox
- Colle à bois

Projection horizontale 1:5

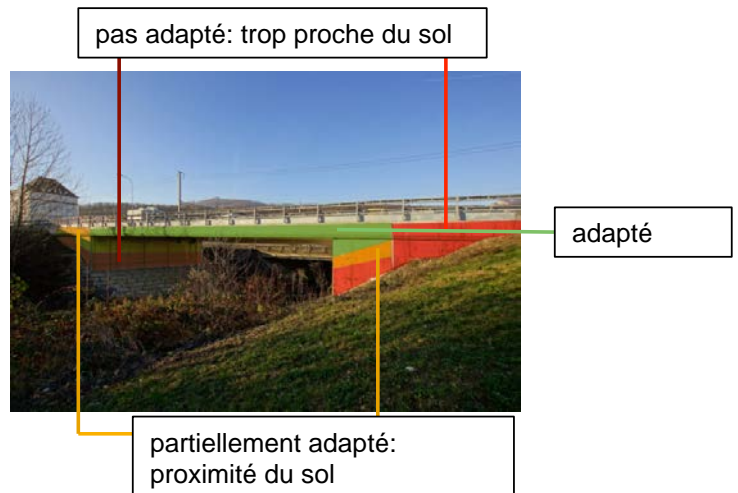
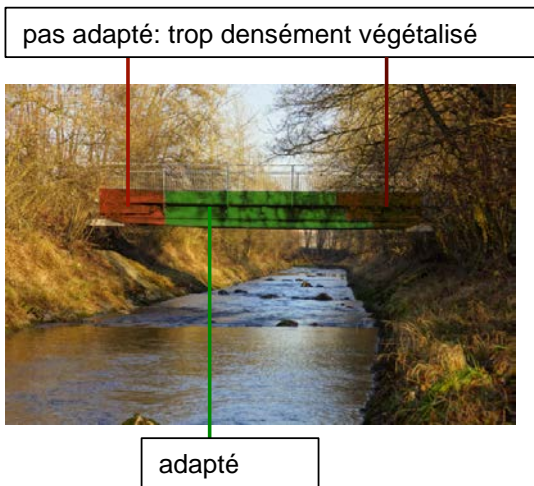
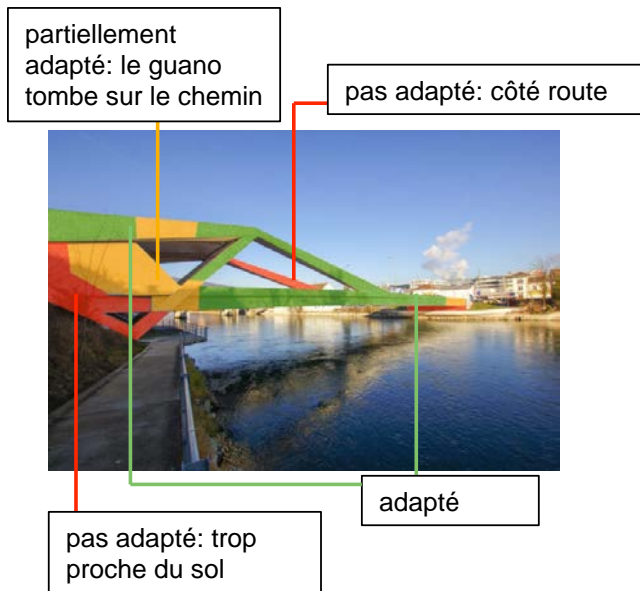
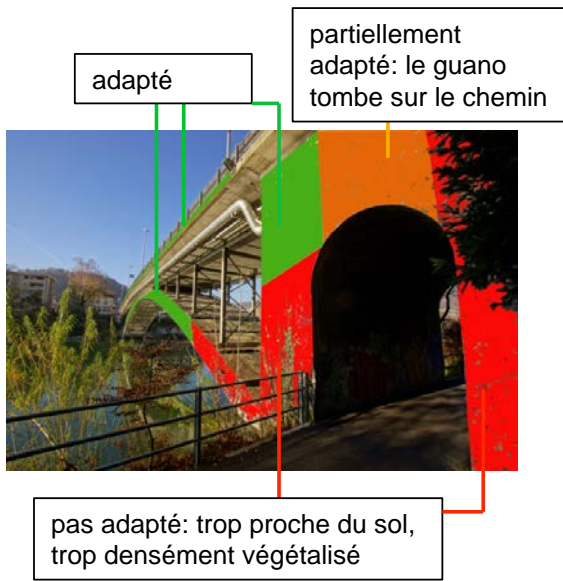


Noctule commune

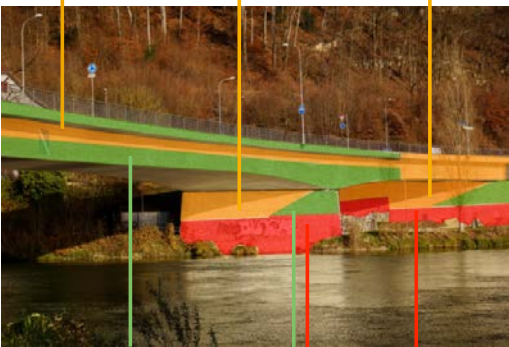


ERNE/WG/170412

Emplacements pour la pose de niochours à chauves-souris sur les ponts : exemples de cas



partiellement adapté: souvent ombragé



adapté

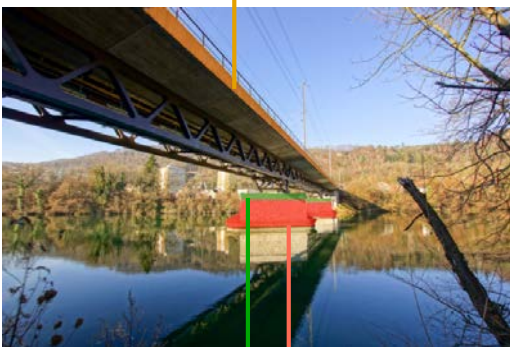
pas adapté: trop proche du sol



adapté

pas adapté: au-dessus de la route

partiellement adapté: côté nord, ombragé



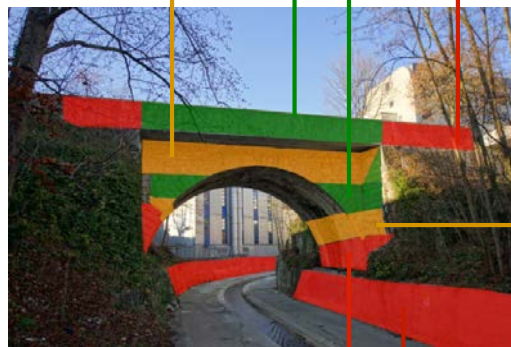
adapté

pas adapté: au-dessous du niveau des hautes eaux

partiellement adapté: ombragé

adapté

pas adapté: trop densément végétalisé



partiellement adapté: proximité du sol

pas adapté: au-dessous du niveau des hautes eaux, trop proche du sol

partiellement adapté: risque de vandalisme

adapté



adapté si le pont peut se réchauffer



partiellement adapté: ombragé

pas adapté: au-dessous du niveau des hautes eaux

Glossaire

CCO/KOF	Centre suisse de coordination pour l'étude et la protection des chauves-souris, composé de deux bureaux de coordination ouest (CCO à Genève) et est (KOF à Zurich) ; chaque canton a une personne de contact (correspondant régional).
Colonie de mise bas	Rassemblement de femelles de chauves-souris dans un gîte (combles, cavité souterraine, cavité d'arbre, pont, etc.) en vue d'élever un ou deux petits par année.
Contrôle de l'exécution	Vérification si un projet ou une mesure est réalisé conformément aux plans.
Couloir de vol	Liaison paysagère utilisée par certaines espèces de chauve-souris pour se rendre de leur gîte vers un habitat de chasse, ou pour se déplacer entre deux gîtes ; les couloirs de vol se caractérisent par la présence de structures paysagères linéaires ; synonyme : corridor de vol, route de vol.
Echolocation	Système de repérage consistant à envoyer des sons et à écouter leur écho pour localiser et identifier les éléments d'un environnement.
Fragmentation des habitats	Phénomène artificiel de morcellement de l'espace (par les infrastructures de transport, l'urbanisation, etc.) réduisant les possibilités de déplacement des espèces et la taille des habitats utilisables ; la fragmentation entraîne l'isolement des populations et une diminution des échanges génétiques.
Gîte	Lieu utilisé par les chauves-souris pour élever les jeunes (gîte de mise bas), pour passer l'été (gîte d'estivage réunissant les mâles, se tenant à l'écart des femelles, isolément ou en colonie), pour se reproduire (gîte d'accouplement), en migration (gîte de transit) ou pour passer l'hiver (gîte d'hibernation).
Habitat de chasse	Milieu naturel utilisé par une chauve-souris pour la recherche de nourriture (insectes, etc.) ; synonyme : terrain de chasse.
Hibernation	Etat de léthargie durant lequel la chauve-souris réduit sa température corporelle afin d'économiser ses réserves d'énergie ; les chauves-souris hibernent dans des gîtes à l'abri du gel, par ex. des cavités souterraines ou des cavités d'arbre.
Joints de dilatation	Joints utilisés sur les routes bétonnées, ponts, barrages etc. pour éviter les tensions lors de variations de température.
Migration	Déplacement saisonnier sur plusieurs centaines de kilomètres entre les gîtes d'hibernation et les gîtes de mise bas ou d'estivage ; plusieurs espèces de chauves-souris européennes sont migratrices.
Mise bas	Les chauves-souris donnent naissance à un voire deux jeunes par année, en se regroupant dans des gîtes offrant un microclimat fa-

	vorable et un niveau de dérangement faible (combles, cavité d'arbre, pont, grotte, etc.).
Monitoring	Suivi des colonies de chauves-souris sur la durée pour connaître leur fluctuation d'effectifs.
Nichoirs à chauves-souris	Gîte artificiel pour les chauves-souris ; il existe plusieurs modèles composés de différents matériaux dans le commerce.
Ouvrage d'art	Englobe toute structure porteuse ou de soutien, par ex. tous les ponts (quelle que soit leur taille), les tunnels, les tranchées couvertes, les murs de soutènement de tous types.
Ouvrage de franchissement	Aménagement destiné à permettre la traversée d'une infrastructure de transport, sous forme d'un passage à faune spécifique ou non, ou d'une structure plus légère (par ex. tremplin vert) ; il peut être adapté pour le franchissement des chauves-souris.
Passage à faune	Ouvrage aménagé dans le but de permettre le franchissement d'une infrastructure de transport par la faune ; on distingue les passages à grande faune (par ex. ongulés), à moyenne faune (renard, lièvre, blaireau, etc.) et à petite faune (reptiles, amphibiens, petits mammifères, etc.).
Passage à faune non spécifique	Ouvrage aménagé en vue d'une utilisation humaine (trafic agricole ou forestier, passage du bétail, franchissement d'un cours d'eau, etc.) mais adapté en vue de permettre le franchissement d'une infrastructure de transport par la faune.
Perméabilité	Propriété d'un environnement donné de garantir une mobilité satisfaisante des espèces ; les infrastructures de transport peuvent réduire la perméabilité des couloirs de vol.
Piège (pour les chauves-souris)	Les chauves-souris peu agiles à vol rapide peuvent entrer dans les ouvrages (par ex. dans les piliers de pont), mais ne pas être capables d'en ressortir ; elles se retrouvent alors piégées à l'intérieur.
Pollution lumineuse	Illumination du ciel liée aux émissions lumineuses d'origine artificielle, diffusées dans les couches d'air de l'atmosphère terrestre ; la pollution lumineuse peut entraîner des effets négatifs sur la flore et la faune ; plusieurs espèces de chauves-souris évitent les secteurs éclairés.
Ponceau	Petit ouvrage permettant le passage d'un cours d'eau sous une infrastructure routière ou ferroviaire.
Structure paysagère linéaire	Élément du paysage, naturel (haie, allée d'arbres, cours d'eau, lisière, etc.) ou artificiel (talus, mur, etc.) susceptible d'être utilisé comme couloir de vol par les chauves-souris.
Structure guide	Structure paysagère linéaire (haie, rangée d'arbre, lisière, etc.) utilisée comme couloir de vol par les chauves-souris volant à proximité ou dans la végétation.

Suivi des mesures	Suivi montrant si les effets prévus pour la nature et le paysage sont atteints par le projet ; la question centrale est : est-ce que les changements d'état planifiés ont été atteints (objectif d'efficacité) et dans quelle mesure (qualitative et quantitative) ?
Suivi de l'efficacité	Evaluation du succès d'une mesure (avant/après) et proposition de mesures correctives le cas échéant.
Trame noire	Couloir le long duquel l'éclairage artificiel est adapté ou supprimé pour réduire les impacts sur la faune nocturne, sans entraver la sécurité et le confort des activités humaines.
Transit	Déplacement effectué par une chauve-souris au printemps et en automne entre les gîtes d'hibernation et de mise bas pour les femelles et d'estivage pour les mâles.
Tremplin vert (hop-over)	Ouvrage de franchissement consistant à obliger les chauves-souris à s'élever au-dessus du trafic en combinant la pose de clôtures ou de palissades et un entretien adapté de la végétation (augmentation de la hauteur des arbres à proximité de l'infrastructure de transport).

Bibliographie

- [1] Abbott I.M., Berthinussen A., Stone E., Boonman M., Melber M., Altringham J. 2015. Chapter 34: Bats and Roads. *In: Handbook of road ecology*. Van der Ree R., Smith D.J., Grilo C. Wiley-Blackwell. 290-299.
- [2] Altringham J. & Kerth G. 2015. Bats and Roads. *In: Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*. Voigt C.C. & Kingston T. (Eds). Springer. 35-62.
- [3] Berthinussen A. & Altringham J. 2012. The effect of a major road on bat activity and diversity. *J. Appl. Ecol.* 49 : 82–89.
- [4] Berthinussen A. & Altringham J. 2015. Development of a cost-effective method for monitoring the effectiveness of mitigation for bats crossing linear transport infrastructure. WC1060, Final report. Department for Environment Food and Rural Affairs. 60 p. et annexes.
- [5] Bohnenstengel T., Krättli H., Obrist M.K., Bontadina F., Jaberg C., Ruedi M., Moeschler P. 2014. Liste rouge Chauves-souris. Espèces menacées en Suisse, état 2011. Office fédéral de l'environnement, Berne; Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Neuchâtel; Centres suisses de coordination pour l'étude et la protection des chauves-souris, Genève et Zurich; Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage, Birmensdorf. L'environnement pratique n°1412. 95 p.
- [6] Brinkmann, R., Biedermann M., Bontadina F., Dietz M., Hintemann G., Karst I., Schmidt C., Schorcht W., Eidam T., Lindner M. 2012. Planung und Gestaltung von Querungshilfen für Fledermäuse. Eine Arbeitshilfe für Strassenbauvorhaben im Freistaat Sachsen. 114 p.
- [7] CEREMA. 2016. Chiroptères et infrastructures de transport. Guide méthodologique. 168 p.
- [8] Christensen M., Fjederholt E.T., Baagøe H.J., Elmeros M. 2016. Hop-overs and their effects on flight heights and patterns of commuting bats – a field experiment. CEDR Call 2013: Roads and Wildlife. 30 p.
- [9] Elmeros M., Dahl Møller J., Dekker J., Garin I., Christensen M., Baagøe H.J. 2016. Fumbling in the dark – effectiveness of bat mitigation measures on roads. Bat mitigation measures on roads – a guideline. CEDR Transnational Road Research Programme Call 2013: Roads and Wildlife. 56 p.
- [10] Fensome, A.G. & Mathews F. 2016. Roads and bats: a meta-analysis and review of the evidence on vehicle collisions and barrier effects. *Mammal Review* 46 : 311-323.
- [11] Held M., Hölker F., Jessel B. (Hrsg.). 2013. Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft. Bundesamt für Naturschutz-Skripten 336. 189 p.
- [12] Keeley, B. W., and M. D. Tuttle. 1999. Bats in American bridges. Bat Conservation International, Inc., Austin, Texas, Resource Publication 40 p.
- [13] Kitzes J., Merenlender A. 2014. Large Roads Reduce Bat Activity across Multiple Species. *PLoS ONE* 9(5): e96341.
- [14] Klaus G., Käbi B., Kobler R. L., Maus K., Righetti A. 2005. Recommandations en vue d'éviter les émissions lumineuses. L'environnement pratique. OFEV. 37 p.
- [15] LACON. 2014. Fledermäuse und Strasse. Annahmewahrscheinlichkeit von Querungshilfen für Fledermäuse. Endbericht, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Österreich. 117 p.
- [16] L'Azuré & CPEPESC. 2011. Suivi de l'utilisation des passages à chiroptères de la ligne LGV Rhin-Rhône. Analyse de la fréquentation des ouvrages et propositions d'optimisation. Rapport non publié sur mandat de Réseau Ferré de France, Besançon. 14 p.
- [17] Lesinski, G., Sikora, A., & Olszewski, A. (2011). Bat casualties on a road crossing a mosaic landscape. *European Journal of Wildlife Research*, 57(2), 217–223.
- [18] Lewanzik D. & Voigt C.C. 2017. Transition from conventional to light-emitting diode street lighting changes activity of urban bats. *J. Appl. Ecol.* 54(1): 264-271.

- [19] Limpens H.J.G.A., Twisk P., Veenbaas G. 2005. Bats and road construction. Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management Directorate-General for Public Works and Water Management, Road and Hydraulic Engineering Institute, Delft, the Netherlands and the Association for the Study and Conservation of Mammals, Arnhem, the Netherlands. 24 p.
- [20] NACHTaktiv & SWILD. 2016. Monitoring von Schadensbegrenzungsmaßnahmen für die Kleine Hufeisennase, Staatsstraße S170n (Freistaat Sachsen), Bereich Friedrichswalde Ottendorf. Ergebnisse der 5jährigen Funktionskontrolle 2009 bis 2013. Entwurf Abschlussbericht im Auftrag der DEGES, Berlin. 84 S. plus Anhang.
- [21] National Roads Authority. 2005. Best practice guidelines for the conservation of bats in the planning of national road schemes. 44 p.
- [22] OFEV. 2011. Liste des espèces prioritaires au niveau national. Espèces prioritaires pour la conservation au niveau national, état 2010. L'environnement pratique n° 1103: 132 p.
- [23] OFEV. 2002. Reconstitution et remplacement en protection de la nature et du paysage. Guides de l'environnement, No. 11. 123 p.
- [24] Oggier P., Righetti A., Bonnard L. 2001. Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen COST 341. Umwelt-Wissen Nr. 0714 (2. aktualisierte Auflage der BUWAL-Schriftenreihe Umwelt Nr. 332). Bundesamt für Umwelt; Bundesamt für Raumentwicklung; Bundesamt für Verkehr; Bundesamt für Strassen. Bern, 101 S.
- [25] OFROU. 2014. Ouvrages de franchissement pour la faune. Directive ASTRA 18008, Berne. 40 p.
- [26] OFROU. 2007. Détails de construction de ponts: directives, C06 Assèchement des ponts.
- [27] Rydell, J. 1992. Exploitation of insects around streetlamps by bats in Sweden. *Funct. Ecol.* 6 : 744–750.
- [28] Schaub A., Ostwald J., Siemers B.M. 2008. Foraging bats avoid noise. *The Journal of Experimental Biology* 211(19): 3174–3180.
- [29] Stone, E.L., Harris S., Jones G. 2015. Impacts of artificial lighting on bats: a review of challenges and solutions. *Mamm. Biol.* 80 : 213-219.
- [30] Sunier K. & Magnin B. 1997. Un pont nichoir? Ou de l'harmonie possible entre œuvre humaine et nature. *Strasse und Verkehr* 1 : 17-21.
- [31] SWILD & NACHTaktiv. 2007. Schadensbegrenzung für die Kleine Hufeisennase an Strassen – Experimente zur Wirksamkeit von Schutzzaunen. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag der DEGES, Berlin. 31 S.

Remerciements

Les personnes suivantes sont chaleureusement remerciées pour leur participation à la réalisation de cette publication :

- Les membres du groupe d'accompagnement (composition en p. 4) ont considérablement enrichi le contenu et la forme de cette base de travail en partageant leurs expériences et leurs attentes avec la direction du projet et les auteurs
- L'équipe du projet CEDR SafeBatPaths réalisé dans le cadre du CEDR Transnational Road Research Programme "Roads and Wildlife", coordonné par Morten Elmeros, Aarhus University, Denmark, pour les fructueux échanges d'expériences tout au long de la rédaction du document et dans le cadre du CEDR Bat-road mitigation workshop du 22-24 février 2016 à Kalø, DK
- Le Centre de coordination ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris (CCO), par son directeur Pascal Moeschler, a pris en charge une partie des frais liés à la réalisation des illustrations
- Andres Beck, correspondant régional KOF-Argovie, pour les échanges d'expérience dans le domaine de l'entretien des ouvrages d'art en faveur des chauves-souris
- Martin Biedermann, Inken Karst et Wigbert Schorcht, du bureau NACHTaktiv GbR, Allemagne, pour leur collaboration avec le bureau SWILD et leurs conseils concernant les ouvrages de franchissement aménagés en faveur du Petit rhinolophe sur l'autoroute BAB17 Dresden-Prag
- Guido Gerding, du bureau Echolot GbR, Allemagne, a partagé son importante expérience dans la prise en compte des chauves-souris dans le cadre des projets d'infrastructures routières et mis gracieusement à disposition des photos d'aménagement d'ouvrage d'art
- Jérôme Gremaud, du bureau Atelier 11a, a participé à la rédaction de l'exemple de bonnes pratiques C.5 Assainissement du pont de Corbières et a mis gracieusement à disposition des photos de l'ouvrage
- Cédric Marendaz, graphiste et illustrateur indépendant, collaborateur du Muséum d'histoire naturelle de Genève, pour la réalisation des illustrations du document
- Le bureau d'ingénieur civil WaltGalmarini AG a mis gracieusement à disposition les plans de nichoirs présentés en annexe D et traduit les textes en français

Crédits photographiques

Alder Hansueli	Fiche de mesures B.4
Bader Elias	Fiche de mesures B.4
Beck Andreas	Fiche de mesures B.4
Fiebig Andreas	p. 18
Gerding Guido, Echolot	Fiche de mesures B.4
Gremaud Jérôme	p. 10, annexe C.5
Hopps Alan	p. 18
Mattei Marzia	p. 24, fiche de mesures B.4
Schönbächler Cyril	p. 17, annexe A, fiche de mesures B.4
SSF ²	Fiche de mesures B.4

Les photos qui ne comportent pas de mention ont été réalisées par l'équipe de projet (B+S AG, L'Azuré, SWILD).

Adresses utiles

Centre de coordination ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris/Swissbats CCO
Muséum d'histoire naturelle
CP 6434
1211 Genève 6
041 22 418 63 47
chauves-souris.mhng@ville-ge.ch
<http://www.ville-ge.ch/mhng/cco/>

Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz KOF
SSF – Stiftung zum Schutze unserer Fledermäuse in der Schweiz
c/o Zoo Zürich
Zürichbergstrasse 221
8044 Zürich
044 254 26 80
fledermaus@zoo.ch
www.fledermausschutz.ch

² Stiftung zum Schutze unserer Fledermäuse in der Schweiz