

Chiroptères et infrastructures de transports terrestres

Menaces et actions de préservation

Economie
Environnement
Conception

91

La France métropolitaine abrite 34 espèces de chauves-souris. Elles bénéficient d'un statut de protection national et international (Conventions de Bonn, de Berne, accord EUROBATS, espèces d'intérêt communautaire).

Seuls mammifères capables de voler, les chiroptères sont un groupe d'espèces particulièrement remarquables dont bon nombre d'entre elles sont aujourd'hui menacées.

Parmi les causes de régression, la destruction et la modification des habitats sont sans nul doute les principaux facteurs. Si les collisions avec les infrastructures de transport est l'impact le plus visible sur ces espèces, le morcellement du territoire a probablement des conséquences importantes sur les peuplements de chiroptères.

En réponse aux besoins de mise en place de mesures de conservation pour les espèces colonisant le territoire, un plan national de restauration des chiroptères a été lancé en 2007, pour la période 2009-2013. Parmi les actions de ce plan, le Sétra est chargé de faire le point sur les connaissances disponibles sur les chauves-souris et les infrastructures de transport, et, sur la base de ce bilan et de suivis de sites de collisions et de systèmes de réduction d'impact, de proposer des recommandations techniques aux concepteurs pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets.

Cette note d'information présente les principaux éléments de la première phase de **bilan des connaissances existantes sur le thème des chiroptères et des infrastructures linéaires**. Elle synthétise les informations issues de l'analyse de la **bibliographie nationale et internationale** et d'entretiens avec des spécialistes nationaux du domaine [1].

Sommaire

1. Présentation des chiroptères	2
2. Des espèces protégées menacées	4
3. Actions pour la prise en compte des chiroptères dans les infrastructures	8
4. Bilan des connaissances actuelles et perspectives.....	17
Bibliographie.....	19
Annexe	21

1. Présentation des chiroptères

Seuls mammifères à être réellement capables de voler, les chiroptères sont des animaux dont la particularité est de posséder de véritables ailes membraneuses.

34 espèces, réparties en quatre familles, sont recensées en France actuellement, toutes protégées (cf. liste des espèces et statut de protection en annexe).

Carte d'identité

Nom français	Chauves-souris (voir liste des noms communs pour chaque espèce en annexe)
Nom scientifique (quelques espèces)	Grand rhinolophe (<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>), Murin de Daubenton (<i>Myotis daubentonii</i>), Grand murin (<i>Myotis myotis</i>), Pipistrelle pygmée (<i>Pipistrellus pygmaeus</i>), Oreillard roux (<i>Plecotus auritus</i>), Molosse de cestoni (<i>Tadarida teniotis</i>), ... (voir liste complète des noms scientifiques pour chaque espèce en annexe)
Classe	Mammifères
Ordre	Chiroptères
Familles	Rhinolophidés, Minioptéridés, Vespertilionidés, Molossidés
Code Natura 2000	<p>1302 - Rhinolophe de Mehely (<i>Rhinolophus mehelyi</i>) : 3 sites</p> <p>1303 - Petit Rhinolophe (<i>Rhinolophus hipposideros</i>) : 424 sites</p> <p>1304 - Grand Rhinolophe (<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>) : 453 sites</p> <p>1305 - Rhinolophe Euryale (<i>Rhinolophus euryale</i>) : 120 sites</p> <p>1307 - Petit Murin (<i>Myotis blythii</i>) : 142 sites</p> <p>1308 - Barbastelle (<i>Barbastella barbastellus</i>) : 263 sites</p> <p>1310 - Minioptère de Schreibers (<i>Miniopterus schreibersii</i>) : 176 sites</p> <p>1316 - <i>Myotis capaccinii</i> : 48 sites</p> <p>1318 - Vespertilion des marais (<i>Myotis dasycneme</i>) : 7 sites</p> <p>1321 - Vespertilion à oreilles échancrées (<i>Myotis emarginatus</i>) : 337 sites</p> <p>1323 - Vespertilion de Bechstein (<i>Myotis bechsteini</i>) : 226 sites</p> <p>1324 - Grand Murin (<i>Myotis myotis</i>) : 432 sites</p>
Statut de protection :	Convention de Bonn : Annexe II
International	Convention de Berne : Annexe II et III
Communautaire	Directive Habitats-Faune-Flore : Annexe II et IV
National	Arrêté ministériel du 23 avril 2007
Description :	Seuls mammifères volants, leurs bras et mains sont dotés d'une très fine et légère membrane alaire partant des flancs et reliant les doigts et les pattes postérieures jusqu'à la queue, plus ou moins développée suivant l'espèce. Les pattes griffues se bloquent dans leur gaine sous la traction du poids de l'animal et lui permettent de rester suspendues la tête en bas. Le corps est très poilu. La dentition est celle d'un insectivore.
Morphologie	La tête a différents aspects selon l'espèce : oreilles plus ou moins longues (9 à 40 mm de long), pavillon et museau de forme et de taille différentes. Nez en fer à cheval pour certaines espèces (Grand rhinolophe, Petit rhinolophe), yeux généralement petits.
Mensurations	L'envergure varie de 20 à 50 cm selon les espèces, pour un poids de 4,5 à 50 g. Les Pipistrelles communes sont de très petite taille : 3 à 5 cm.
Longévité	Relativement longue : de 5 à plus de 40 ans.



Photo: Pipistrelle commune
(L. Arthur, MHN Bourges)

Un cycle biologique annuel

Les chauves-souris sont des animaux présentant de nombreuses spécificités dont une capacité à hiberner pendant la mauvaise saison. En effet, à cette période, les insectes se raréfiant, la disponibilité alimentaire n'est plus assurée et les chiroptères rejoignent leur gîte pour vivre au ralenti (hypothermie, diminution du rythme cardiaque), sur leurs réserves accumulées pendant les trois autres saisons de l'année.

A la sortie de l'hiver, les chauves-souris quittent leur **gîte d'hivernage** pour rejoindre les **sites d'estive**. Fait particulier de ce groupe de mammifères, pendant toute la période estivale, les mâles vont vivre généralement en solitaire, dans des gîtes isolés des femelles. Ces dernières rejoignent en effet des sites spécifiques à l'écart des mâles pour y mettre bas.

En fonction des espèces, la période de mises bas et de nourrissage des jeunes est plus ou moins avancée et longue (de mai à juillet). Preuve de leur budget énergétique restreint, les femelles ne donnent naissance qu'à un seul petit par an, exceptionnellement deux. Pendant cette période, les femelles devant allaiter chassent intensément et reviennent généralement plusieurs fois dans la nuit au gîte pour nourrir leur petit.

A la fin de l'été, les jeunes apprennent progressivement à voler. Ils accompagnent dans un premier temps leur mère en s'éloignant du gîte au fur et à mesure de leur apprentissage jusqu'à leur émancipation à l'automne.

Contrairement à la majorité des mammifères de notre pays, c'est durant la saison automnale que les mâles et les femelles se retrouvent au sein des **gîtes de reproduction** pour s'accoupler avant de retourner progressivement vers leur **gîte d'hivernation**. La gestation des chauves-souris est alors mise en pause en différant la fécondation (stock de sperme) ou en arrêtant le développement embryonnaire jusqu'au printemps suivant.

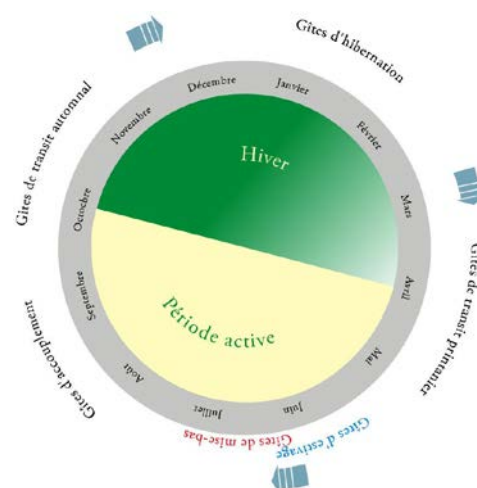


Figure 1 : cycle d'activité et de changement de gîtes

Un domaine vital comportant 3 grands compartiments

Alors que bien souvent la présence d'une chauve-souris est associée à la seule existence d'un gîte d'hivernage ou d'estivage, les chiroptères exploitent en fait des territoires relativement vastes et parfois assez éloignés de leur zone de repos. Leur domaine vital comporte 3 grandes composantes :

□ les gîtes

On peut distinguer plusieurs catégories :

- *les gîtes d'hivernation* : l'hiver, les chauves-souris recherchent des secteurs où les températures sont basses, stables, avec un taux d'humidité proche de la saturation et calme pour entrer en léthargie sur une longue période. Bien que les ponts (disjointement, drains), les cavités arboricoles (espèces forestières) ou les combles puissent être utilisés par certaines espèces, la plupart des chiroptères occupent le plus souvent les grottes, les galeries de mines, les forts militaires ou les caves pour passer la mauvaise saison ;
- *les gîtes d'estivage* : l'été, les chauves-souris recherchent des gîtes assez chauds notamment pour la mise bas et l'élevage des jeunes. Les milieux souterrains (mines, grottes, tunnels), les charpentes, les clochers, une fissure dans un mur, derrière des volets, dans une cavité d'arbre, sous une écorce, dans un tas de bois, sous un pont, ou dans le boisseau d'une cheminée peuvent leur convenir ;
- *les gîtes de transit* : au cours de l'année, et notamment pendant la migration entre les gîtes d'hivernage et d'estivage, les chiroptères peuvent utiliser des gîtes de transit pour se reposer (certaines espèces de Noctule ou la Pipistrelle de Nathusius effectuent des déplacements de 1 000 voire 2 000 km), correspondant à des haltes migratoires du type oiseaux ;
- *les gîtes d'accouplement (ou de swarming, ou d'essaimage)* : il s'agit de gîtes où les mâles et les femelles se regroupent en automne pour s'accoupler.

□ les corridors de déplacement

Lors de leurs déplacements entre les différents gîtes ou pour aller chasser, les chauves-souris empruntent des routes de vol constituées pour une grande majorité par les structures linéaires du paysage. Ainsi, les chauves-souris suivent généralement les alignements de buissons et d'arbres, les haies, les cours d'eau, les murs, les barrières, les lisières forestières, les fossés et même parfois les routes.

Les zones de chasse peuvent parfois être éloignées des gîtes et les distances parcourues quotidiennement varient en fonction des espèces et du milieu environnant (de 5 à 10 km du gîte, voire 30 km).

□ les zones de chasse

Les forêts de feuillus, les prés pâturés et les zones humides riches en insectes constituent des zones de chasse privilégiées pour les chauves-souris. Moins riches, les zones de monoculture céréalière sont, au contraire, généralement évitées. Les Pipistrelles, les Sérotines et les Minioptères profitent toutefois des zones attractives pour les insectes, formées par les sources lumineuses des agglomérations, pour venir s'y nourrir.

Un régime alimentaire ayant un rôle écologique de premier ordre

Bien que d'une espèce à l'autre, les exigences écologiques soient très variables, toutes les espèces françaises ont le point commun d'être majoritairement insectivores. Pouvant ingurgiter jusqu'à 800 insectes ou la moitié de leur poids en une nuit de chasse, les chauves-souris jouent ainsi un rôle essentiel de contrôle des populations d'insectes dans les écosystèmes et représentent un allié dans la lutte contre les insectes ravageurs.

Un activité nocturne

Une des caractéristiques de ces mammifères est liée à leur activité nocturne. Ces animaux ont en effet développé un mode de déplacement et de chasse de nuit par l'utilisation d'un système de navigation par écholocation (repérage par émission d'ultrasons). Ce système les rend ainsi capables de voler et de cibler leurs proies dans l'obscurité la plus totale. Chaque espèce possède sa propre gamme d'ultrasons qui permet, pour une grande majorité d'entre elles, de pouvoir les distinguer (fréquence d'ultrasons spécifiques).

2. Des espèces protégées menacées

Le plan de restauration des chiroptères

Les chiroptères constituent un groupe d'espèces menacées dont certaines ont vu leurs effectifs régresser de manière particulièrement alarmante. En raison de cette vulnérabilité, toutes les espèces françaises de chauves-souris sont protégées au niveau national, européen et international.

La France a également souhaité mettre en œuvre une stratégie plus globale de leur conservation et de leur protection par la mise en place d'un programme d'actions spécifiques. Le "plan de restauration des chiroptères de France métropolitaine" a ainsi été rédigé pour la période 2009-2013 et décline une série d'actions visant à maintenir la population dans un état favorable de conservation. Ce sont ainsi 26 actions d'enjeu national qui ont été listées et hiérarchisées selon leur degré de priorité. Ce plan fait suite à une première démarche menée entre 1999-2003 et s'inscrit dans un programme plus général, établi à l'échelle européenne, à travers l'accord international conclu par la France à ce sujet (EUROBATS) [33].

Deux des actions du plan de restauration en cours concernent en particulier les infrastructures et sont pilotées par le Sétra :

- l'élaboration et la mise en œuvre d'une méthodologie pour la prise en compte des chiroptères lors de la construction et de l'entretien d'infrastructures et autres ouvrages d'art (action n°6 du plan) ;
- l'évaluation de l'efficacité de systèmes de réduction d'impact des infrastructures de transport (action n°7 du plan).

Les menaces

Parmi les nombreuses menaces qui pèsent sur ce cortège d'espèces, les perturbations d'origine humaine sont sans nul doute les plus importantes. Ainsi, la destruction des gîtes, la transformation des habitats mais aussi les dérangements, l'usage de pesticides et de produits toxiques, les collisions routières et la mortalité liée à la présence des parcs éoliens sont autant de menaces pour ce groupe.

Le manque de connaissances sur la dynamique des populations de chauves-souris, la difficulté d'étude de ces animaux et la multiplicité des habitats fréquentés par les chiroptères rendent cependant difficiles la hiérarchisation précise des menaces qui pèsent sur ces espèces.

La disparition ou la modification des gîtes et la transformation du domaine vital apparaissent toutefois comme les deux principales menaces qui pèsent sur les chiroptères.

Les infrastructures de transport, un des facteurs de mortalité

Malgré une connaissance partielle de l'impact d'une infrastructure de transport sur les chauves-souris, notamment liée aux difficultés d'étude de ce groupe faunistique (nocturne, déplacement dans les trois dimensions, grande variabilité des comportements entre les espèces), il ressort tout de même que les impacts de sa construction sont essentiellement liés à trois principaux facteurs : la destruction des terrains de chasse, la suppression des axes de vol et les collisions.

Par destruction des gîtes, des habitats et des routes de vol

En détruisant directement les gîtes, les travaux de défrichage et de terrassement des emprises constituent probablement les phases les plus préjudiciables aux habitats de repos, d'élevage et de reproduction des chiroptères (gîtes souterrains, arbres, bâtiments, etc.) [2, 3, 4, 5]. Le niveau des impacts varie cependant fortement en fonction de la période d'intervention. Ainsi, les périodes d'élevage des jeunes ou d'hivernage des adultes représentent deux périodes particulièrement sensibles car les individus n'ont pas la capacité de s'enfuir [3].

De la même manière, la destruction de milieux naturels comme les forêts, les zones humides, le milieu bocager voire les friches au droit des emprises ou pour faciliter les travaux (pistes, zones de stockages de matériaux) conduisent à supprimer des milieux de chasse et/ou constituer de vastes zones nouvellement ouvertes, véritables barrières physiques au déplacement des chauves-souris [4, 6, 12, 13].

Enfin, les travaux de terrassement ou les travaux induits par le projet (intensification des pratiques agricoles due au remembrement) peuvent également entraîner la suppression de certaines structures du paysage utilisées comme axes de vol par les chiroptères. La rupture, même de quelques mètres, des éléments linéaires constituant les routes de vol est alors susceptible de diminuer voire de supprimer l'accès aux différentes zones de chasse ou aux gîtes plus éloignés [6, 31].

Par collision avec la circulation

Bien que difficile à estimer, la destruction directe par collision avec un véhicule apparaît comme l'effet le plus visible. Les chauves-souris se déplaçant le long des structures du paysage (haies, alignements d'arbres, lisières, etc.) et pour certaines espèces au ras du sol, l'intersection entre ces structures paysagères et une infrastructure constitue de véritables points noirs de collision pour ces animaux.

Références études	Type de route	Durée (mois)	Relevés (nb)	Km	Cadavres (nb)	Espèces (nb)
Capo et al. (2006) [7]	Rocade	24	120	2	104	15
Vaine (2005) [8]	Autoroute	3	14	22	24	7
Néri-ENMP (2004) [9]	Autoroute	6	9	40	44	7
Lemaire et Arthur (1998) [10]	Nationale	16	64	1,5	19	7
Girons (1981) [11]	Nationale	6	4	2	9	2

Tableau 1 : données de mortalité relevées dans la bibliographie française – Source : [1]

Les études de mortalité par collision réalisées sur les chauves-souris présentent des résultats assez variables avec des taux de mortalité allant de 1 à 30 % [12, 2, 13, 10]. En fait, il semble que le nombre de collisions et les espèces touchées soient dépendants de nombreux facteurs :

□ **la période et l'âge des individus**

Il existe deux pics de mortalité par collision correspondant au mois de mai et à la période août-septembre, lorsque les déplacements des animaux sont très importants. En effet, lors de la première période, les chauves-souris sortent d'hibernation et doivent fortement s'alimenter ; durant la deuxième, elles constituent leurs réserves en prévision de l'hibernation [2, 9, 14, 15, 13].

La fin de l'été et le début de l'automne correspondent également au cycle de dispersion des jeunes. Les juvéniles inexpérimentés apparaissent ainsi particulièrement vulnérables. Les secteurs situés à proximité des gîtes de mises bas sont ainsi particulièrement accidentogènes.

□ **le type de vol propre à chaque espèce [15, 10]**

Même si toutes les espèces peuvent potentiellement être touchées, les Rhinolophes et les Oreillards sont probablement les espèces les plus impactées par les collisions. Il semble en effet que leur sonar de courte portée les conduise souvent à voler en rase-motte et traverser les routes au niveau du sol.

Les autres espèces les plus fréquemment touchées sont les Pipistrelles (espèces communes et anthropophiles), les Oreillards, les Murins de Daubenton, à moustache et de Natterer.

Les Noctules et les Sérotines volent quant à elles généralement plus haut.

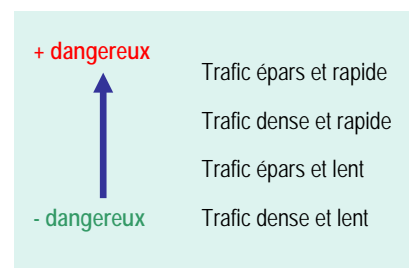
□ **le profil en long de l'infrastructure [16]**

L'impact serait d'autant plus fort que l'infrastructure passe en remblais car les chauves-souris, forcées d'augmenter leur hauteur de vol ont tendance à passer au ras de l'ouvrage, au niveau des véhicules.

□ **les caractéristiques de l'infrastructure - la densité et la vitesse du trafic routier**

Le taux de mortalité par collision varie en fonction de la vitesse et de la densité du trafic [12]. Un trafic continu serait ainsi plus dissuasif qu'un trafic épars et plus le véhicule va vite, moins la chauve-souris est capable de l'éviter.

Dans un ordre décroissant de dangerosité : trafic épars et rapide > trafic dense et rapide > trafic épars et lent > trafic dense et lent.



Il semble également que les petites routes avec un faible trafic soient très meurtrières. Certains spécialistes indiquent même que les petites routes bordées de haies sont plus meurtrières que les autoroutes pour ces animaux. Étant peu fréquentées et végétalisées, elles seraient attractives pour la chasse, alors qu'un trafic dense éloignerait les chiroptères pour cause de bruit et de lumière.

□ **les intempéries [10]**

Le mauvais temps semble également avoir un effet, en diminuant les accidents.

□ **la catégorie de véhicule**

De part leurs nombreux déplacements nocturnes, leur taille et les turbulences qu'ils génèrent (aspiration des chauves-souris), les poids lourds apparaissent comme les véhicules induisant le plus de collisions [2, 17, 13, 14].

Par dérangement

Bien que la sensibilité des chiroptères à **la lumière** soit quelque peu variable en fonction des espèces, les chauves-souris semblent systématiquement l'éviter quand elles ne chassent pas [2]. Au droit des infrastructures, les zones non éclairées semblent ainsi plus souvent utilisées par les chiroptères pour leur franchissement. Certaines espèces sont particulièrement lucifuges (Oreillard et Rhinolophes notamment). L'éclairage des infrastructures et la lumière des phares peut ainsi constituer, dans certaines conditions, des barrières visuelles pour ces espèces [13, 18]. En période de chasse, d'autres espèces comme les Sérotines ou les Pipistrelles profitent toutefois des lampadaires pour venir chasser les insectes attirés par les sources lumineuses.

Les impacts du **bruit** et des **vibrations** d'une infrastructure sont plus difficiles à évaluer mais s'ajoutent aux impacts de la lumière. Les espèces les plus concernées sont celles qui chassent à l'oreille, par audition directe (le Grand murin par exemple).

En phase travaux, en raison de leurs mœurs nocturnes, les chiroptères ne sont potentiellement concernés que par les activités de nuit. La lumière, les odeurs et les bruits émis par le chantier peuvent ainsi retarder ou décourager la sortie du gîte, voire, dans certaines situations, mener à l'abandon du site. A l'image des travaux de terrassement, ce type de perturbations peut également conduire à créer une barrière aux déplacements des espèces et entraîner la perte d'un terrain de chasse habituellement utilisé.

Certains dérangements peuvent également être liés indirectement à la construction. C'est par exemple le cas lorsque l'aménagement conduit à améliorer l'accessibilité des gîtes au public et ainsi perturber la tranquillité des animaux [18, 19].

Lors de l'entretien et de la modification des infrastructures existantes

La réfection et l'entretien des ouvrages par des opérations de renforcement, de rejointement des creux (manuelle ou par projection), le coulage de béton dans les espaces vides peuvent entraîner la mort des chiroptères par emprisonnement. Ces travaux sont également susceptibles de créer des nuisances sonores et des vibrations qui s'ajoutent aux modifications des conditions thermiques et hydriques du gîte [2, 20, 27]. Le cumul des contraintes crée des conditions de nuisance pouvant conduire au déplacement de la population.

Parfois des effets positifs

Le principal effet bénéfique d'une infrastructure est lié à la construction de nombreux ouvrages dont certains constituent des gîtes parfois très favorables à l'accueil des chauves-souris : espaces entre corniche et bord de dalle, disjointements, joints de dilatation, drains, intérieurs de voussoirs, etc. [20, 23]

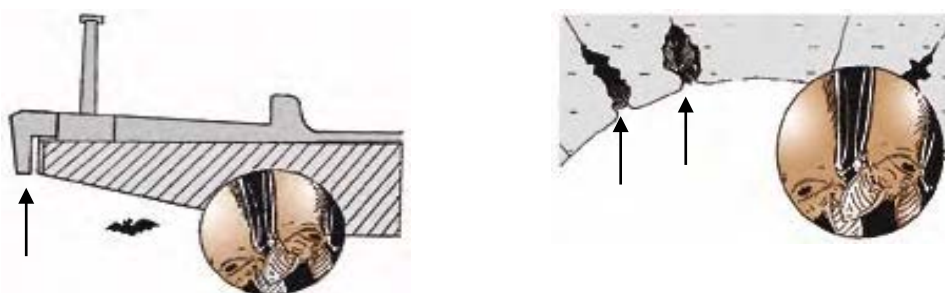


Figure 2 : exemples d'aménagements favorables à l'accueil des chauves-souris : espace libre entre la corniche et le tablier de l'ouvrage (à gauche), disjointement entre deux moellons (à droite) - Source : Sétra [30]

3. Actions pour la prise en compte des chiroptères dans les infrastructures

Les paragraphes ci-après présentent différentes actions proposées dans la bibliographie nationale et surtout internationale. **Ces éléments sont uniquement donnés à titre informatif et ne constituent pas des recommandations directement applicable en France.** En effet, la mise en œuvre de certaines pratiques utilisées à l'étranger peut s'avérer incompatible avec nos contraintes nationales, notamment celles d'esthétisme et de sécurité des usagers de la route. Une réflexion prenant en compte l'ensemble des contraintes doit donc être menée avant la mise en place de toute mesure.

Les modalités de prise en compte dans les projets (construction ou aménagements)

L'état des lieux des connaissances et l'organisation des inventaires

L'étape préalable de recherche bibliographique est essentielle à la démarche quel que soit le type de projet et le niveau d'étude. Elle peut s'avérer parfois suffisante, en particulier dans le cadre d'études de niveau préliminaire. Deux types de données doivent être recueillis afin d'évaluer la potentialité chiroptérologique de la zone concernée : les données chiroptérologiques locales (espèces, présence de gîtes alentours (10-15 km)) et la typologie des habitats (cartographie).

A partir de cette première analyse, notamment en fonction de la quantité de données disponibles sur la zone, du type de projet, des milieux traversés et de l'importance des enjeux (espèces prioritaires ou sites remarquables), le maître d'ouvrage peut réellement évaluer le niveau des études complémentaires de terrain à effectuer. L'organisation de ces inventaires devra ainsi identifier les trois grandes composantes du fonctionnement écologique des chiroptères c'est-à-dire les gîtes, les routes de vol et les habitats de chasse. Une année est souvent un minimum pour effectuer un inventaire satisfaisant.

La recherche des gîtes

A ce stade, et dans le cadre d'une étude de type études préalables, l'étendue de la zone de recherche est de 1 km autour du tracé et de 3 km voire plus si des espèces particulièrement sensibles sont présentes [21].

Bien que les principaux gîtes à chiroptères soient souvent connus et localisés à partir de l'analyse bibliographique, une recherche des gîtes favorables reste bien souvent nécessaire. Deux catégories de gîtes sont recherchées en priorité : les gîtes d'hivernage et les gîtes d'estivage ce qui nécessite la plupart du temps des investigations en période estivale (période favorable : mai-septembre) et durant l'hibernation (période favorable : novembre-février).

Les chauves-souris étant susceptibles de fréquenter une grande diversité d'habitats (fonction de leur écologie, des habitats disponibles et de la saison), la recherche nécessitera de prospecter différents types de milieux potentiellement favorables : les forêts sénescents de feuillus (gîtes arboricoles), les vieilles fermes, les ouvrages militaires, les ponts, les églises, les granges, les résidences de campagne, les châteaux, les milieux karstiques ou riches en sous-terrains (cavités, mines, tunnels, grottes et gouffres), etc. [18, 21, 13, 22, 3, 23, 24].

Lorsque la présence de chauves-souris est constatée sur la zone d'études et que les gîtes ne sont pas connus, des techniques peuvent être utilisées pour retrouver les cavités (cf. Tableau 2) :

- recherche des gîtes en suivant au fur et à mesure le déplacement des chiroptères (nécessite plusieurs observateurs) sur les zones de fort passage potentiel (corridors, linéaires, etc.) [18, 24] ;
- radiotracking : après capture en plein vol et pose d'émetteurs, les individus sont suivis par radiopistage jusqu'à leur gîte. Cette méthode est très efficace mais relativement coûteuse et perturbante pour les animaux [24].

La localisation des terrains de chasse et des routes de vol

Cette étape s'appuie le plus souvent sur une démarche préalable d'analyse paysagère, à partir notamment des photos aériennes, de la localisation des gîtes et d'une visite de terrain, qui permet d'identifier les éléments du paysage potentiellement favorables à la présence ou au passage des chiroptères : les forêts matures, les grandes haies et les petits champs, les zones à fort taux de pâturage, la présence d'étendues et de cours d'eau (rivières, canaux, lacs, mares, réservoirs, marécages, étangs, prairies humides, etc.).

Une fois les zones favorables identifiées, une étude de l'activité des chauves-souris au droit de ces secteurs potentiels permet alors de valider ou non cette première analyse. Pour étudier cette activité, plusieurs méthodes sont utilisées (cf. Tableau 2).

Des mesures de suppression, d'atténuation ou de compensation des impacts

Si la conservation des chiroptères nécessite avant toute chose la conservation de leurs habitats (vallées humides, prairies, forêts, linéaires de haies, milieux souterrains, etc.), de nombreuses mesures sont aujourd'hui proposées pour pallier les impacts locaux d'une infrastructure.

La prise en compte des chiroptères dans les projets d'aménagement reste cependant assez récente. Aussi, la plupart des propositions actuelles se limitent-elles encore bien souvent à des préconisations ayant jusqu'à maintenant trop rarement abouti. Pourtant, la majorité des auteurs insistent sur le fait que les mesures proposées ci-après doivent être fonctionnelles avant la destruction des gîtes, des habitats de chasse ou des routes de vol [6, 18].

Les mesures de suppression ou d'évitement des impacts

La préservation des chiroptères nécessite en premier lieu la conservation des milieux et structures existantes favorables aux espèces [6, 18, 21, 12]. Pour cela, les études amont doivent être les plus complètes possibles et le tracé retenu doit éviter au maximum la destruction ou la perturbation de gîtes, des routes de vol et des habitats de chasse connus ou potentiels.

Maintenir les structures paysagères

Bien souvent, pour faciliter les manœuvres des engins de chantier, quelques haies, arbres et autres structures sont détruites. Pour éviter la destruction accidentelle des structures essentielles aux chauves-souris (haies, gîtes) il est possible de les identifier sur le terrain (drapeaux, clôtures, affichettes, etc.) [6, 13]. Un suivi des travaux par un chargé de mission environnement est également recommandé.

Limiter l'attractivité des dépendances vertes

La localisation des dépendances vertes et d'autres structures susceptibles d'attirer des chauves-souris (ponts sous un fort trafic) doit être étudiée en amont pour ne pas ajouter un risque de collisions supplémentaires [18, 2, 17].

Il faut ainsi empêcher d'implanter en bordure d'infrastructure des espèces végétales attirant les insectes et indirectement les chauves-souris. L'utilisation de certaines essences de conifères est par exemple préférable aux plantes mellifères [13].

Certains auteurs préconisent [25, 9], quant à eux, une bande d'environ 10 m de large sans végétation ligneuse de part et d'autre de la route.

Les mesures de réduction des impacts

Accompagner la destruction des gîtes

Cette situation extrême, **à éviter absolument**, doit s'effectuer aux périodes durant lesquelles les chauves-souris sont les moins vulnérables (hors périodes de mise bas et d'élevage, hors hibernation). Il est ainsi généralement préconisé d'intervenir à l'automne, période durant laquelle les jeunes sont émancipés et les individus ne sont pas encore entrés en hibernation.

Méthodes de localisation	Principe général	Objectifs	Avantages	Inconvénients
Détecteur à ultrasons	Appareil rendant audible les ultrasons émis par les chauves-souris	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier la présence de chiroptères - Identifier des espèces - Quantifier et identifier l'activité (chasse, déplacement) 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de capture des individus, - Relativement facile à mettre en oeuvre 	<ul style="list-style-type: none"> - Sous-représentation des espèces à faible sonar ou volant très haut
Systèmes automatiques	Couplage d'un détecteur de présence (ultrasonique ou infrarouge) et d'un système d'enregistrement (caméra, photo ou audio)	<ul style="list-style-type: none"> - Repérer les zones ou les périodes (heure, saison) de forte activité - Évaluer le niveau d'activité 	<ul style="list-style-type: none"> - Relative autonomie 	<ul style="list-style-type: none"> - Le sens de déplacement n'est pas déterminé - Longue identification des espèces sur ordinateur - Vandalisme
Radiotracking	Pose de micro-émetteurs radio sur le dos des chauves-souris et détermination des emplacements successifs	<ul style="list-style-type: none"> - Trouver des gîtes - Connaître le déplacement des individus entre leurs gîtes et leurs terrains de chasse - Ampleur des domaines vitaux - Analyse fine de sites sensibles 	<ul style="list-style-type: none"> - Extrêmement riche en informations 	<ul style="list-style-type: none"> - Très contraignante humainement, matériellement - Très invasive, traumatisante pour les individus - Temps considérable d'analyse des données - Contrainte de représentativité des résultats
Capsules chimio-fluorescentes	Capsule lumineuse posée sur le dos de l'animal	<ul style="list-style-type: none"> - Suivre l'évolution en vol 	<ul style="list-style-type: none"> - Outil d'étude du comportement très intéressant 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu d'autonomie - Facilité de repérage limitée
Amplificateur de lumière	Équipement facilitant l'observation des chauves-souris dans le noir	<ul style="list-style-type: none"> - Observer le comportement de vol (route de vol, traversée du tracé), compter les individus - Les observer dans leur gîte 	<ul style="list-style-type: none"> - Observation sans dérangement - Pratiques pour les comptages en sortie de gîte 	<ul style="list-style-type: none"> - Relativement chers
Caméras infrarouges	Filmer dans le noir absolu en éclairant les chauves-souris sans les déranger	<ul style="list-style-type: none"> - Filmer les chauves-souris 	<ul style="list-style-type: none"> - Observation sans dérangement 	<ul style="list-style-type: none"> - Très gourmands en énergie - Coûteux à l'achat
Caméras thermiques	Enregistrer les différences de température entre l'animal et son milieu	<ul style="list-style-type: none"> - Filmer les chauves-souris 	<ul style="list-style-type: none"> - Observation sans dérangement 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûteux à l'achat

Tableau 2 : synthèse des méthodes de localisation des terrains de chasse et des routes de vol des chiroptères – Source : [1]

Méthodes de localisation	Principe général	Objectifs	Avantages	Inconvénients
Baguage	Pose d'une bague sur l'avant-bras Suivre le déplacement global des individus par comparaison entre le marquage (capture) et la re-capture	<ul style="list-style-type: none"> - Évaluation des distances parcourues 	<ul style="list-style-type: none"> - Marquage très durable - Intéressant pour évaluer les migrations et le réseau de gîtes utilisés au cours de la vie de l'individu 	<ul style="list-style-type: none"> - Souvent mal pratiqué, maintenant très réglementé
Transpondeurs	Puces insérées sous la peau qui permettent l'identification d'un animal grâce à un récepteur (outil de capture – marquage – re-capture)	<ul style="list-style-type: none"> - Identification d'un animal 	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi à long terme - Nécessite une seule manipulation de l'animal 	

Tableau 2bis : méthodes d'étude des chiroptères complémentaires – Source : [1]

La destruction de gîte nécessite l'obtention d'une autorisation difficile à obtenir, qui requiert des justifications particulièrement appuyées (dérogation à l'interdiction de détruire l'habitat d'une espèce protégée après avis du CNPN¹, art. L411-1 et 2 du Code de l'environnement).

La vérification de l'absence des chauves-souris du gîte potentiel ou connu est préférable juste avant l'intervention sur la structure. La présence d'un chiroptérologue est également indispensable lors de la destruction de gîtes connus ou potentiels afin de prendre d'éventuelles mesures d'urgence pour sauver les animaux [6, 18, 12]. Si des chauves-souris sont trouvées, des procédures d'exclusion doivent être mises en place. Ceci, soit en empêchant les chauves-souris de revenir dans le gîte, soit, en les dérangeant pour qu'elles partent d'elles-mêmes [6, 18, 17, 22, 26, 27].

En milieu forestier, il est préconisé de couper les arbres et de les laisser deux jours à terre le temps que les individus quittent le gîte. Une opération de déplacement des "arbres-gîtes" peut également être envisagée [12, 13, 18].

Réduire le dérangement

En phase chantier

Afin d'éviter la perturbation des déplacements, le travail de nuit est à éviter à proximité des routes de vol et des gîtes, au moins pendant les périodes les plus sensibles pour les chauves-souris (notamment la période de mise-bas) [12, 13, 18].

Si le travail de nuit est indispensable, il est conseillé d'éclairer de façon très localisée la zone du chantier et non les alentours afin de réduire l'effet barrière [12]. L'installation provisoire d'écrans anti-bruit et/ou anti-lumière est également envisageable.

Les infrastructures de chantiers provisoires (zone de dépôt, piste de chantier) doivent également être réalisées à l'écart des gîtes.

En phase exploitation

Lors de la construction d'une infrastructure, les conditions d'accès pour le public à certains gîtes pouvant être facilitées (nouvelles voies de desserte), il est possible de limiter la fréquentation par l'installation de panneaux préventifs d'information [3] ou par la mise en sécurité du gîte (pose de grilles empêchant l'accès au site) [13]. Dans ce dernier cas, il faut bien veiller à ne pas modifier les conditions physiques du gîte indispensables au maintien des chiroptères (température et hygrométrie) [28]. La fermeture d'un site peut cependant parfois intriguer et inciter certains individus à accéder dans les lieux quitte à dégrader les équipements de protection. Pour éviter l'accès au site, il est donc parfois préférable non pas de l'interdire mais de le rendre difficilement accessible par la mise en place d'obstacles successifs (fosses, murets, trous d'eau, etc.).

Sécuriser le franchissement de l'infrastructure

Les spécialistes sont unanimes quant à la nécessité de connecter les passages sécurisés avec les habitats environnants. Pour cela, de nombreuses propositions concernent la mise en place de linéaires ou de barrières que les chauves-souris suivent instinctivement jusqu'aux ouvrages.

Haies et doubles haies

La mise en place de haies le long de l'infrastructure peut ainsi guider les individus jusqu'à des passages sécurisés. Les haies peuvent alors être simples ou doubles.

Dans le cas des doubles haies [17], la première haie est discontinue, servant à concentrer les chauves-souris dans l'allée et la deuxième haie, continue sert de barrière, les dissuadant de traverser. La longueur de ces haies peut être relativement importante.

Lorsqu'un linéaire végétal emprunté par les chauves-souris est intercepté par une nouvelle route, il est également possible de modifier le tracé initial du corridor végétal et de conduire les animaux vers un nouveau passage sécurisé (pont, passerelle, tunnel, etc.) [12].

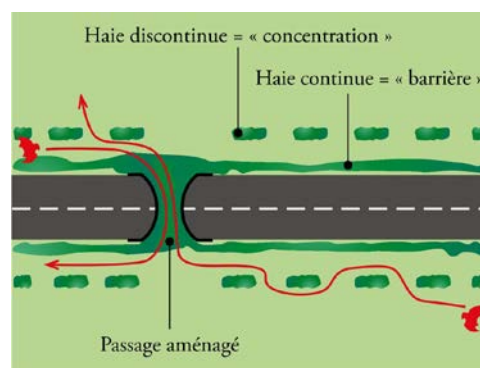


Figure 3 : connecter les habitats à l'aide de doubles haies - Source : [1]

¹ CNPN : Conseil National de Protection de la Nature

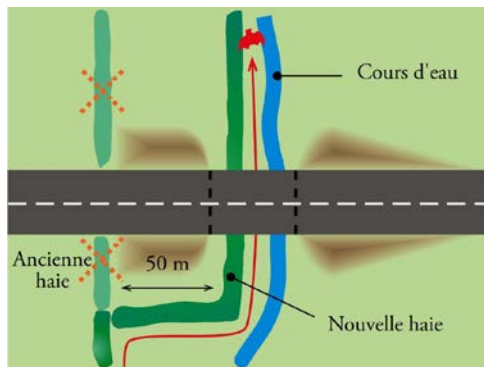


Figure 4 : conduire les animaux vers un passage sécurisé – Source : [1]

Grillages, barrières et murs

Un grillage de 2 m de haut ou un merlon implanté sur les côtés de la route et destiné à guider les animaux vers un passage peut également suffire à sécuriser la zone [13]. Ce type de mesure ne semble toutefois pas convenir aux Rhinolophes qui continuent généralement à traverser l'infrastructure en volant au ras du sol.

En forêt, la mise en place d'un mur ou d'une barrière aux endroits où l'activité enregistrée est maximale est également envisageable (cf. dessin ci-contre) [12]. En France, elle doit cependant aussi tenir compte de questions d'esthétisme et de sécurité routière. La mise en place d'éléments au bord des routes (murs, poteaux plantations, etc.) doit être étudiée en évitant de positionner de nouveaux obstacles pour les usagers de la route du point de vue de la sécurité. Des distances minimales ou/et des dispositifs de retenue sont à respecter [32].

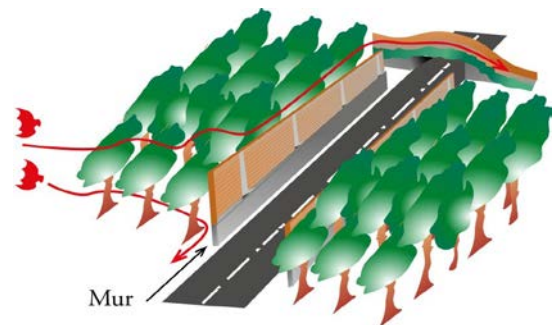


Figure 5 : guider les chiroptères vers un passage sécurisé – Source : [1]

Barrières lumineuses

La lumière est parfois préconisée comme barrière ou moyen d'augmenter la hauteur de vol des animaux [21]. Souvent victime de vandalisme, nécessitant un entretien (fauche pour ne pas être cachée) et consommant de l'énergie, l'utilisation d'effaroucheurs lumineux reste cependant très ponctuelle et leur efficacité n'est pas toujours démontrée.

Ce type de mesure est préconisée au niveau des croisements routiers empruntés par les chauves-souris, notamment lorsque la route empruntée est une allée d'arbres, dont les canopées se rejoignent, formant une sorte de "tunnel vert". Selon les spécialistes, ce type d'aménagement ne fonctionne que pour certaines espèces.

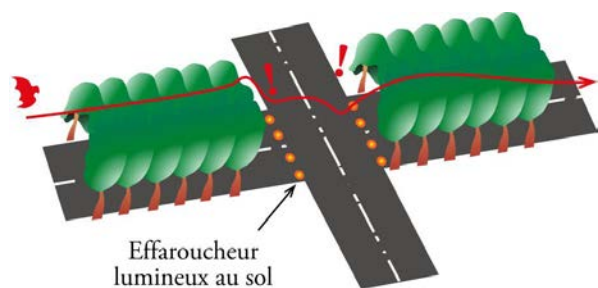


Figure 6 : effrayer les animaux – Source : [1]

Au Pays de Galles, des bornes lumineuses de 1 m de haut ont ainsi été mises en place tous les 10 m de part et d'autre d'une route. Les premières observations montrent que ces effaroucheurs lumineux sont efficaces pour les Rhinolophes même si beaucoup d'individus traversent encore la route éclairée [21, 2, 13].

Il est alors conseillé de maintenir le linéaire de haie le plus longtemps possible afin de limiter l'abandon de la route de vol. Le détournement ne doit, par ailleurs, pas être supérieur à 50 m.

Cette mesure peut être très efficace, néanmoins il semble que certaines espèces ne changent pas leurs habitudes et traversent toujours sur l'ancien tracé.

Le temps nécessaire au développement des haies nuit également à l'efficacité de la mesure. Aussi, en attendant, des filets ou des barrières temporaires peuvent être installés pour éviter les discontinuités [6, 13, 8].

Le « Tremplin vert » (Hop Over)

Cette mesure consiste à mettre des grands arbres ou un grillage (6 m) avec une végétation inférieure dense, pour inciter l'animal à prendre de la hauteur [12, 21].

Dans le cadre d'une chaussée à 2x2 voies, il est préconisé dans la littérature de planter un arbre (essence non attractive pour les insectes) au centre du terre-plein pour prolonger l'effet tremplin. Parallèlement, pour éviter le passage sur le côté, il est recommandé d'installer un grillage le long de la route.

A noter, en France, la mise en place d'éléments au bord des routes (murs, poteaux plantations, etc.) doit être étudiée sous un angle de sécurité, en évitant de positionner de nouveaux obstacles pour les usagers de la route. Des distances minimales ou/et des dispositifs de retenue sont à prendre en compte [32].

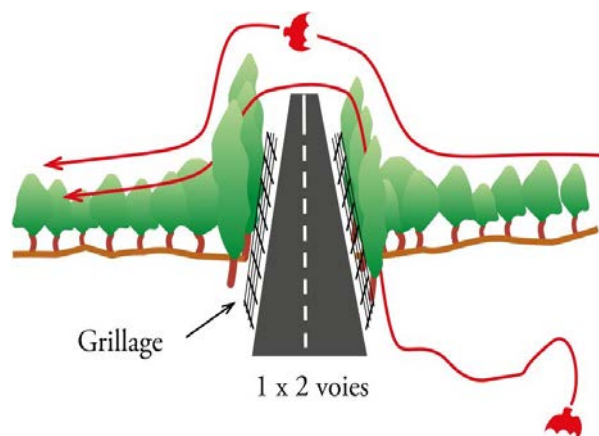


Figure 7 : inciter l'animal à prendre de la hauteur – Source : [1]

Des ouvrages plus spécifiques de franchissement peuvent également être envisagés pour conduire les chiroptères à traverser l'infrastructure au-dessus du flot de véhicule.

Dans le cadre de l'aménagement de la rocade Sud de Bourges, Arthur et Lemaire ont imaginé la construction d'un ouvrage de franchissement (cf. schéma ci-contre) permettant de guider et d'élever la hauteur de vol des chiroptères.

Ce système devrait permettre d'éviter les collisions et de rétablir les déplacements.

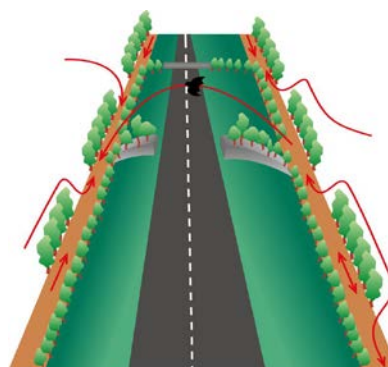


Figure 8 : guider et élever le vol – Source : [30]

L'aménagement des passerelles routières

Prévus pour permettre le franchissement de la faune terrestre, des piétons, des engins agricoles ou encore des véhicules de service, ces passages sont souvent très empruntés par les chauves-souris lorsqu'ils ne présentent pas un faciès trop ouvert et qu'ils sont connectés à des structures paysagères. Pour renforcer l'utilisation de tels passages, des aménagements connexes sont envisageables [2, 21, 12, 9]. Il est ainsi favorable de concevoir ces ouvrages plus larges que nécessaire pour le seul trafic de manière à y implanter, sur un côté et tout du long, une haie de buissons. Une barrière en bois ou brise-vent opaque à la lumière peut être suffisante pour certaines espèces (Pipistrelle et petits Myotis). Une hauteur de barrière ou des buissons de 1,5 m à 3-4 m est recommandée.

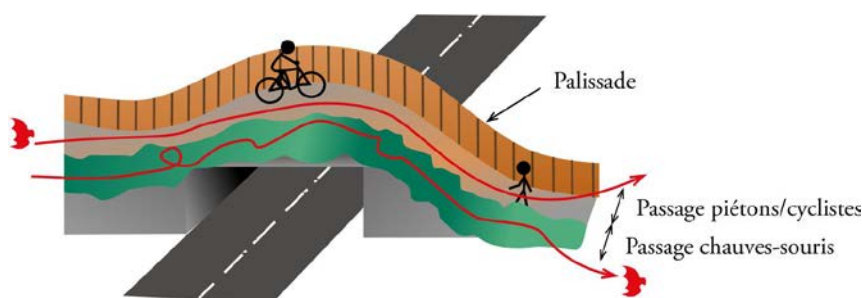


Figure 9 : aménager les passerelles routières pour favoriser leur utilisation par les animaux – Source : [1]

Les passages inférieurs

Qu'ils soient spécifiques à la faune ou qu'ils permettent le passage d'un cours d'eau, il est intéressant de planter un linéaire végétal en forme d'entonnoir sur le bord et le haut de l'entrée du tunnel afin d'inciter les chauves-souris à emprunter le passage. Un grillage ou un écran au niveau du tablier peut également conduire les animaux vers l'ouvrage ou passer au dessus du trafic.

Il est également possible de favoriser le passage des chiroptères dans l'ouvrage en diminuant de plus en plus la hauteur de la végétation à l'approche de l'entrée du passage. Les chiroptères qui suivent généralement la frondaison des végétaux auront alors tendance à diminuer leur hauteur de vol et passer dans l'ouvrage.

Par ailleurs, les passages aménagés pour la faune ne doivent pas être éclairés afin de ne pas décourager les chauves-souris et les détourner vers une route de vol plus dangereuse.

Le passage d'un cours d'eau serait extrêmement incitatif.

Bien que toutes les espèces empruntent les passages inférieurs, même parfois très étroits, certains auteurs se sont appliqués à déterminer les dimensions minimales et conseillées pour inciter le plus grand nombre d'espèces et d'individus à les utiliser [18, 12, 2, 13].

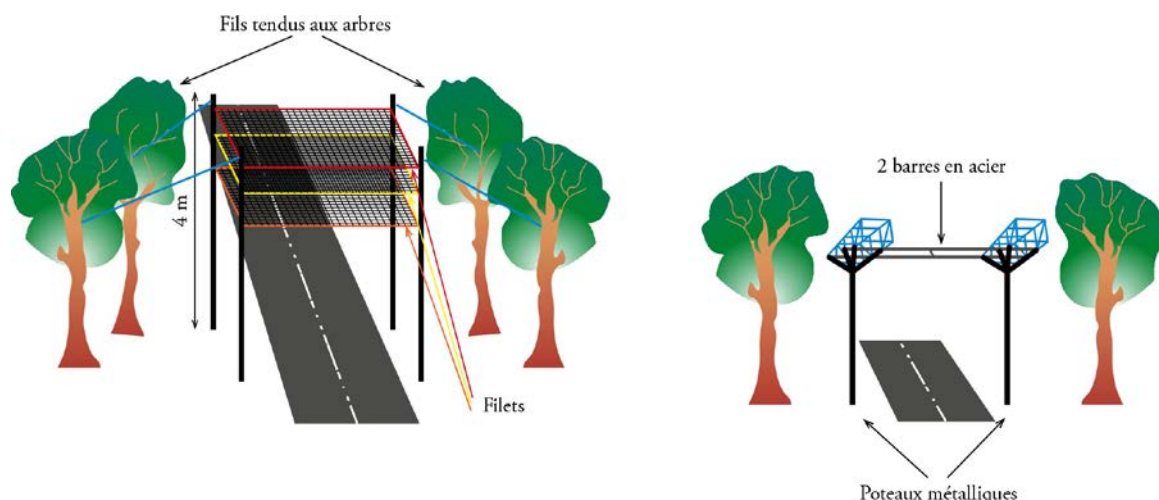
D'une manière générale, un principe est récurrent dans les préconisations des experts : plus le passage est large, plus il sera utilisé par les chauves-souris. Un maximum de 4,5 m de haut pour 4 à 6 m de large a été conseillé pour que toutes les espèces puissent passer. Pour les buses, un diamètre minimal de 1,5 est retenu, l'optimal étant, selon eux, de 3 m. Au-delà de 10 m linéaire, il est préconisé de doubler le diamètre toutes les tranches de 10 m (comm. pers. Laurent Arthur, MHN Bourges).

Les équipements supérieurs « légers »

Expérimentés à l'étranger, ces équipements facilement démontables sont souvent constitués de fils ou de filets tendus horizontalement entre deux mâts, de chaque côté de la route.

Ils sont mis en place, soit provisoirement, pour évaluer la pertinence d'un emplacement pour un aménagement ultérieur plus "lourd", soit, en mesure réductrice permanente.

L'efficacité de ce dispositif encore très récent n'a pas encore été prouvée mais semble déjà rencontrer un certain succès [2].



En France, la mise en place de tels éléments de bord des routes doit être étudiée sous un angle de sécurité, en évitant de positionner de nouveaux obstacles pour les usagers de la route [32].

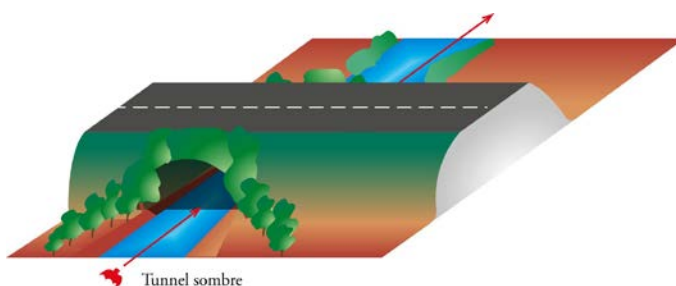


Figure 10 : aménager l'entrée des passages inférieurs pour favoriser le passage des animaux dans l'ouvrage – Source : [1]

Perchoirs à Rhinolophes

Selon certains spécialistes la plantation d'îlots d'arbres sur les remblais latéraux peut créer des aires d'attentes pour les Rhinolophes ; ceux-ci y attendraient une fluidification du trafic pour traverser [17, 14].

Réduire les collisions

En optimisant le profil en long

Au vu de la dangerosité accrue des infrastructures en remblai, le profil en long doit être optimisé sur les secteurs à risque pour les chiroptères. Ainsi, une route en déblai est, à ce titre, plus sûre pour la traversée des chauves-souris (comm. pers. CPEPESC Lorraine, 2008).

En évitant d'éclairer les abords de l'infrastructure

Pour éviter d'attirer les insectes et concomitamment les chauves-souris, quelques précautions doivent être prises concernant l'éclairage des infrastructures :

- éviter les lumières vaporeuses, les lampes à rayon focalisé seraient plus favorables ;
- diriger l'éclairage vers le bas et ne pas éclairer la végétation environnante [12] ;
- utiliser des lampes à sodium, moins attractives, plutôt que des lampes à vapeur de mercure et les placer le plus haut possible (6-8 m), loin de la chaussée [17, 25].

En limitant la vitesse des véhicules

Dans des conditions de circulation habituelles, les collisions létales pouvant se produire à vitesse réduite, la réduction de la vitesse ne semble pas une solution intéressante [12]. Cependant, la mise en place d'un équipement "casse-vitesse" de type échangeur ou rond point apparaît plus efficace [7, 18]. En France, elle doit toutefois être étudiée en tenant compte aussi des enjeux connexes liés à la gestion du trafic, à la fonction de la voie et à la sécurité routière.

Les effaroucheurs sonores et magnétiques, des mesures à proscrire

Les premiers essais d'effarouchements sonores utilisant les cris d'alertes des chauves-souris seraient peu concluants. En effet, une chauve-souris en détresse attirerait la curiosité de ses congénères, toutes espèces confondues. Placés sur une zone dangereuse comme sur le mât d'une éolienne ou sur le bord d'une route, ils seraient de véritables pièges et auraient l'effet inverse à celui recherché.

Les mesures de compensation des impacts

Les gîtes de substitution

Les facteurs déterminant le choix ou le refus d'un gîte par les chauves-souris ne sont pas connus précisément. C'est pour cette raison que le remplacement d'un gîte détruit par un autre, artificiel, est très délicat.

Dans tous les cas, leur emplacement doit être choisi de manière à éviter la mise en danger des animaux (éviter la proximité de l'infrastructure) et en fonction des exigences des espèces présentes pour re-créeer les fonctions d'origine des gîtes détruits (hibernation, estivage, etc.).

En remplacement des gîtes arboricoles [18, 12, 13] (comm. pers. CPEPESC Lorraine, 2008)

Utiliser des "nichoirs" le temps de la construction d'un gîte de substitution (en dur) peut-être envisagé. Pour améliorer l'efficacité de cette mesure, il est préférable de la mettre en place deux ans avant le début des travaux. Cependant, apparaissant trop souvent comme une mesure miracle, certains experts préfèrent réserver ces propositions aux mesures de prévention ou en tant que moyens d'études. De plus, leur utilisation peut être contraignante en termes d'entretien et de surveillance et leur durée de vie limitée dans le temps.

Les Rhinolophes n'utilisent ni les nichoirs (comme les Minioptères), ni les gîtes de substitution.

Dans les ponts [12, 3]

Les ouvrages étant facilement colonisés par certaines espèces de chauves-souris, l'aménagement des ponts pour l'accueil des chiroptères représente une mesure efficace et facile à mettre en œuvre. Pour cela plusieurs dispositions peuvent être prises :

- équiper les ponts de corniches disjointes de $20 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$;
- laisser des espaces entre le pont et ses piliers de soutènement ;
- utiliser des joints expansifs ;
- créer des espaces creux sous les ponts.

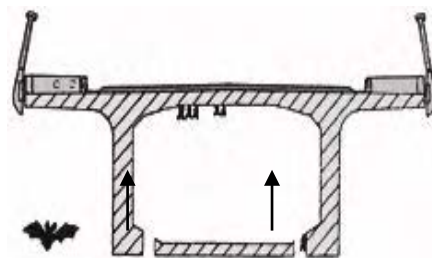


Figure 12 : caissons des grands ouvrages accessibles de l'extérieur par des trous de coffrage, des orifices de visites, etc.
Source : [30]

Dans les bâtiments proches du projet [2, 12, 13]

Aménager ou rouvrir les accès aux toits et les combles des bâtiments favorables (églises). Il est important de veiller au non éclairage des accès aux sites.

Les habitats de substitution

En compensation de la perte de terrains de chasse, il est généralement préconisé d'acquérir et de gérer des territoires proches de ceux détruits. L'objectif principal est ainsi de créer des habitats dont la structure est favorable au vol et à l'écholocation, d'augmenter la variabilité et la quantité d'insectes (forêts, berges et écotones), et de multiplier les corridors pour augmenter la capacité de prospection des chauves-souris.

Dans le cadre de ces aménagements, et afin d'augmenter l'abondance des insectes associés, les espèces végétales qu'il est préconisé de planter sont préférentiellement locales, non-résineuses. Par ailleurs, les prairies doivent être fauchées tardivement et l'utilisation de produits phytosanitaires réduite.

Dans le cadre de ces mesures, il faut bien veiller à prendre en compte l'accessibilité de la zone pour les chiroptères et notamment veiller à ce que les routes de vol des chauves-souris leur permettent d'y accéder.

Types de mesures	Détail des mesures	
	Mesures	Exemples (plus de détails dans le texte)
Mesures de suppression ou d'évitement	Maintenir les structures paysagères	Identifier les structures essentielles aux chauves-souris par des drapeaux, clôtures, affichettes, etc. Suivi des travaux
	Limiter l'attractivité des dépendances vertes	Absence d'espèces végétales attractives en bordure d'infrastructure
Mesures de réduction	Accompagner la destruction des gîtes	Intervenir aux périodes les moins vulnérables Vérification de l'absence de chauves-souris du gîte potentiel ou connu juste avant l'intervention. Si oui, mettre en place des procédures d'exclusion si besoin ...etc.
	Réduire le dérangement	Éviter le travail de nuit, chantiers provisoires réalisés à l'écart des gîtes, etc. Limiter la fréquentation, ne pas modifier les conditions physiques des gîtes, etc.
	Sécuriser le franchissement de l'infrastructure	Haies et doubles haies Grillages, barrières et murs Barrières lumineuses Le "Tremplin vert" (Hop Over) L'aménagement des passages supérieurs Les passages inférieurs Les équipements supérieurs "légers" Perchoirs à Rhinolophes
	Réduire les collisions	En optimisant le profil en long En évitant d'éclairer les abords de l'infrastructure En limitant la vitesse des véhicules
Mesures de compensation	Les gîtes de substitution	En remplacement des gîtes arboricoles Dans les ponts Dans les bâtiments proches du projet
	Les habitats de substitution	Acquérir et gérer des territoires proches de ceux détruits

Tableau 3 : synthèse des mesures proposées par la bibliographie destinées à préserver les chiroptères des impacts des infrastructures de transports terrestres – Source : [1]

4. Bilan des connaissances actuelles et perspectives

Synthèse globale

La thématique des impacts des aménagements sur les chiroptères est relativement riche. Elle s'est néanmoins particulièrement concentrée jusqu'à présent sur la problématique des effets des éoliennes au cours des dernières années.

Pourtant, des lacunes subsistent concernant l'impact des infrastructures de transport sur les chiroptères. Ce constat est vraisemblablement lié aux **difficultés d'étude de ce groupe faunistique** qui, en plus d'être nocturne, a la particularité, comme les oiseaux, de se déplacer dans les trois dimensions et de présenter une grande variabilité des comportements d'une espèce à l'autre.

Il ressort de l'analyse réalisée à partir d'une soixantaine de références bibliographiques nationales et internationales [1], dont beaucoup ont été menées sur les routes, que les infrastructures de transport sont responsables de la mortalité d'un grand nombre de chiroptères et que les **impacts sont essentiellement liés à deux principaux facteurs** :

- **la mortalité par collisions ;**
- **les menaces environnementales liées aux suppressions des axes de vol et la destruction des terrains de chasse.**

Ces composantes étant maintenant relativement bien ciblées, elles constituent déjà bien souvent l'assise des analyses effectuées dans le cadre des études d'environnement. Les connaissances actuelles bien qu'incomplètes semblent ainsi globalement définir les impacts d'un projet même si certaines lacunes sont récurrentes (impacts en milieu forestier, impacts sur certaines espèces – Rhinolophe, etc.).

Parallèlement, en raison des progrès effectués sur la connaissance des espèces, et, aussi probablement du fait de l'évolution de la réglementation, les mesures proposées en faveur des chauves-souris dans le cadre des aménagements d'infrastructures de transport sont de plus en plus nombreuses. Il apparaît toutefois que les différentes propositions, souvent extraites des mêmes publications, se limitent **fréquemment à des mesures n'ayant jamais été exécutées ou dont l'efficacité n'a encore jamais été évaluée.**

La situation française

La situation française établie à partir de documents bibliographiques (études générales sur les chauves-souris, de suivis de populations, d'expertises réalisées dans le cadre de projets d'aménagements routier, autoroutier ou ferroviaire, bilans LOTI) et d'entretiens auprès de spécialistes du domaine (MHN Bourges, CPEPESC notamment), a mis en évidence le peu d'expérience sur les chauves-souris et les infrastructures de transport [1].

Les informations contenues dans la bibliographie concernent essentiellement des impacts potentiels, des propositions de mesures. Si un suivi est quasi-systématiquement préconisé dans les dossiers d'incidences, **le retour d'expérience est aujourd'hui très faible.**

La prise en compte croissante de cette problématique dans les projets (construction ou aménagements) d'infrastructures de transport devrait toutefois permettre de combler quelque peu les lacunes actuelles.

Perspectives

La parution de la présente note d'information, synthèse des connaissances existantes, et la préparation d'un guide technique sur les infrastructures et les chiroptères, participent à satisfaire les objectifs du plan de restauration des chiroptères. Cependant, de nombreux travaux complémentaires mériteraient d'être engagés, en particulier sur les problématiques des collisions et de suivi de l'efficacité des passages :

- compréhension du comportement de franchissement des infrastructures par les juvéniles ;
- influence réelle de la vitesse et de la densité du trafic ;
- évaluation de l'efficacité des ouvrages en fonction de leur taille ;
- évaluation de l'efficacité des passages supérieurs légers ;
- prise en compte des chiroptères forestiers ;
- fréquentation et impacts des bassins de traitement des chaussées ;
- recherche et étude de systèmes d'effarouchements.

Bibliographie

- [1] Sétra / Cete, 2008. Routes et chiroptères. Etat des connaissances. Rapport bibliographique. 67 p + 180 p de fiches bibliographiques annexes. <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr/Routes-et-chiropteres-Etat-des.html>
- [2] Highways Agency, 2006. Best practice in enhancement of highway design for bats. Revue de littérature. Halcrow Group Limited. 52 p.
- [3] Keeley B.W., Tuttle M.D, 1999. Bats in American bridges. Scientific article, Resource Publication No.4. 6 p.
- [4] ECOCONSEIL - CPEPESC Franche-Comté, 2004. Étude d'incidence de la LGV Rhin-Rhône sur le site Natura 2000 "Mine d'Ougney". Rapport final s'inscrivant dans l'APD du projet. 52 p.
- [5] Roué S.Y. - CPEPESC Franche-Comté (1999). Étude biologique sur la bande du projet routier Lure-Vesoul (RN19) - Les chiroptères et leurs gîtes. Rapport. 22 p.
- [6] National Road Authority, 2005. Guidelines for the treatment of bats during the construction of national road schemes. 13 p.
- [7] Capo G., Chaut J.-J. et Arthur L., 2006. Quatre ans d'étude de mortalité des chiroptères sur deux kilomètres routiers proches d'un site d'hibernation. Article scientifique. Symbioses n°15. pp.45-46. 2 p.
- [8] Vaine A, 2005. Études et suivis des chiroptères du Gouffre de La Fage. Rapport de stage de BTSA GPN. 56 p.
- [9] Néri F., 2004. Chauve-souris et aménagement routier. Bulletin de liaison "KAWA SORIX" du Groupe chiroptères Midi-Pyrénées. 1 p.
- [10] Lemaire M. et Arthur L., 1998. Les chauves-souris et les routes. Actes des 3^{èmes} rencontres "Routes et Faune Sauvage". 460 p.. pp.139-150. 12 p.
- [11] Girons M.-C., 1981. Notes sur les mammifères de France. Les Pipistrelles et la circulation routière. Note – Mammalia tome 45, n°1. pp.131. 1 p.
- [12] Limpens H.J.G.A., Tweesk P. et Veenbaas G., 2005. Bats and Road Construction - Brochure about bats and the ways in which practical measures can be taken to observe the legal duty of care for bats in planning, constructing, reconstructing and managing roads. Technical handbook. 24 p.
- [13] Bickmore C. et Wyatt L., 2003. Review of work carried out on the trunk road network in Wales for bats. Bibliographic study. 65 p.
- [14] Bickmore C. et Wyatt, (Traduction Laurent Arthur), 2006. Synthèse des travaux conduits pour les chauves-souris sur une route nationale au Pays de Galles (Country Council of Wales, juillet 2003). Scientific article. Symbiose, n°15. pp. 39-42. 4 p.
- [15] Lesiński G., 2007. Bat road casualties and factors determining their number. Scientific article. Mammalia (2007). pp.138-142. 5 p.
- [16] CPEPESC Lorraine, 2006. Étude d'incidences du projet de mise à 2x2 voies de la RN 59/159 entre Rémomeix et Frapelle (88) en rapport au site Natura 2000 FR4100246 "Gîtes à chiroptères autour de Saint Dié (88)". Rapport. 40 p.
- [17] Lemaire M. et Arthur L., 1999. Les chauves-souris, maîtresses de la nuit. Livre – Ed. Delachaux et Niestlé (rééd. 2005). 265 p.
- [18] Highway Agency, 1999. Nature conservation advice in relation to bats. Design manual for roads and bridges. Guide technique. 34 p.
- [19] Devos S., Raavel P., Govaere A., Vaillant J.C. et Devos R. - Greet Ingénierie / E.E.D. – France, 2005. Nouvelles techniques d'investigation par radar des peuplements de chiroptères. 5 p.
- [20] Arthur L., Lemaire M., Souchet C., Brazillier D., Duteil D., Anisensel F., 1996. Ponts et chauves-souris. Article du Bulletin de liaison n°24 "Ouvrages d'art". 7 p - Sétra
- [21] National Road Authority, 2005. Best Practice Guidelines for the Conservation of Bats in the Planning of National Road Schemes. Technical handbook. 44 p.
- [22] Maugard J-P. - DDE Cher, 1995. Les chiroptères et les ouvrages d'art dans le département du Cher. Rapport d'étude. 31 p.
- [23] Arthur L. et Lemaire M., 1994. Résultats des premiers aménagements d'ouvrages d'art pour les chiroptères dans le département du Cher. Acte du colloque "Gestion et protection des chauves-souris : de la connaissance aux aménagements". 4 p.
- [24] Bat Conservation Trust, 2007. Bat Surveys – Good Practice Guidelines. Technical handbook. 83 p.

- [25] ECOLOR, Conservatoire du patrimoine naturel de Champagne Ardenne, 2004. Document d'incidences Natura 2000 "Fort de la Bonnelle". Rapport 22 p.
- [26] Pénicaud P., 2000. Les chauves-souris et les arbres : connaissance et protection. Plaquette d'information MATE. 2 p.
- [27] Magnin B., 1994. Sauvetage de la colonie de Grands Murins du pont de Corbières. Acte du colloque gestion et protection des chauves-souris : de la connaissance aux aménagements. 4 p.
- [28] Harouet M. et Monfort D., 1995. La protection des chauves-souris. Bulletin de la société des sciences naturelles de l'Ouest de la France - n°3 - Tome 17. 12 p.
- [29] Kiefer A., Merz H., Rackow W., Roer H. et Schlegel D. (1995). Bats as traffic casualties in Germany. Article scientifique. Myotis n°32-33, pp. 215-220.
- [30] Sétra-Medd, 2005. Aménagements et mesures pour la petite faune, Guide technique. 264 p.
- [31] Néomys, 2005. Projet d'aménagement de la RN 66 dans la vallée de la Moselle entre Ferdrupt et Fresse-sur-Moselle (88). Dossier d'évaluation des incidences au titre de l'Article L414-4 du Code de l'Environnement (Chap. IV, Section 1) - Complément à l'étude d'impacts - Expertise chiroptérologique. Rapport. 20 p.
- [32] Sétra, 2002. Traitement des obstacles latéraux sur les routes principales hors agglomération. Guide technique. 131p.
- [33] EUROBATS, 2000. Mise en œuvre de l'accord relatif à la conservation des chauves-souris en Europe. Rapport national de la France. http://www.eurobats.org/documents/pdf/National_Reports/nat_rep_F_2000.pdf

Réglementation et plan d'action

Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection (JORF du 10/05/2007).

Convention de Bonn du 23 juin 1979 relative à la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (JORF du 30/10/1990).

Convention Berne du 19 septembre 1979 relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel d'Europe. (JORF du 28/08/1990 et du 20/08/1996).

Directive "Habitats-Faune-Flore" n°92/43/CEE du Conseil du 21/05/92 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages (JOCE du 22/07/1992).

Plan de restauration des chiroptères 2008-2012 en France métropolitaine. Septembre 2007 – SFPEM – Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire.

Pour en savoir plus...

Une bibliographie plus exhaustive peut être consultée dans le rapport d'appui à la rédaction de la présente note d'information [1] (<http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr/Routes-et-chiropteres-Etat-des.html>).

Annexe

Famille	Espèce	Statut
Les Rhinolophidés Cette famille est représentée par quatre espèces qui se reconnaissent par leur appendice nasal en forme de fer à cheval à partir duquel les ultrasons sont émis.	Grand rhinolophe [<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>]	PN, DHII+IV, BernII, BonII
	Petit rhinolophe [<i>Rhinolophus hipposideros</i>]	PN, DHII+IV, BernII, BonII
	Rhinolophe euryale [<i>Rhinolophus euryale</i>]	PN, DHII+IV, BernII, BonII
	Rhinolophe de Méhely [<i>Rhinolophus mehelyi</i>]	PN, DHII+IV, BernII, BonII
Les Vespertilionidés Avec 28 espèces, ils sont en France les plus nombreux. Ils présentent comme caractère distinctif leur tragus (petit pavillon interne à l'oreille) mais leur morphologie reste assez variable d'une espèce à l'autre. C'est ainsi le plus souvent la longueur de l'avant-bras et la forme des oreilles qui permet de les distinguer entre eux.	Barbastelle [<i>Barbastella barbastellus</i>]	PN, DHII+IV, BernII, BonII
	Murin de Daubenton [<i>Myotis daubentonii</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII
	Murin de Capaccini [<i>Myotis capaccini</i>]	PN, DHII+IV, BernII, BonII
	Murin des marais [<i>Myotis dasycneme</i>]	PN, DHII+IV, BernII, BonII
	Murin à moustaches [<i>Myotis mystacinus</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII
	Murin de Brandt [<i>Myotis brandtii</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII
	Murin d'alcathoe [<i>Myotis alcathoe</i>]	PN, DHIV, BernII
	Murin de Bechstein [<i>Myotis bechsteini</i>]	PN, DHII+IV, BernII, BonII
	Murin de Natterer [<i>Myotis nattereri</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII
	Murin d'Escalera [<i>Myotis escalerae</i>]	Nouvelle espèce découverte en France (2009)
	Murin à oreilles échancrées [<i>Myotis emarginatus</i>]	PN, DHII+IV, BernII, BonII
	Grand murin [<i>Myotis myotis</i>]	PN, DHII+IV, BernII, BonII
	Petit murin [<i>Myotis blythii</i>]	PN, DHII+IV, BernII, BonII
	Murin du Magreb [<i>Myotis punicus</i>]	PN, DHIV
	Noctule commune [<i>Nyctalus noctula</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII
	Grande noctule [<i>Nyctalus lasiopterus</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII
	Noctule de Leisler [<i>Nyctalus leisleri</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII
	Sérotine de Nilsson [<i>Eptesicus nilssonii</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII
	Sérotine commune [<i>Eptesicus serotinus</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII
	Sérotine bicolore [<i>Vespertilio murinus</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII
	Pipistrelle de Kuhl [<i>Pipistrellus kuhlii</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII
	Pipistrelle de Nathusius [<i>Pipistrellus nathusii</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII
	Pipistrelle commune [<i>Pipistrellus pipistrellus</i>]	PN, DHIV, BernIII, BonII
Pipistrelle pygmée [<i>Pipistrellus pygmaeus</i>]	PN, DHIV	
Oreillard roux [<i>Plecotus auritus</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII	
Oreillard gris [<i>Plecotus austriacus</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII	
Oreillard montagnard [<i>Plecotus macrobullaris</i>]	PN, DHIV	
Vespère de Savi [<i>Hypsugo savii</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII	
Les Minioptéridés avec une seule espèce présente en France qui se caractérise par un museau court et un front bombé.	Minioptère de Schreibers [<i>Miniopterus schreibersii</i>]	PN, DHII+IV, BernII, BonII
Les Molossidés Ils se distinguent par une queue dépassant nettement de l'aile postérieure. Une seule espèce de cette famille est présente en France, le Molosse de cestoni	Molosse de cestoni [<i>Tadarida teniotis</i>]	PN, DHIV, BernII, BonII

Liste des 34 espèces de chauves-souris et statut de protection

Statuts : PN (Protection nationale), DHII+IV (Directive Habitats-Faune-Flore-Annexe), BernII (Convention de Berne-Annexe), BonII (Convention de Bonn-Annexe)

Rédacteurs

François NOWICKI – CETE de l'Est
téléphone : 33 (0)3 87 20 46 09 – télécopie : 33 (0)3 87 20 46 49
mél : francois.nowicki@developpement-durable.gouv.fr

Liza DADU – CETE de l'Est
téléphone : 33 (0)3 87 20 46 12 – télécopie : 33 (0)3 87 20 46 49

Jean CARSIGNOL – CETE de l'Est
téléphone : 33 (0)3 87 20 46 14 – télécopie : 33 (0)3 87 20 46 49
mél : jean.carsignol@developpement-durable.gouv.fr

Jean-François BRETAUD – CETE Normandie-Centre
téléphone : 33 (0)2 35 68 89 58 – télécopie : 33 (0)2 35 68 82 19
mél : jean-francois.bretraud@developpement-durable.gouv.fr

Sabine BIELSA – Sétra
téléphone : 33 (0)1 46 11 30 49 – télécopie : 33 (0)1 45 36 81 49
mél : sabine.bielsa@developpement-durable.gouv.fr

Document validé par le Muséum d'Histoire Naturelle de Bourges (Laurent ARTHUR)

Renseignements techniques

Sabine BIELSA – Sétra
téléphone : 33 (0)1 46 11 30 49 – télécopie : 33 (0)1 45 36 81 49
mél : sabine.bielsa@developpement-durable.gouv.fr

AVERTISSEMENT

La collection des notes d'information du Sétra est destinée à fournir une information rapide. La contre-partie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son rédacteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements

46, avenue Aristide Briand – BP 100 – 92225 Bagneux Cedex – France
téléphone : 33 (0)1 46 11 31 31 – télécopie : 33 (0)1 46 11 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites web du Sétra :

- Internet : <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr/>
- Intranet (Réseau ministère) : <http://intra.setra.i2>

Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Sétra devra être demandé.
Référence : 0954w – ISSN : 1250-8675

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEEDDM

