

Guide 3

Prise en compte de la TVB dans les infrastructures linéaires de transport (ILT)

volet 1 :

Orientations nationales concernant les projets nouveaux et la mise à niveau des infrastructures existantes

Avertissement

Ce projet de guide ne préjuge pas de l'organisation en cours de la discussion sur le projet de SNIT, qui se déroule en parallèle aux travaux du COMOP TVB, en associant un sous-groupe du COMOP TVB (Cf. les désignations faites lors de la réunion du COMOP du 16 décembre 2008)

Plan

Introduction :

Rappel de l'objectif du guide
Rappel du contexte de la TVB
Contexte très large de l'impact global des infrastructures de transport sur la biodiversité
Le plan d'action Infrastructures de transports terrestres de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité

Partie 1 : LES PRINCIPAUX IMPACTS DES ILT SUR LA BIODIVERSITE

A – Nature des impacts :

- 1 – Impacts directs
- 2 – Impacts indirects
- 3 – Impacts induits
- 4 – Impacts cumulés
- 5 – Impacts temporaires et permanents

B – Impacts sur les habitats et les espèces en lien avec la continuité écologique

- 1 – Impacts de l'ILT
- 2 – Impacts de la circulation routière
- 3 – Impacts liés à l'entretien, la gestion de l'infrastructure
- 4 – Les dépendances vertes : un milieu vivant

C – Impacts sur les déplacements de la faune

- 1 – Des déplacements à différentes échelles
- 2 – La faune terrestre
- 3 – La faune aérienne
- 4 – La faune semi-aquatique
- 5 – La faune aquatique

Partie 2 : LES MESURES D'INSERTION : EVITER, SUPPRIMER, REDUIRE, VOIRE COMPENSER

A – La prise en compte de la biodiversité dans les ILT

- 1 – Les grands principes
- 2 – La conduite des études biodiversité

B – Les mesures d'insertion

- 1 – Rappel des notions
- 2 – Critères d'efficacité des mesures d'insertion « Biodiversité »

C – Les différents ouvrages de franchissement

- 1 – Les ouvrages spécifiques
 - Les ouvrages supérieurs
 - Les ouvrages inférieurs
- 2 – Les ouvrages mixtes
 - Les ouvrages supérieurs
 - Les ouvrages inférieurs
- 3 – Les clôtures : également une fonction de protection de la faune

C – L'efficacité des ouvrages de franchissement

- 1 – Des ouvrages efficaces si bien réalisés
- 2 – Insertion des ouvrages de franchissement dans le paysage
- 3 – La gestion des ouvrages

Partie 3 : DES ENJEUX ET DES MESURES POUR LA PRISE EN COMPTE DE LA TVB

A – Les enjeux pour un projet d'ILT

B – Les enjeux pour une ILT existante

Partie 4 : VERS UNE COMPATIBILITE TVB – ILT

A – Les limites des approches actuelles

- 1 – Les études préalables aux projets d'ILT
- 2 – Les mesures d'insertion
- 3 – L'entretien et la gestion des ILT, des emprises et des ouvrages de franchissement

B – La TVB, une aide pour améliorer la transparence écologique des ILT

- 1 – La TVB, des "corridors" mais aussi des "grands ensembles naturels"
- 2 – Pour le positionnement des tracés des projets d'ILT
- 3 – Pour l'amélioration de la transparence des ILT existantes
- 4 – L'importance de l'implication de l'ensemble des acteurs locaux

C – La TVB, un outil national et local

D – La TVB aux différentes étapes de la vie d'une ILT

E – Proposition de démarche de hiérarchisation des enjeux de transparence écologique des ILT

- 1 – Les critères à prendre en compte
 - Pour ILT en projet : le choix du tracé et des mesures
 - Pour ILT en exploitation
 - Pour l’implantation des ouvrages de franchissement
 - Pour la restauration de la transparence
 - Pour la localisation des mesures de compensation pour le choix d’entretien des ILT et de leurs emprises

- 2 – Données nécessaires pour hiérarchiser les enjeux de transparence
 - a- besoins de données sur les ILT
 - données nécessaires sur l’ILT analysée
 - données nécessaires sur le réseau des différentes ILT proches (analyse des effets cumulés)
 - données nécessaires sur le réseau régional des différentes ILT
 - b- besoins de données sur le fonctionnement écologique du paysage traversé et sur les populations présentes pour préciser la TVB locale
 - différentes échelles d'analyse
 - fonctionnement écologique du paysage traversé et populations

- 3 – Hiérarchisation des enjeux de transparence des ILT
 - L'échelle d'analyse : le tronçon
 - Cas des ILT en projet
 - Cas des ILT en exploitation
 - caractéristiques des tronçons à enjeu majeur
 - caractéristiques des tronçons à enjeu local
 - caractéristiques des tronçons à peu d'enjeu

Conclusion

Texte

INTRODUCTION :

Rappel de l'objectif du guide

Ce guide fait partie des documents produits en appui de la mise en œuvre de la loi Grenelle 2 pour sa partie Trame Verte et Bleue en France. Il complète les documents « Grands enjeux et choix stratégiques de la Trame Verte et Bleue en France » et « guide méthodologique ».

Il a pour objectif de faire part aux services de l'Etat en charge des infrastructures linéaires de transport (DGITM, Sociétés concessionnaires d'autoroutes, RFF, VNF, RTE...) des orientations nationales concernant la transparence écologique des infrastructures linéaires de transport. Ces orientations s'appliquent aux infrastructures que l'Etat a sous sa responsabilité mais peuvent être un support d'aide à la réflexion pour tous les aménageurs et en particulier les collectivités territoriales.

Rappel du contexte de la TVB

Les réflexions menées par le Groupe 2 « Préserver la biodiversité et les ressources naturelles » du Grenelle de l'Environnement ont abouti à la décision de mettre en place sur le territoire national une Trame Verte et Bleue. Cette trame doit permettre de limiter la diminution de la biodiversité, y compris pour les espèces ordinaires, de permettre aux écosystèmes de continuer à rendre des services écologiques indispensables à notre vie et ce dans un contexte de changement climatique. La trame verte et bleue nationale doit constituer une infrastructure écologique du territoire sur laquelle doit s'inventer un aménagement durable et qui contribuera à l'amélioration du cadre de vie aussi bien dans les paysages urbains que ruraux.

Les changements très rapides¹ des conditions climatiques prédits vont nécessiter des déplacements d'espèces car elles n'auront pas le temps pour évoluer et s'adapter localement.

Contexte très large de l'impact global des infrastructures de transport sur la biodiversité

Deux causes majeures de la diminution de la biodiversité sont l'augmentation des surfaces artificialisées² et le développement des infrastructures qui fragmentent tous types de milieux. Le doublement depuis 1945 en moyenne des surfaces artificialisées s'est accompagné d'une intensification des échanges commerciaux et des déplacements entraînant la densification du réseau de transports (en km de voirie mais aussi en largeur de routes) et l'augmentation du trafic. Ceci a contribué à augmenter fortement la fragmentation des espaces naturels et semi-naturels.

Longueur des infrastructures de transport (source IFEN, 2006)

En km	1980	2003
Ensemble des autoroutes	4862	10389
Ensemble du réseau routier national ³	33377	36259
Longueur totale voies ferrées exploitées	34362	30990
Dont ligne à grande vitesse	0	1540
Dont lignes parcourues par TGV	0	7165

¹ Pour 22 papillons non-migrateurs européens (sur 35 étudiés), leur limite Nord de distribution a progressé de 35 à 240 km vers le Nord au cours du XX^{ème} siècle.

² Les surfaces artificialisées comprennent les zones urbanisées, industrielles et commerciales, les réseaux de communication, les mines, décharges, chantiers, les espaces verts urbains et les équipements sportifs et de loisirs.

³ Ne comptabilise que la longueur des routes nationales, le réseau départemental et de moindre importance n'est pas pris en compte.

Les conséquences du développement des infrastructures de communication sur la faune et les habitats sont multiformes :

- destruction directe ou induite des milieux naturels,
- simplification excessive et croissante des écosystèmes pouvant altérer voire compromettre leur fonctionnalité,
- mise en danger des communications biologiques dans les écosystèmes restants,
- mortalité accrue due à la circulation.

Carte 1. Les grands réseaux d'infrastructure ILT et VN en France

A trouver

Carte 2. Un exemple régional : les réseaux d'infrastructures dans la région Rhône-Alpes

Carte demandée à conseil régional RA (H. Guillo) : n'a pas le réseau de VN

Parmi les 15 grands choix stratégiques de la politique « trame verte et bleue », les points 10 à 13 concernent les infrastructures linéaires, ce dernier point partiellement.

Le point 10 reconnaît le rôle des infrastructures linéaires existantes dans la fragmentation des paysages et l'isolement des populations. L'enjeu est, en travaillant au niveau des grands types de paysage, de restaurer les continuités écologiques en priorité pour les ouvrages les plus problématiques dans les zones à enjeux les plus importants.

Pour les projets d'infrastructures nouvelles, le point 11 précise que la prise en compte des impacts sur les continuités écologiques doit être faite très en amont du projet et doit être conduite à l'échelle de l'écologie du paysage, bien au delà des fuseaux d'étude traditionnels.

Sous certaines conditions, par exemple dans des zones de grande culture, les dépendances vertes des grandes infrastructures peuvent constituer des corridors (point 12).

Le point 13 recommande que le schéma régional de cohérence écologique aborde la question de la maîtrise d'œuvre pour des projets de restauration des continuités écologiques et trouve les solutions les plus adaptées à chaque cas de figure, par exemple en faisant porter le projet par des collectivités territoriales ou leur regroupement.

La pression exercée par les infrastructures linéaires de transport sur la biodiversité peut être évitée, limitée ou compensée en tout ou partie par des choix judicieux de tracé, des aménagements adaptés de passage, la création de nouveaux milieux, des modes de gestion des emprises et de l'environnement de la voirie⁴.

Le plan d'action Infrastructures de transports terrestres de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité

Conformément à ses engagements internationaux, européens et nationaux, la France s'est dotée en 2004 d'une stratégie nationale pour la biodiversité (SNB). L'intégration de la biodiversité dans les politiques publiques s'est développée au travers de **plans d'action sectoriels** ou **territoriaux** qui regroupent des actions spécifiques et transversales. Parmi les dix plans lancés en 2005, un plan d'action concerne les infrastructures de transports terrestres.

"L'objet de ce plan est de contribuer aux finalités de la stratégie nationale par une meilleure prise en compte des enjeux, d'une part, dans l'élaboration des projets, la construction, l'entretien et l'exploitation des infrastructures de transports métropolitaines (routes et autoroutes certes, mais aussi voies ferrées et voies d'eau) et dans la formation, la sensibilisation et le travail quotidien des personnels assurant ces tâches, d'autre part".

Il vise à :

- optimiser les tracés ;
- mobiliser toute l'expertise écologique requise ;
- limiter l'usage de biocides dans l'entretien des dépendances ;
- **respecter ou restaurer les corridors écologiques** ;
- former et sensibiliser les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre ;
- établir des partenariats avec la communauté scientifique.

⁴ Guide technique « Aménagements et mesures pour la petite faune », SETRA, 2005.

Les enjeux du plan sont la diminution de la consommation d'espace, de la fragmentation du territoire et des atteintes à l'environnement. Il met également en avant les effets induits d'une infrastructure comme le mitage par l'urbanisation diffuse, les aménagements fonciers, et leurs corollaires de nuisances....

Le plan d'action "Infrastructures" vise avant tout à améliorer les pratiques, les outils et méthodes de travail. Sur le terrain, l'évolution durable des comportements et des pratiques s'accompagne nécessairement d'une sensibilisation des agents sur les enjeux et le bien fondé de leurs actions. La sensibilisation et la formation sont des axes majeurs de la mise en œuvre du plan.

Dans cet objectif, le Sétra, service technique du MEEDDAT, en collaboration avec le Réseau Scientifique et Technique (RST), élabore des documents d'information, des guides techniques, des supports pédagogiques, pour apporter aux services de l'Etat, aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et gestionnaires d'infrastructures de transport, les éléments d'explicitation, de cadrage et les propositions d'actions nécessaires pour intégrer la biodiversité dans leur projet.

Le plan d'action "Infrastructures de transports terrestres", et les outils proposés (notes d'information, guides techniques, mallette pédagogique...) sont élaborés pour répondre à cet objectif de protection en :

- améliorant la compréhension et l'application des textes réglementaires ;
- éclairant les choix politiques et techniques ;
- indiquant l'ingénierie de l'état de l'art la mieux adaptée.

Partie 1 : LES PRINCIPAUX IMPACTS DES ILT SUR LA BIODIVERSITE

Les infrastructures de transport terrestres engendrent différents types d'effets sur les milieux naturels (habitats), la faune et la flore selon différents processus qui vont s'enchaîner dans l'espace et le temps (cf. Figure 1).

A – Nature des impacts

1 – Impacts directs

Les impacts directs des infrastructures linéaires de transport sont avant tout liés à son emprise. L'ouvrage fragmente les habitats et les populations locales. Les conséquences sont la réduction des surfaces d'habitats disponibles, la distribution de ces habitats en mosaïque, les effets de coupure des continuums écologiques.

La fragmentation du territoire, la création de coupures et l'artificialisation des sols, auxquelles contribuent les infrastructures et la croissance de l'urbanisation, entraînent une érosion de la diversité biologique, mais aussi un appauvrissement de la diversité des paysages.

Les travaux de construction (dégagement des emprises et terrassements) sont les opérations les plus traumatisantes. Ils détruisent les habitats et les espèces dans les emprises mais également dans des secteurs plus ou moins éloignés des chantiers (zones d'emprunt et de dépôt).

Les milieux aquatiques sont directement concernés par la suppression des accès aux zones de reproduction, de croissance et de nourrissage (risquant d'entraîner la disparition d'espèces) et la modification/dégradation de la qualité physico-chimique des eaux.

La collision avec les véhicules est un impact direct des infrastructures en phase exploitation. La circulation est à l'origine de dérangements (bruit, lumière, pollution) mais c'est à travers la mortalité animale par collision que l'effet du trafic est le plus visible.

2 – Impacts indirects

Par « effet dominos », la diminution des superficies disponibles ou la modification de la qualité des habitats peut affecter une espèce mais aussi tous les êtres vivants qui interagissent avec elle.

Pour les milieux aquatiques, les modifications d'habitats se traduisent notamment par un changement du tracé d'un cours d'eau, la modification de la vitesse de l'eau ou la modification des caractéristiques physiques.

L'aménagement d'une ILT facilite également la dispersion d'espèces invasives, en particulier lorsque les terrains sont laissés à nu suite au défrichement des emprises. La colonisation de certaines espèces allergènes telle que l'ambrosie peut avoir des conséquences importantes sur la santé humaine (Sétra, 2003). Le retour d'expérience montre qu'il est possible, en ce qui concerne le domaine routier, de mettre en œuvre des mesures simples et appropriées pour lutter efficacement contre l'ambrosie : en engageant parallèlement des démarches d'information, de traitement et de prévention.

3 – Impacts induits

Souvent sous-estimés, les effets induits par l'ouvrage sont souvent, au bilan, supérieurs aux effets directs de l'infrastructure. Si des effets directs peuvent être maîtrisés par un maître d'ouvrage, en revanche les aménagements fonciers dits compensateurs sont difficilement maîtrisés et jamais - à notre connaissance - compensés.

L'aménagement foncier est l'effet induit le plus prégnant. Les rares études sur le sujet montrent que l'intensité de l'impact des restructurations foncières et des opérations connexes est très supérieure aux effets directs du projet d'ILT (travaux connexes dont curages, recalibrages, arrachage de ripisylves, drainages...).

Travaux de construction

(défrichements et terrassements) :
Ils détruisent les habitats et les espèces dans les emprises mais également dans des secteurs plus ou moins éloignés des chantiers (zones d'emprunt et de dépôt).
Les milieux terrestres et les milieux aquatiques sont affectés à des degrés divers.

*Enrochement
des berges*

Emprunts

●.....
L'ouvrage fragmente les habitats et les populations locales. Les conséquences sont complexes et recouvrent principalement deux aspects : la réduction des surfaces d'habitats disponibles et la distribution de ces habitats en mosaïque.

*Augmentation des
distances entre les
habitats résiduels*

*Création de
nouvelles lisières*

*Morcellement
des habitats*

Effet corridor

●.....
La circulation est à l'origine de dérangements mais c'est à travers la mortalité animale par collision que l'effet du trafic est le plus visible.

●.....
Les effets induits par l'ouvrage sont souvent sous-estimés. Cependant, les effets indirects liés aux aménagements connexes lors des restructurations foncières se manifestent de manière multiforme et sont souvent, au bilan, supérieurs aux effets directs de l'infrastructure.

Contamination

Figure 1. Les impacts des infrastructures – Source : Sétra, 2005.

Par exemple, le bilan de l'observatoire écologique de l'A36 révèle que l'impact de la construction de l'autoroute dépasse largement les emprises et se manifeste de telle façon que les effets indirects de l'aménagement foncier sont finalement plus importants que les incidences directes de la construction de l'autoroute (Sétra, 2005). La construction de l'autoroute et l'aménagement foncier qui l'a accompagnée ont profondément modifié la mosaïque des habitats de la vallée. En 2 ans, la réorganisation du parcellaire et les aménagements ont bouleversé la mosaïque des taches d'habitats dans la vallée : d'herbagère elle est devenue céréalière. Or la distribution des vertébrés terrestres est essentiellement déterminée par les caractéristiques de la végétation, si bien que l'altération des communautés végétales (l'habitat) consécutive à l'aménagement s'est traduite par la disparition de quatre espèces animales et par une baisse des effectifs des autres espèces qui se maintiennent toujours dans la vallée, mais dont l'abondance a chuté par suite de la réduction des surfaces d'habitats utilisables et de l'insularisation de la vallée.

La superficie perturbée par un aménagement foncier consécutif à un aménagement autoroutier est de l'ordre de 200 ha/km (20 fois l'emprise) mais cela peut aller jusqu'à 550 ha/km (cas de l'A26 dans la Marne). Le fait que les effets souvent très significatifs de l'aménagement foncier (mesure par ailleurs utile et légitime pour les agriculteurs) ne soient pas pris en compte dans l'étude d'impact de l'infrastructure conduit à une sous-évaluation importante de l'impact de l'infrastructure sur la continuité écologique.

Autres effets induits, le développement de zones d'activité et les extensions du bâti à proximité des échangeurs. Par ailleurs, la conception d'échangeurs a également de fortes répercussions sur le développement des territoires et par conséquent sur les fonctions de la voie. En ce sens, leur présence peut induire le développement de zones d'activités et agir sur l'extension de l'urbanisation dans des secteurs jusque là faiblement urbanisés. Leur positionnement et leur traitement doivent être conçus à la fois vis-à-vis de leur insertion physique dans le site mais aussi au regard de l'implantation des activités et des fonctions à terme de la voie (desserte, transit).

En conséquence, il apparaît un besoin d'anticipation et de vision d'un aménagement sur le long terme. Les études récentes montrent un manque de lien scientifiquement injustifiable entre les études d'impact sur l'environnement faites à l'occasion du projet routier et les études environnementales de l'aménagement foncier en tant que tel. Or, les mesures compensatoires engagées lors de l'aménagement foncier sont cependant intimement liées au projet de paysage pour l'infrastructure et à l'évolution globale du paysage.

Des pistes sont à explorer pour limiter les effets induits observés :

- la rédaction d'une charte d'aménagement foncier ;
- l'orientation de développement durable à l'agriculture, au développement rural et plus largement à l'aménagement du territoire ;
- fondre les projets d'infrastructures, d'aménagement foncier et de travaux connexes en un seul programme cohérent pouvant se traduire par des « schémas de secteurs » ;
- améliorer les cahiers des charges des différentes études d'environnement et d'impact dans un « périmètre de programme » ;
- privilégier les simples réorganisations foncières ;
- exclure certaines entités écologiques ou paysagères des périmètres d'aménagement foncier.

L'aménagement foncier peut également être l'occasion de créer des potentialités de reconquête des structures paysagères (support des habitats).

4 – Impacts cumulés

Le cumul des différents effets, directs ou indirects, temporaires ou permanents, peut finir par porter gravement atteinte aux populations animales et végétales, voire menacer leur pérennité.

Ce cumul des impacts est assez mal connu et n'est à notre connaissance jamais évalué, parfois abordé dans certains dossiers d'incidences Natura 2000. Cette lacune reste à combler.

5 – Impacts temporaires et permanents

Pour un même effet, tel que la réduction de la superficie des habitats, les impacts peuvent être temporaires (en phase de chantier), définitifs (perte d'habitats correspondant aux emprises, conduisant à la rupture des continuums écologiques) ou induits suite aux opérations d'aménagement foncier (réorganisations foncières).

Dans le cas d'une occupation temporaire d'espace (dépôts/emprunts), il ne s'agit pas d'une perte directe d'espace mais plus d'une modification de la qualité des habitats. Si en règle générale, cette modification des habitats entraîne un appauvrissement local de la richesse faunistique, et, le plus souvent, une perte des caractères d'authenticité des milieux, dans certaines situations, cette modification peut être « bénéfique » et constituer un gain en terme de biodiversité (exemple de l'A31 : Carrière de la Chalandrue).

La phase travaux est une phase temporaire et délicate qui peut se révéler traumatisante pour les milieux naturels. Si l'on prend l'exemple des milieux aquatiques, les risques pour l'environnement sont nombreux (Sétra, 2007), dont certains peuvent présenter des effets à long terme sur les habitats et la continuité écologique :

- intervention en lit mineur de cours d'eau : passage de rives, mise en place d'ouvrages préfabriqués, dérivation, atteinte de la ripisylve, ... ;
- intervention en zone de protection (zone humide, site protégé, Natura 2000, réserve naturelle...);
- rabattement de nappes ;
- pollutions accidentelles.

En dehors de la phase chantier, la phase la plus impactante pour les milieux aquatiques est la conception des ouvrages de franchissement de cours d'eau. Un ouvrage mal conçu ne sera pas compatible avec l'ensemble des fonctions qu'il devra rétablir et sera difficile ensuite à repositionner ou à réaménager pour le rendre franchissable. De plus, afin d'assurer la continuité écologique, les berges doivent être continues et sans obstacle pour permettre le libre déplacement de la faune terrestre inféodée aux milieux aquatiques (loutre, vison, castor, putois...). La reconstitution de ripisylve, sa sauvegarde, sa protection en phase travaux, constituent des enjeux essentiels à la bonne intégration d'une ILT dans l'environnement.

B – Impacts sur les habitats et les espèces en lien avec la continuité écologique

1 – Impacts de l'ILT

Les impacts d'une infrastructure sur les habitats et les espèces sont divers : destruction par les opérations de terrassement, dégradation par des pollutions, mortalité par collisions, dérangements, Mais la principale cause de régression et de disparition est la fragmentation dont les conséquences sont complexes et multiples.

La fragmentation est un double phénomène de diminution de la surface d'habitat (ou du domaine vital) disponible et d'augmentation de l'isolement des fragments (Sétra, 2005), avec plusieurs conséquences : pertes d'habitats ou modifications d'habitats utilisables (effet de « substitution »), morcellement des habitats en mosaïques, augmentation des distances entre les taches d'habitats résiduels, difficultés pour les espèces animales et végétales à se disperser, appauvrissement génétique.

Dans les eaux courantes, la fragmentation d'un cours d'eau présente les mêmes impacts directs, mais les effets sont encore plus marqués que dans les milieux terrestres du fait de la spécificité des caractéristiques physiques et physico-chimiques nécessaires à la faune piscicole pour assurer les différentes phases de son cycle de vie.

À gauche : modèle « Source-puits » : la persistance des populations dans les taches d'habitats réduits (3) nécessite un réapprovisionnement à partir de la population source (2). Dans ce modèle la solidarité source (habitat de bonne qualité, étendu, abritant des populations excédentaires) et puits (fragments d'habitat abritant des populations déficitaires) maintient les échanges. Le déficit de l'un est compensé par l'immigration en provenance de la source via des habitats relais (5) ou du corridor écologique multifonctionnel (4).

1. Matrice agricole
2. Tache d'habitat forestier étendu (lisière + milieu intérieur)
3. Tache ou fragment d'habitat de taille réduite (3 (1) ; 3 (2) ; 3 (3) ; 3 (4))

À droite : modèle « Archipel » : l'autoroute et le remembrement « article 10 » fractionnent les habitats étendus (2), interrompent le corridor (4), et suppriment des taches et fragments d'habitats relais (3-2), (5).

== Autoroute

4. Corridor écologique multifonctionnel (4 (1) = habitat, 4 (2) = source, 4 (3) = conduits)
5. Éléments relais : tache de petite taille située entre deux zones d'habitats favorables

Figure 2. Fragmentation des habitats par une infrastructure – Source : Sétra, 2005.

L'effet de barrière peut dans certaines conditions exceptionnelles être bénéfique, par exemple en limitant la propagation d'épizootie. L'autoroute A4, dans l'Est de la France, constitue ainsi une limite à la propagation de la peste porcine du sanglier et a probablement ralenti celle de la rage du renard avant les campagnes de vaccination.

2 – Impacts de la circulation routière

Le dérangement et les collisions sont les principaux effets liés à la circulation routière.

La mortalité est l'effet le plus visible de la circulation sur la faune. Les collisions sur l'ensemble du réseau routier entre les véhicules et la faune (sauvage ou domestique) sont difficiles à estimer. Toutefois, elles ont été évaluées à près 23 500 par an pour les grands ongulés (cerf, chevreuil, sanglier) (Sétra, 2008). L'analyse des fichiers BAAC (Bulletin d'Analyse d'Accident Corporel dressé par les forces de l'ordre en cas d'accident corporel) entre 2000-2005 montre que moins de 1% du total des accidents implique la faune (soit environ 300 accidents graves), et sont responsables d'une vingtaine de morts par an.

En valeur absolue, la mortalité constitue un prélèvement impressionnant sur la faune riveraine tant en biomasse qu'en nombre d'espèces ou d'individus. Mais en général, on surestime ses conséquences sur la dynamique des populations car elle menace généralement moins que l'effet de barrière. Elle peut toutefois s'ajouter avec d'autres types de mortalité et peut ainsi fragiliser certaines populations insularisées en éliminant les jeunes à l'essaimage, en tuant les adultes établis ou les couples reproducteurs situés à proximité de la voie.

La phase d'exploitation d'une infrastructure de transport est à l'origine de dérangements, plus ou moins importants pour la petite faune. Il peut s'agir d'un dérangement dû au bruit, aux lumières, aux vibrations,... Les vibrations et les lumières constituent une gêne reconnue pour certaines espèces (chauves-souris, reptiles, chauves-souris, hamsters, amphibiens...). Les effets du bruit de la circulation restent à confirmer.

De nombreux exemples attestent de la complexité du problème lié au dérangement en phase d'exploitation. On retiendra surtout que les routes favorisent les espèces ubiquistes et opportunistes de lisière qui s'accommodent des nuisances générées par la circulation alors que les espèces forestières des milieux d'intérieur calmes s'éloignent des voies de communication. D'où l'enjeu de la préservation de zones de calme de grande taille.

En effet, pour les espèces habituées à vivre à proximité des hommes, l'emprise ou les équipements des voies constituent des habitats potentiels de vie (couleuvres, certaines chauves-souris). A l'inverse, les espèces plutôt technophobes telles que le lynx, le chat sauvage ou le vison, n'utilisent pas les emprises ou les équipements des voies comme des habitats principaux ; elles empruntent toutefois des passages inférieurs de petites dimensions et n'hésitent pas à traverser les voies.

Le dérangement dans un habitat restreint et isolé peut toutefois être fatal aux populations sensibles : une population dérangée abandonne son territoire ou survit dans des conditions difficiles. Le stress, les dépenses d'énergie dues à des déplacements incessants pour la recherche d' « espaces de tranquillité » affaiblissent les animaux, les rendant plus sensibles à d'autres facteurs tels que les intempéries ou la maladie.

3 – Impacts liés à l'entretien, la gestion de l'infrastructure

L'entretien est l'ensemble des actions entreprises pour maintenir la qualité d'une infrastructure de transport afin d'assurer aux usagers des conditions de sécurité et de confort définies (Sétra, 2004).

Parmi les différents types d'action d'entretien, on citera :

- la gestion mécanique : fauchage, débroussaillage mécanique, entretien des arbres et des arbustes, ... ;
- le curage des fossés : consiste à reprofiler les fossés en les débarrassant des sédiments et de la végétation qui peuvent gêner l'écoulement des eaux de ruissellement de la chaussée ;
- l'entretien hivernal : des fondants routiers sont utilisés par les services d'entretien hivernal des routes pour lutter contre les gênes occasionnées par les intempéries hivernales ;
- l'utilisation de produits chimiques pour l'entretien des dépendances vertes : désherbants totaux, herbicides sélectifs, débroussaillants, limitateurs de croissance...

Les pratiques d'entretien peuvent, selon leur nature et leur intensité, figer la végétation ou la laisser évoluer vers une formation plus naturelle (Sétra, 1994).

L'entretien peut interrompre la dynamique naturelle de la végétation. Le fauchage, en maintenant un couvert herbacé empêche la colonisation par les espèces ligneuses. Le désherbage chimique engendre une dynamique végétale différente de celle naturelle, ou empêche toute dynamique. Il en résulte une faible diversité floristique, voire la déstabilisation des bords de route par érosion du sol.

L'importance des impacts (pollutions, modification d'habitats...)est fonction de la sensibilité du milieu récepteur et des espèces présentes.

Figure 3. Effets d'un traitement d'un bord de route aux herbicides– Source : De Redon, 2008.

A l'inverse, les opérations de semis d'espèces adaptées aux conditions locales favorisent la dynamique naturelle. Une gestion qui favorise la pousse de ligneux, arbustes et arbres, le fauchage réduit, ... est également favorable au développement d'une végétation naturelle.

La gestion différenciée de ces espaces est un élément important de la gestion des bords de route qui doit être défini clairement et compris par les équipes d'intervention. Il s'agit de maintenir un entretien très régulier dans les zones où la sécurité l'exige (bordure immédiate) et de laisser le milieu naturel s'exprimer dans les autres zones comme les talus et les surlargeurs, en minimisant la fréquence des interventions. Les opérations de gestion peuvent se caractériser par :

- une fauche annuelle tardive pour laisser les larves d'insectes vivant sur les plantes arriver à maturité ou pour laisser monter en graine certaines espèces végétales ;
- une limitation des traitements chimiques (engrais, amendements, phytosanitaires, etc.) ;
- l'absence de fauche dans certains secteurs.

1. Accotement : fauchage intensif
2. Fossé enherbé : fauchage intensif
3. Talus proche de la voie : fauchage tardif annuel
4. Talus géré en pelouse extensive : fauchage tardif tous les 2 à 3 ans
5. Emprise recolonisée
6. TPC végétalisé
7. Bande arborée plantée
8. Lisière recolonisée à partir de la végétation locale
9. Boisements hors emprise (semenciers)

La gestion différenciée permet un agencement des habitats en bandes depuis la chaussée jusqu'aux limites d'emprises offrant des niches variées pour nombre d'espèces animales. La faune utilise au moins pour une part de son activité ces habitats et corridors reliant différentes zones naturelles proches de l'infrastructure.

Figure 4. La gestion différenciée des dépendances vertes – Source : Sétra, 2005.

Le paragraphe suivant développe les impacts concernant plus particulièrement les dépendances vertes.

4 – Les dépendances vertes : un milieu vivant

- **Des milieux neufs ayant un intérêt écologique :**

Les dépendances routières constituent des zones de transition et d'échange entre les habitats constitutifs des paysages traversés. Elles permettent l'insertion des infrastructures dans les paysages traversés tout en offrant des possibilités de refuge ou d'habitat pour la faune.

Lorsque certaines conditions sont réunies, les dépendances routières peuvent alors accueillir une faune parfois originale (amphibiens, reptiles, mammifères) avec des espèces qui vont réaliser tout ou partie de leur cycle biologique (nourriture, repos, reproduction, déplacement) dans ces milieux de substitution. Elles remplissent alors un rôle de réservoir biologique (source) et de corridor écologique (connexions avec d'autres réseaux existants) sous réserve que la mortalité due à la circulation automobile ne transforme pas ces habitats de substitution en « puits démographique ». Certaines espèces évitent ces habitats (espèces spécialistes), d'autres l'intègrent dans leur territoire (les carnivores tels le renard, les nécrophages), d'autres enfin y vivent (le campagnol roussâtre, les serpents).

Les dépendances vertes peuvent constituer des habitats de substitution originaux pour la faune et cette fonction est d'autant plus intéressante que les espaces traversés sont dégradés et anthropisés. L'intérêt écologique des dépendances vertes est particulièrement significatif en milieu agricole de grande culture où la biodiversité a beaucoup reculé depuis les années 1950 du fait de l'aménagement foncier, de la suppression des haies, de l'utilisation de produits chimiques et de la mécanisation. Plusieurs services sont rendus à l'homme par cette diversité biologique (services écosystémiques) locale (stabilisation des populations d'insectes ravageurs, maintien de la fertilité et de la qualité des sols, limitation des pollutions liées à la route, ...). En milieu agricole intensif, les bords de route

peuvent constituer des zones d'habitat ou refuge pour de nombreuses espèces de plantes et d'animaux (insectes, mammifères, oiseaux), mais aussi de corridor (continuité biologique) permettant la dispersion de la flore et la faune entre des éléments naturels isolés au sein d'un paysage hautement fragmenté. En effet, si une infrastructure linéaire crée une discontinuité transversale, elle peut constituer un corridor longitudinal si ses dépendances sont bien gérées et si les passages routiers supérieurs ne les entravent pas.

Dans le cadre de ses recherches en Seine-et-Marne, De Redon (2008) a ainsi recensé en bord de route a minima 25 à 30% de la flore totale du département et une richesse dix fois plus importante que dans les champs alentours, dont plusieurs espèces rares ou protégées.

Il existe d'intéressantes opportunités de valorisation des dépendances vertes ou des zones d'emprunts au profit d'une amélioration de la continuité écologique pour certaines espèces, mais qui sont trop souvent négligées. Il est possible de mobiliser ces potentialités à la fois lors de la conception initiale des projets, mais il est également parfois possible de le faire même sur des infrastructures en service, ce qui peut être intéressant pour la trame vert et bleue.

Par ailleurs, la réalisation d'infrastructures entraîne souvent la création de délaissés dans les emprises qui peuvent permettre des aménagements en faveur de la nature. L'état initial de l'environnement permet de proposer des réhabilitations ou des créations de ces milieux adaptées aux réalités de terrain (sol, hydrologie, végétation environnante) et convenant aux espèces endogènes proches. Il est conseillé de s'appuyer sur les espèces végétales locales et de les structurer afin de s'approcher le plus possible des habitats environnants.

Le rôle potentiel de corridor écologique doit cependant être relativisé par rapport aux impacts globaux d'un aménagement routier. De plus, la morphologie particulière des dépendances vertes est favorable plutôt à des espèces ubiquistes et opportunistes (les espèces spécialisées sont rarement présentes dans les emprises routières).

- **Les pressions anthropiques :**

Si les bords de route offrent des opportunités en terme de biodiversité, leur biodiversité demeure globalement faible et fortement impactée par les pressions anthropiques. Dans des milieux d'agriculture intensive, leur continuité sur de long linéaires peut permettre aux bords de route gérés dans un objectif de préservation de la biodiversité d'avoir un rôle de corridor pour des espèces communes. Les impacts sont liés à la nature de la route, à leur usage ou à leur entretien (De Redon, 2008).

- La largeur de l'emprise joue un rôle important sur la biodiversité : elle conditionne l'utilisation des dépendances vertes en tant que zone d'habitat ou zone de dispersion. Elles ont également un effet important de régulation des populations. Par exemple, l'importance des emprises semble avoir un effet important sur la régulation des populations de campagnols des champs, *Microtus arvalis*, sujettes à des explosions démographiques préjudiciables aux cultures ;
- L'importance de la présence de haies en bordure de route a été également démontrée. Elles permettent la protection d'une flore plus diversifiée, l'installation de communautés originales associées à la présence de haies, ainsi que des effets "corridor" ;
- Les modes de gestion jouent un rôle important sur la biodiversité des bords de route. Une expérimentation faite en paysage agricole a mis en évidence que, de manière générale, une modification du calendrier de fauche ne semble pas avoir d'effet notable sur la biodiversité sans changer les pratiques en profondeur. Ces résultats, associés à des tests de "fauchage tardif" montrent clairement que la meilleure prise en compte de la diversité des bords de route passe par un changement global des pratiques (comme le passage de trois à une fauche), et non par une adaptation à la marge telle que le décalage dans le temps d'une fauche.

- **La nécessité d'une gestion raisonnée :**

L'entretien des dépendances vertes est avant tout nécessaire pour garantir le maintien des fonctions techniques des dépendances (stabilité de l'infrastructure, recueil et évacuation des eaux de pluie, implantation des équipements routiers...) et de sécurité liées au fonctionnement des infrastructures (visibilité des équipements...). Leur gestion doit permettre de concilier le maintien de la végétation avec les contraintes d'exploitation de l'infrastructure.

Le fauchage intensif, souvent employé, est une pratique assez pénalisante pour la biodiversité. Il aboutit à un couvert d'aspect verdoyant mais peu fleuri avec un nombre d'espèces très limité, dominé par les graminées. Une fréquence de coupe élevée empêche de nombreuses espèces de fleurir, fructifier, disséminer leurs graines et germer. Elle favorise les plantes à stolons, les plantes à croissance rapide comme certains chardons, l'extension des espèces à faible croissance et les plantes agressives, au détriment des espèces à grand développement.

On note aujourd'hui une évolution des pratiques vers un fauchage plus "raisonné", dans le sens d'une rationalisation des moyens humains et économiques (rationalisation des opérations, mutualisation des moyens, fréquence des opérations...) et une meilleure prise en compte des enjeux environnementaux (enjeux de conservation et de développement des caractéristiques écologiques et paysagères, insertion dans le paysage, protection des habitats...). Ainsi, le fauchage tardif est une solution intéressante. Il favorise une bonne conservation de la diversité biologique, permettant à la majorité des espèces d'accomplir leur cycle biologique complet, tout en éliminant l'apport végétal produit chaque année.

C – Impacts sur les déplacements de la faune

Le **domaine vital** d'un animal inclut plusieurs zones fonctionnelles qui varient au cours du temps : zone d'alimentation, zone de reproduction, zone de croissance ou zone d'hibernation. Des déplacements, via des corridors écologiques identifiés, sont entrepris pour gagner l'habitat favorable de la phase suivante du cycle biologique. L'essaimage des jeunes et la conquête de nouveaux territoires sont également des déplacements indispensables pour la survie des populations.

Tableau 2. Exemples d'étendus de domaines vitaux – Source : Sétra, 2005.

Espèces	Etendue du domaine vital (en ha)
Lynx	10 000 à 40 000
blaireau	500
lièvre brun	30
hérisson	3 à 5
muscardin	0,5

La survie des individus et des populations repose sur la possibilité de réaliser ces déplacements et donc sur la pérennité des corridors écologiques. Liaison fonctionnelle entre écosystèmes ou entre habitats d'une espèce, **les corridors permettent la dispersion et la migration au sein d'un espace**. Ces structures spatiales assurent notamment la connexion entre deux sous-populations et permettent ainsi la migration d'individus (plantes ou animaux) et donc un flux de gènes entre les populations. En fonction de leur capacité de déplacement (mode - terrestre, aquatique, aérien - vitesse) et des contraintes d'habitat (humidité pour les amphibiens), les espèces peuvent utiliser des corridors aux caractéristiques différentes (forestiers, aquatiques, milieux secs...). Ainsi, une haie disposée entre deux bosquets au sein d'un espace agricole constitue un corridor.

Le cycle des chauves-souris est guidé par la ressource alimentaire (disponibilité en insectes). Lorsque les températures diminuent et que les insectes se font plus rares les chauves-souris se regroupent pour **hiberner**.

A la sortie de l'hiver, les chauves-souris quittent leur **gîte d'hivernage**. Les femelles se dirigent alors vers les **sites de mises bas** en effectuant généralement plusieurs étapes au sein de différents gîtes intermédiaires appelés **gîtes de transit** (ces déplacements entre les différents gîtes peuvent atteindre 40 km en été et jusqu'à 100 km en hiver).

C'est à l'automne que les mâles et les femelles se retrouvent dans les **gîtes d'accouplement** pour se reproduire avant de retourner progressivement vers leur **gîte d'hibernation**.

Figure 5. Cycle d'activité et des changements de gîtes des chauves-souris – Source : Sétra, 2008.

Les routes et leurs aménagements peuvent être considérés selon les circonstances et les espèces comme des barrières, des puits, des corridors, des filtres, voire des sources.

D'une façon générale le comportement des animaux par rapport à une route est influencé par la stratégie d'occupation de l'espace de chaque espèce. Ainsi, la largeur de la voie joue un rôle important pour des animaux territorialisés. En l'absence d'ouvrages de franchissement adaptés, l'effet de coupure est alors presque total et les routes constituent pour les petits mammifères une barrière infranchissable de même nature qu'une voie d'eau.

Pour la plupart des espèces, le franchissement est associé à des phénomènes d'émigration et concerne essentiellement les animaux non territorialisés. Les traversées seront d'autant plus fréquentes que la densité d'animaux sera forte puisque c'est la pression de population qui contraint les individus juvéniles à s'éloigner de leur lieu de naissance.

L'isolement a un effet défavorable sur les densités des populations et leurs chances de survie. Il peut avoir un impact important sur la survie des métapopulations (par interruption des flux entre sites favorables pour les populations locales) et diminuer ainsi les taux de colonisation des sites vacants. La coupure provoquée par une route est également importante pour le fonctionnement des populations quand elle interrompt les flux entre les éléments d'une unité fonctionnelle. Par exemple, elle peut supprimer l'accès aux sites de reproduction (mares).

1 – Des déplacements à différentes échelles

Les questions d'échelles sont importantes dans la définition des enjeux, des connexions à rétablir et la mise en œuvre de mesures adaptées. En effet, un corridor est un élément linéaire du paysage qui peut revêtir plusieurs formes (corridors fluviaux, forestiers, haies, berges de rivières, rivages littoraux maritimes) et être abordé à différentes échelles, de la plus locale (haie) à celle d'un réseau écologique national voire supranational (dépassant les limites frontalières).

2 – La faune terrestre

Les accidents avec les grands ongulés (chevreuils, sangliers, cerfs) ont fait l'objet d'un premier recensement national en 1974, au cours duquel les pertes sur le réseau routier français avaient été évaluées à 1790 animaux tués. 10 ans plus tard, la direction des Routes avait comptabilisé 11 055 collisions avec les ongulés en 3 ans (entre 1984 et 1986). En 1993-94, un recensement partiel réalisé sur un échantillon de 25 départements avait révélé que le nombre des collisions avait été multiplié par 3 depuis le recensement précédent. Deux raisons invoquées pour expliquer cette situation : d'une part, l'essor démographique des populations d'ongulés (le chevreuil et le sanglier ont progressé partout en France et occupent des départements où ils étaient absents il y a seulement 10 ans) ; d'autre part, la circulation progresse et les automobilistes adoptent des vitesses excessives et inadaptées aux dangers potentiels (Sétra, 2003).

Différentes mesures ont été adoptées visant à réduire collisions avec la faune : empêcher les ongulés de pénétrer sur les chaussées (de façon permanente ou à l'approche des véhicules), gérer l'habitat pour éloigner les animaux des emprises, gérer les populations. Parallèlement, les automobilistes sont invités à limiter et respecter les vitesses, sont avertis à l'approche d'un danger potentiel, informés et éduqués.

Dans la phase chantier, chez les petits mammifères, les espèces cavernicoles sont probablement les plus sensibles. Si certaines peuvent fuir et déménager leur portée, d'autres périssent dans les terriers (cas du grand hamster en Alsace). Il est donc recommandé d'effectuer une reconnaissance des emprises avant les terrassements de manière à vider les terriers de leurs occupants adultes (en dehors des périodes de reproduction et d'hivernation).

D'autres espèces se déplaçant lentement peuvent être écrasées par les engins de chantier ou lors des terrassements (amphibiens, tortues). Pour prévenir ce risque il est conseillé de clore les emprises

et d'en enlever les occupants. Plusieurs exemples de ce type d'opération ont attesté de son efficacité : pour sauvegarder le grand hamster, la tortue d'Hermann ou les tortues cistude.

3 – La faune aérienne

Les collisions avec les véhicules automobiles sur le réseau routier et autoroutier sont l'une des causes les plus importantes de mortalité chez les oiseaux. Parmi les oiseaux, les rapaces présentent la plus forte mortalité par collision routière. La chouette effraie, rapace nocturne assez commun en France est de loin l'oiseau qui paie le plus lourd tribut, en moyenne entre 0,5 et 1,2 oiseaux morts par km et par an sur le réseau autoroutier (Sétra, 2006). Si l'intensification et l'industrialisation de l'agriculture participent à la régression de ces oiseaux, la menace principale sur l'espèce est celles des collisions routières (50 % de la mortalité). Les collisions sont plus fréquentes sur les autoroutes, essentiellement sur les portions en remblais (en moyenne une effraie écrasée/km/an) même si les réseaux routiers nationaux et départementaux sont également concernés. La fréquence des collisions est surtout due au comportement de vol de ce rapace nocturne qui vole entre 1,5 m à 3 m du sol, soit à hauteur des véhicules, et notamment des poids lourds. Les portions en remblais sont nettement plus accidentogènes.

La configuration de l'infrastructure et la nature des milieux qu'elle traverse sont prépondérantes dans la fréquence des collisions. La surélévation des chaussées autoroutières est un facteur significatif, 66 % de la mortalité par collision se déroulant sur une zone en remblai en rase campagne. Par ailleurs, le contraste entre une zone de culture intensive pauvre en proies potentielles et des talus enherbés dans les dépendances autoroutières riches en proies implique un attrait fort des effraies des clochers vers les talus autoroutiers. Cela augmente du même coup le risque de collision. Les zones à enjeux pour lesquelles il faut être plus vigilant pour cette espèce sont plutôt bocagères et/ou prairiales.

En conséquence, des mesures d'atténuation ne peuvent être envisagées qu'après une sérieuse étude sur la zone traversée par l'infrastructure de transport (écologie des paysages, enjeux environnementaux, mortalité par collision sur les routes existantes, couloirs de vols préférentiels). La proposition d'aménagements paysagers devra ensuite être réalisée en cohérence avec les divers habitats et espèces, les paysages, la topographie des lieux, les éléments de sécurité et les caractéristiques de la route.

Les mesures préconisées pour agir sur ces facteurs et diminuer les risques de collision sont (Sétra, 2006) :

- la limitation de l'attractivité des dépendances routières par des plantations d'arbustes, de buissons, ou des pratiques entretiens favorisant la végétation buissonnante et arbustive spontanée ;
- de hausser et de diriger le vol des oiseaux afin d'éviter les collisions directes et l'éblouissement par des plantations d'arbres et d'arbustes et, en zones urbaines, des murs antibruit, ainsi que des écrans adaptés sur les ouvrages d'art ;
- de limiter la construction des routes en remblais ;
- s'abstenir d'abattre les arbres creux ou de détruire et les bâtiments abandonnés (sites de nidifications préférentiels) en phase travaux sans vérification d'occupation préalable ;
- des nichoirs peuvent être implantés ou des sites aménagés pour compenser en partie la disparition de sites favorables à l'espèce.

En accompagnement, les travaux d'aménagement foncier doivent également intégrer l'importance de cette cohérence entre aménagements paysagers et habitats et espèces afin de ne pas détruire les milieux environnants, notamment les systèmes bocagères et prairiaux.

Figure 6. Exemple d'aménagement pour obliger les oiseaux à élever leur vol pour franchir la chaussée. Cas d'une voie routière en zone agricole – Source : Sétra, 2006.

4 – La faune semi-aquatique

Parmi les espèces semi-aquatiques, deux espèces protégées de mustélidés ont fait l'objet d'une information particulière auprès des maîtres d'œuvres d'infrastructures (Sétra, 2006) : la loutre d'Europe et le vison d'Europe. Ces deux espèces, spécifiques des milieux humides, sont inscrites aux annexes II et IV de la directive européenne « Habitats-Faune-Flore » de 1992.

Parmi les causes de leur régression, celles associées aux réseaux routier et autoroutier sont :

- le danger majeur d'extinction par cloisonnement des populations ;
- le risque de destruction, dégradation et fragmentation des habitats de type zones humides ;
- le risque de collision avec les véhicules.

Figure 7. Causes de mortalité de 69 visons trouvés morts – Source : Sétra, 2006.

Dans le cas de projets en tracé neuf d'infrastructures de transport, la problématique loutre et vison d'Europe doit être considérée dès les études préliminaires et à chaque étape du projet. Les mesures préconisées pour préserver ces espèces sont (Sétra, 2006) :

- Des dispositifs de franchissement disposant de berges : les ouvrages sont à positionner et à dimensionner au cas par cas, en fonction des pentes de berge, du régime hydraulique, de l'enjeu de la zone,... Les ouvrages les plus favorables pour le franchissement des zones humides sont les ponts de type viaduc. Ils assurent une transparence maximale du point de vue hydraulique et biologique, assurant la pérennité des zones humides sensibles dans leur fonctionnement. Dans les cours d'eau les mieux préservés, il faut privilégier un franchissement avec des ouvrages laissant suffisamment de largeur de berges naturelles, sachant que ces berges (ou tout au moins

- une partie) doivent être libres lors des plus hautes eaux. Ces aménagements sont également favorables aux autres espèces de mammifères et aux poissons. Il est donc conseillé de privilégier les ponts de type dalle selon la faisabilité technique ou encore d'autres types d'ouvrage permettant de préserver les berges. Les buses sont à éviter car elles ne permettent pas l'aménagement de telles banquettes ; on peut toutefois y adjoindre une buse sèche dont la base est au-dessus du niveau des plus hautes eaux (cf. Figure 9). Dans le cas où le réseau hydrographique est franchi en tête de bassin versant et présente une forte densité de ruisseaux, mieux vaut grillager tout le long du bassin versant, rétablir en bordure un corridor dont il faudra assurer la continuité en parallèle du grillage et placer une buse sèche tous les 500 m.
- Des aménagements des berges par les techniques du génie végétal permettent de favoriser l'accès aux cours d'eau et d'améliorer l'habitat
- Des dispositifs de protection pour que les visons empruntent les aménagements cités ci-dessus, et éviter que les animaux aient accès à la plate-forme (glissières en béton adhérent, plaques de zinc, grillages). La longueur du de protection dispositif à poser est fonction des enjeux et doit au minimum protéger le lit majeur d'un cours d'eau traversé et doit être dimensionné au cas par cas par un spécialiste.

Figure 8. Périodes favorable et défavorable à la réalisation de chantiers d'infrastructures, pour le vison d'Europe – Source : Sétra, 2006.

Figure 9. Passage à loutre disposant d'une banquette (gauche) et aménagement d'une buse sèche pour le vison (droite) – Source : Sétra, 2006.

Des mesures d'accompagnement peuvent consister en l'acquisition de terrains à restaurer ou d'espaces menacés afin, par exemple, d'établir un corridor entre deux habitats de fort intérêt et qui pourrait être d'un intérêt supérieur à l'habitat détruit.

Dans le cas de projets d'aménagement d'itinéraires existants, le maître d'ouvrage doit veiller à assurer la transparence des ouvrages en place et de ceux projetés vis-à-vis du vison et de la loutre. Les opérations de mise à niveau pour la protection du vison d'Europe sur le réseau routier existant doivent d'abord tenir compte des quatre facteurs suivants :

- les collisions ont principalement lieu en zones humides, milieux préférentiels de cette espèce ;
- elles ont lieu dès qu'un ouvrage ne présente pas de cheminement à sec ou qu'une large zone humide est traversée par l'infrastructure ;
- elles ont plutôt lieu la nuit, en période de hautes eaux, moment où les ouvrages hydrauliques existants sont saturés et période de forts déplacements du vison ;

- plus le trafic est important et plus forte est la fréquence des collisions.

Il est nécessaire de cibler les interventions sur les sites identifiés comme les plus à risques, et de profiter de programmes de travaux : élargissement de voiries, réfections d'ouvrages de franchissement, pour mettre en place des aménagements spécifiques au vison et à la loutre d'Europe. Les aménagements réalisés dans le cadre de ces mises à niveau pourront notamment consister en des aménagements d'ouvrages existants :

- dans le cas de franchissements par buses, le maître d'ouvrage doit, dans la mesure du possible, mettre en place une buse sèche en utilisant si besoin la technique du fonçage horizontal ;
- pour des ouvrages d'art de large section hydraulique, des berges artificielles pourront être aménagées ; si l'ouvrage a une section hydraulique trop faible pour un tel aménagement, un encorbellement pourra être fixé dans l'ouvrage, le plus souvent constitué de dalles en béton fixées au-dessus du niveau des plus hautes eaux à la paroi de l'ouvrage. L'important est que la berge artificielle ou l'encorbellement soit bien en connexion avec la berge à l'extérieur de l'ouvrage.
- l'utilisation des techniques de génie végétal favorisant l'accès et le passage sur les berges est à privilégier.

5 – La faune aquatique

Le besoin de libre circulation des espèces concerne aussi les écosystèmes aquatiques, aussi bien pour les espèces migratrices qui vivent une partie de leur cycle en eau douce et l'autre dans le milieu marin (espèces amphihalines, comme le saumon et l'anguille) ou pour celles qui vivent toute leur existence dans un seul type de milieu aquatique (espèces holobiotiques d'eau douce), mais qui fréquentent alors différents écosystèmes aquatiques au cours de leur cycle vital, par exemple des eaux profondes à faible courant à l'âge adulte et des eaux peu profondes et vives des têtes de bassin pour leur reproduction. Les poissons utilisent aussi différents milieux ayant leur fonction biologique propre. Cette dépendance est surtout le fait des poissons migrateurs qui exigent des zones bien individualisées (parfois séparées par des distances importantes) pour le déroulement des principales phases biologiques de leur cycle de reproduction (frai, production des juvéniles, grossissement...). Chez d'autres (gardons), les besoins sont moins marqués mais il est nécessaire de maintenir des circulations d'individus. La possibilité de circuler d'un milieu à un autre est obligatoire pour assurer la survie des espèces (poissons, grands crustacés) (Sétra, 2005).

A l'exception de l'anguille, qui dispose d'une solution alternative (terrestre) au franchissement d'un ouvrage ou d'un rejet polluant, la faune piscicole n'a pas la possibilité d'éviter une infrastructure linéaire. A l'instar de la faune terrestre, la faune aquatique dispose d'un milieu de vie beaucoup plus limité.

La continuité des milieux aquatiques apparaît donc comme une donnée indispensable, mais elle ne se suffit pas à elle-même, pour assurer la survie des espèces aquatiques. Les conditions du rétablissement des continuités sont tout aussi importantes. Le blocage du poisson à l'aval de l'ouvrage, une vitesse d'écoulement élevée et un tirant d'eau insuffisant dans l'ouvrage sont les principales difficultés rencontrées par les poissons. L'accélération brutale de l'écoulement en tête d'ouvrage, les vitesses importantes dans l'ouvrage, l'absence de zone de repos pour le poisson, constituent des freins au franchissement de l'ouvrage. Parallèlement, les tirants d'eau dans les ouvrages sont souvent très faibles, ce qui rend la progression du poisson difficile, sinon impossible. Le poisson peut aussi se trouver bloqué par suite du mauvais calage par rapport au profil initial du cours d'eau ou de l'abaissement du fil d'eau par affouillement (en absence de mesures préventives destinées à stabiliser le lit).

On note également d'autres obstacles à la circulation des poissons et des grands crustacés (écrevisses) : la modification du substrat, les conditions d'éclairement ou l'accumulation d'embâcles qui peuvent bloquer la circulation des poissons dans des ouvrages hydrauliques qui leur sont pourtant adaptés (Sétra, 2005).

Les poissons sont bloqués par une chute de 30 cm infranchissable et par l'absence de fosse d'appel. La lame d'eau de 3 à 5 cm sur radier est également insuffisante.

Figure 10. Ouvrage hydraulique présentant des difficultés pour le franchissement – Source : Sétra, 2005.

Compte tenu de ces contraintes écologiques, la franchissabilité d'un obstacle doit être considérée pour chaque espèce présente dans le cours d'eau, suivant ses capacités de nage et de saut sous la dépendance de sa taille, selon ses exigences physiologiques elles-mêmes liées à la température de l'eau et aux vitesses d'écoulements.

Pour répondre à ces exigences :

- La forme de l'ouvrage joue un rôle important : les ouvrages à large fond (arches, ponts cadres) permettent de conserver une section de passage importante, relativement proche de celle du lit naturel et, à rugosité égale, la mise en vitesse est moins importante que dans un lieu circulaire. A l'inverse, les buses circulaires et elliptiques s'avèrent préférables quand il s'agit d'assurer une profondeur d'eau minimale à l'étiage ;
- Les débits doivent être compatibles avec l'espèce présente dans le cours d'eau ayant la plus faible capacité de nage. En absence de données hydrauliques, on rend l'ouvrage franchissable jusqu'à des débits voisins de 2 à 2,5 fois le module inter annuel. Il convient de conserver une hauteur minimale dans la buse pour permettre le passage en étiage des plus gros individus soit un minimum de 15 cm pour la truite.
- L'installation des ouvrages : elle se fait à la pente moyenne du cours d'eau. Le lit est rechargé avec des matériaux de même granulométrie que ceux composant le lit (graviers et galets constituent une rugosité contribuant à réduire les vitesses). Pour maintenir en permanence une profondeur d'eau minimale, le radier de l'ouvrage est placé à 30 cm sous le niveau du lit naturel.
- Les vitesses à l'intérieur de l'ouvrage sont réduites : soit en agissant sur la taille de la buse ou la pente du radier (sans toutefois créer de chute en aval ou creuser le lit en amont), soit en installant à l'intérieur de l'ouvrage des rugosités artificielles, des déflecteurs, des seuils pour corriger des franchissements inadaptés ou lorsque la pente est trop forte ;
- Assurer un tirant d'eau suffisant et des vitesses acceptables pour les débits les plus importants (succession de seuils, échancrure, dispositifs « offset » et « spoiler »...);
- Des protections de berges et un bassin de dissipation doivent être aménagés en aval de la buse pour fournir au poisson une zone de repos avant le passage dans la buse, assurer un tirant d'eau minimum à l'aval du franchissement et supprimer toute chute et accélération à l'entrée de la buse.

Partie 2 : LES MESURES D'INSERTION : EVITER, SUPPRIMER, REDUIRE, VOIRE COMPENSER

A – La prise en compte de la biodiversité dans les ILT

1 – Les grands principes

Trois grands principes sont essentiels pour une bonne prise en compte de la biodiversité dans les infrastructures de transport (Sétra, 2007) :

- **Faire un état initial complet de l'environnement** : ce travail majeur permet de connaître le territoire et ses composantes, de mettre en évidence les enjeux prioritaires et de les hiérarchiser. Ce diagnostic a pour but de vérifier si le projet est faisable, puis de définir des scénarii évitant les zones à enjeux afin de limiter les destructions directes. Au cours des différentes étapes de conception, cet état initial fournit des précisions croissantes qui permettent soit d'optimiser le projet (dès les phases amont en recourant aux mesures d'évitement), soit de préciser les effets du projet (dans les phases de détails) et de définir des mesures de réduction cohérentes.
- **Eviter la fragmentation des milieux et des écosystèmes** : l'intégration de cette préoccupation dans les projets d'infrastructures doit :
 - *Eviter la fragmentation et la diminution des grands ensembles naturels* : en optimisant le tracé pour qu'il ne fragmente pas les grands ensembles naturels (massif boisé, marais...), en tenant compte des aires vitales minimales des espèces présentes afin de ne pas fragmenter leurs territoires, en évitant certaines pollutions telles que lumineuse ou sonore.
 - *Eviter la rupture des continuités et corridors écologiques* : en réalisant une infrastructure la plus transparente possible, c'est-à-dire en maintenant les continuités écologiques naturelles pour les végétaux, les insectes, les mammifères, les chiroptères, l'avifaune.... Le croisement des informations sur les habitats, les espèces, l'identification des zones à enjeux et des corridors biologiques permet l'identification des points de conflits (ruptures des continuités et corridors écologiques), auxquels seront associées des contraintes qui conduiront à la définition de mesures d'insertion.
 - *Hiérarchiser les enjeux de biodiversité* : ils sont évalués en fonction du territoire traversé. La démarche de type écologie du paysage permet de mener de front l'entrée biodiversité et territoire.

L'écologie du paysage (d'après Chouquer et al., 2003)

L'écologie du paysage se fonde sur le constat que c'est l'hétérogénéité des espaces et des milieux qui organise le fonctionnement du paysage, le paysage étant défini comme « un niveau d'organisation des systèmes écologiques » (Burel et Baudry, 1999). Elle pose le principe que les activités humaines sont le principal facteur d'évolution des paysages. Elle prend explicitement en compte l'espace et le temps.

La théorie de la hiérarchie suppose qu'il y a une corrélation entre l'échelle d'espace et l'échelle de temps, les vitesses de fonctionnement des phénomènes définissant les échelles à prendre en compte. Avec la théorie de la percolation, l'écologue peut décrire en termes géométriques les notions de connexion et de seuil de percolation. Avec la théorie biogéographique des îles, il prévoit la biodiversité des espèces en fonction de la distance qui sépare l'île d'un continent. La théorie des perturbations enfin lui permet de modéliser et de quantifier les perturbations à l'origine de l'hétérogénéité des milieux. Le langage structural de l'écologie du paysage utilise les notions de matrice, de corridor, de tache, de mosaïque, de lisière, de patron paysager. Il les exploite dans l'étude de la connexion ou de la fragmentation des formes, comme de l'association des espèces (hétérogénéité), de la résolution spatiale et de la dépendance d'échelle.

Le principe d'éviter la fragmentation doit permettre d'optimiser les caractéristiques d'une infrastructure en termes de :

- *en phase de projet* : de scénarii (mesures d'évitement, de suppression des impacts négatifs) ; de mesures de réduction pertinentes localisées (réalisation d'un pont, d'un passage inférieur ou supérieur adapté à la faune concernée, mise en place de plantations sur les bas-côtés afin que les oiseaux passent en altitude plutôt qu'au ras de la chaussée...) ; de mesures compensatoires (reconstitution d'habitats...)
 - *en phase d'exploitation* : de mesures d'amélioration (réhabilitation de milieux déjà dégradés, de continuités rompues par des aménagements préexistants, création de milieux naturels en lieu et place d'anciens sites dégradés interceptés par le projet...) ; de suivis et ajustements de ces mesures pendant l'exploitation.
- **Recourir à des mesures d'insertion « biodiversité » adaptées à la problématique du territoire et à l'objet du projet.** Leur choix et les modalités de leur application sont basés sur la réalisation d'un état initial complet.

Le suivi de ces trois grands principes permet d'ajuster les caractéristiques d'une ILT en termes de coût, de mesures d'accompagnement, de préparation et de déroulement du chantier, et enfin en termes de gestion et d'exploitation.

2 – La conduite des études biodiversité

- **Une précision croissante :**

L'exhaustivité et la précision de la prise en compte de la biodiversité sont croissantes avec l'avancement des phases d'études de projet d'infrastructure (Sétra, 2007). Dès les phases amont, l'état initial permet d'optimiser un projet en vérifiant sa faisabilité, en définissant des scénarii de tracés évitant les zones à enjeux afin de limiter les destructions directes, en recourant aux mesures d'évitement. Dans les phases de détails, il permet de préciser les effets du projet et de définir des mesures cohérentes.

Tableau 3. Approche biodiversité dans les phases d'étude de projet d'infrastructure – Source : Sétra, 2007.

Etapas de projet	Objet de l'étape	Approche biodiversité		
		Objectifs	Outils - Recueil des données	Echelles de travail
Etude d'opportunité	Définition de l'opportunité de l'infrastructure et du mode de transport	Identification des grands enjeux	<ul style="list-style-type: none"> • Réseaux écologiques supra nationaux • Zones naturelles sensibles (zonages réglementaires) 	1/100 000 à 1/50 000
Etudes préliminaires	Parti général d'aménagement; Définition, puis comparaison des fuseaux de 1000 m (route).	Identifier, hiérarchiser, cartographier les enjeux principaux ; Délimiter l'aire d'étude ; Définir des grands ensembles non fragmentés.	<ul style="list-style-type: none"> • Réseaux écologiques régionaux • Cartographie simplifiée (occupation du sol, milieux naturels) • Contact avec les administrations et organismes concernés • Bibliographie (Synthèse des éléments disponibles et définition des compléments à mener) 	1/50 000
Avant projet sommaire	Définition et comparaison des variantes; Bandes des 300 m et principes d'aménagement	Affiner les enjeux majeurs ; Identifier les enjeux secondaires ; Elaborer les grands principes d'aménagement ; Réaliser des notices d'incidence Natura	<ul style="list-style-type: none"> • Indicateur de fragmentation des territoires • Cartographie : (Inventaire de terrain, photo interprétation) <ul style="list-style-type: none"> - Occupation du sol ; - Distribution spatiale des habitats : Typologie, Organisation, Fonctionnalité, Fragmentation, Naturalité, Superficie, Compacité, Hétérogénéité, • Etude des populations : 	1/25 000 à 1/5 000

		2000 ; Définir les mesures d'insertion ; Proposer si nécessaire de mesures compensatoires.	- Présence/Absence, Abondance, Statut, Fragmentation, Occupation de l'espace, Domaines vitaux) - Analyse des espèces : Taxonomie, Présence/Absence, Abondance, Statut, Fragmentation, Evaluation • Rencontre des experts écologues	
Etude d'impact – Dossiers des engagements de l'Etat				
Projet	Approfondissement de la solution retenue	Affiner les propositions positionner les ouvrages	<ul style="list-style-type: none"> • Validation de terrain des mesures d'insertion • Définition des modalités de gestion et de suivi des ouvrages 	1/5 000

- **L'étude des habitats et des territoires** : l'approche fonctionnelle du territoire

Les études d'impact s'intéressent souvent en priorité aux espèces protégées ou emblématiques, et parfois aux facteurs écologiques qui déterminent leur niche. Elles tiennent rarement compte des processus écologiques à l'origine de la présence des espèces. Or, dans les habitats fragmentés, les populations d'espèces (surtout spécialistes) réagissent de manière différente ; leur capacité de dispersion ne permet pas toujours aux sous-populations dispersées de se rencontrer, ce qui peut aboutir à l'isolation d'une métapopulation, voire précipiter son extinction.

Les options prises en matière de trame verte et bleue dans les « Orientations nationales pour la préservation et la restauration des continuités écologiques » vont conduire à prendre également en compte le comportement et les exigences en matière de continuité écologique des espèces dites « déterminantes pour la trame verte et bleue », figurant dans des listes régionalisées.

La capacité de dispersion d'une espèce est liée à sa mobilité et aux structures du paysage. L'écologue peut donc, à travers le paysage, étudier des phénomènes comme les flux d'espèces non perceptibles à d'autres niveaux d'organisation. L'écologie du paysage fournit des outils intéressants pour évaluer les effets d'un projet (fragmentation) et comparer différents scénarii d'aménagements. Elle permet d'établir des liens entre la structure d'un espace (aire d'étude), la répartition des espèces rencontrées et évaluer par la suite les conséquences de la fragmentation des habitats naturels par le projet. En s'intéressant à des échelles spatiales variées, elle intègre l'hétérogénéité des aires d'études mais également leur évolution (le paysage est considéré comme un ensemble dynamique influencé par des actions naturelles et anthropiques).

B – Les mesures d'insertion

1 – Rappel des notions

Tout projet doit se concevoir en intégrant des mesures d'insertion (Sétra, 1996) permettant de supprimer, de réduire, de compenser les impacts négatifs voire d'accompagner la préservation de la biodiversité. Les trois principaux types de mesures décrites sous l'angle biodiversité se déclinent de la manière suivante (Sétra, 2007) :

- les **mesures d'évitement** (ou de suppression) : il s'agit de supprimer les effets négatifs par évitement des zones à enjeux (tracé de l'infrastructure, type d'aménagement) ;
- les **mesures de réduction** : elles consistent à adapter des caractéristiques du projet pour corriger un dommage identifié sur le site même où il se constate. Il s'agit de mesures situées dans l'emprise du projet, réalisées avant ou simultanément aux travaux (mise en place d'ouvrages hydrauliques mixtes, de passages à faune spécifiques, de bassins de traitement des eaux de plate-forme...);
- les **mesures dites compensatoires** : lorsque des habitats ou des espèces ont été détruits, elles ont pour but de créer ou restaurer un milieu qui peut être tout à fait différent. On distingue :
 - les mesures compensatoires au sens de la loi de protection de la nature de 1976 : elles permettent de compenser les effets négatifs qui n'ont pu être supprimés ou suffisamment

- réduits sur les milieux naturels ordinaires (recréation d'un biotope, restauration de milieux abandonnés...);
- les mesures compensatoires au sens de la directive Habitats, faune, flore : dans un cadre juridique communautaire très particulier imposant de réunir préalablement la double condition d'un intérêt public et d'une absence d'alternative, elles s'appliquent pour le réseau Natura 2000 dans le cas où des habitats ou habitats d'espèces identifiés au titre de cette directive sont concernés par le projet de façon notable. Il s'agit alors, sur la base d'une étude d'incidences, de compenser l'équivalent des habitats détruits ou dégradés.
- Les mesures compensatoires sont l'ultime recours au cas où, malgré la mise en œuvre de mesures d'évitement ou de réduction il subsisterait des effets résiduels notables.

Des **mesures de sauvegarde ou de conservation** peuvent être également prises dans le cas où des espèces ou espaces identifiés comme patrimoniaux au titre de la réglementation française sont concernés (hors Natura 2000). Par ailleurs, le maître d'ouvrage peut aussi participer à des opérations facultatives en profitant de l'opportunité que constitue un projet pour améliorer la protection de la nature ordinaire ou réhabiliter les espaces traversés. Ces **mesures d'accompagnement** sont généralement destinées à optimiser les effets positifs d'un projet et à en maîtriser les effets induits par : la réglementation de la circulation, la réhabilitation de traverses, la politique du « 1 % paysage et développement », la création et la mise en place d'observatoires environnementaux ...

2 – Critères d'efficacité des mesures d'insertion « Biodiversité »

L'efficacité des mesures d'insertion « Biodiversité », les mesures de rétablissement de la continuité écologique en étant un cas particulier, dépend de nombreux critères, dont (Sétra, 2007) :

- l'adéquation entre la mesure et l'effet devant être pallié ou compensé ;
- la mise en place de mesures d'amélioration : saisir l'opportunité d'un nouveau projet pour recréer de la nature et au-delà des emprises (mettre un ouvrage hydraulique plus large permettant aussi le passage de la faune, recréer les berges du cours d'eau, supprimer l'éclairage, recréer des écosystèmes endogènes dans des friches, des délaissés urbains...);
- le respect des règles de l'art de conception des ouvrages (notamment en ce qui concerne les passages à faune) ;
- le contrôle de leur mise en œuvre, en particulier au moment du chantier où il est également important de s'assurer de l'identification et du balisage des zones sensibles pour la biodiversité ;
- la pérennité de ces mesures et de leur gestion : pour garantir la pérennité des dispositions, la solution généralement mise en œuvre est une convention de gestion avec un organisme spécialisé (Conservatoire Botanique, Conservatoire des Espaces Naturels, Association agréée, Espaces Naturels Sensibles des Conseils Généraux, Fédérations de chasse). Ce type de convention doit permettre l'application de mesures de gestion écologiques adaptées, le suivi scientifique, et le fonctionnement à long terme de la mesure avec d'éventuelles adaptations.
- la gestion et la préservation des habitats rares par une gestion adéquate des dépendances routières (cf. paragraphe précédent sur les dépendances vertes).

C – Les différents ouvrages de franchissement

- **Pour le rétablissement des connexions :**

Là où les choix de tracé ne permettent pas d'autres alternatives, l'implantation des passages représente une solution technique de conservation de la faune et des habitats naturels (Sétra-Medd, 1993). Les passages pour la faune permettent de rétablir tout ou partie des connectivités biologiques afin de limiter la fragmentation des habitats et des populations animales et de pérenniser les processus essentiels à la survie des espèces (dispersion, migration, accès aux ressources alimentaires...) :

- ils participent au maintien des processus écologiques et au fonctionnement en métapopulation ;
- ils agissent également sur la dynamique des populations en réduisant les déséquilibres du sex-ratio ou des classes d'âges dans les sous-populations et en favorisant les recolonisations ;
- ils assurent le rétablissement de l'accès à certaines ressources ;
- ils rétablissent la dispersion et la migration qui sont considérées comme des processus essentiels à la survie des espèces ;
- en association avec la pose de clôtures, ils réduisent la mortalité animale due à la circulation ;
- ils participent au maintien de la diversité animale et de la conservation des capacités de reproduction des écosystèmes.

- **Les critères de décision d'implanter et de choix de passage à faune :**

La décision de créer des passages pour la petite faune répond à des critères biologiques (espèce et groupe d'espèces, types de déplacements, caractéristiques des échanges) et de faisabilité technique (possibilité de franchissement - supérieur, inférieur, complémentarité entre les ouvrages spécialisés ou non).

La prise de décision et le choix des dimensionnements d'un passage doivent s'appuyer sur des données sur les habitats, les espèces concernées, ainsi que la définition des fonctions que l'aménagement pour la faune devra remplir (assurer des traversées quotidiennes ou occasionnelles liées à l'essaimage des jeunes, la conquête de nouveaux territoires, le brassage génétique, ...). Trois niveaux d'organisations biologiques sont à considérer :

1. L'analyse de la distribution spatiale des habitats : permettant de décrire la dynamique du territoire traversé par l'infrastructure et d'en comprendre l'organisation ;
2. L'analyse des caractéristiques des populations : présence, absence, densité, pyramide d'âge, sex-ratio⁵, répartition spatiale, flux, mode de fonctionnement en population continue, divisée ou isolée ;
3. L'identification des domaines vitaux des individus.

Si plusieurs espèces doivent utiliser le même dispositif de traversée, c'est l'espèce la plus exigeante qui déterminera la taille de l'ouvrage et ce seront les structures paysagères, dont la topographie, qui détermineront l'emplacement de l'ouvrage. Ainsi, les passages pour la petite faune peuvent avoir une vocation exclusive ou être associés à d'autres ouvrages (passages pour la grande faune, passages agricoles ou forestiers (non revêtus et peu utilisés), ouvrages hydrauliques). Ce sont les objectifs qui s'élargissent selon le principe que ce qui est favorable aux ongulés l'est également à l'ensemble des groupes faunistiques.

N'étant qu'une mesure parmi d'autres permettant d'atténuer les effets de la fragmentation, cette décision doit s'intégrer dans un plan de mesures global (choix du profil en long, calage fin du tracé en plan, aménagement végétal de la section courante, clôture, réseau d'assainissement, aménagement des corridors écologiques).

- **Le principe général d'installation des passages à faune :**

Dans la nature ordinaire, il est recommandé de rétablir systématiquement les corridors écologiques fluviaux, les grands corridors forestiers et de prévoir une **possibilité de passage réservé pour la grande faune tous les 10 km**, en absence de justification démographique ou de nature à forte valeur patrimoniale. Si l'infrastructure traverse des milieux exceptionnels à haute valeur biologique, des mesures exceptionnelles sont à prendre : tranchée couverte, viaduc, etc..

La règle générale d'implantation des passages **pour la petite faune est d'assurer la possibilité de passage minimum tous les 300 m**, de manière à pérenniser les échanges pour des espèces communes : mustélidés (fouine, belette), renard, blaireau, hérisson, lièvre... Cette distance résulte d'un compromis entre les territoires très compacts de la microfaune et ceux plus étendus du renard ou du blaireau (Sétra, 2005).

Cette règle minimale des 300 m intègre la perméabilité globale de la voie, à savoir la possibilité de passage par différents types d'ouvrages, même ceux n'ayant pas vocation à être utilisés par la faune (ouvrage hydraulique, agricole ou forestier) (cf. figure 11). La petite faune sauvage – en général – s'adapte assez bien à des ouvrages multifonctionnels, aussi il est important d'examiner toutes les possibilités de franchissement de l'infrastructure.

La mixité est à rechercher partout où cela est possible car elle contribue à améliorer la perméabilité générale de l'infrastructure à moindre coût.

Lorsque l'infrastructure s'inscrit dans des habitats particuliers (ZNIEFF, zones noyaux de la trame verte et bleue, grands corridors écologiques, réseaux des Parcs Naturels, réseau Natura 2000, zones

⁵ Le sex-ratio est le taux comparé de mâle et femelle au sein d'une espèce à reproduction sexuée. C'est un indice biologique important, car la proportion de mâle et femelle peut affecter le succès reproductif.

RAMSAR...), dans des habitats abritant des espèces patrimoniales (amphibiens, loutres, chauve-souris), dans des habitats de grande taille ou encore dans des corridors écologiques majeurs, **la règle générale d'implantation des passages doit être adaptée en fonction des spécificités du site.** Ainsi, dans certaines situations telle que la présence d'amphibiens, des passages devront être aménagés tous les 30 m. Pour la grande faune, en milieu boisé ou dans des secteurs à forte diversité, une possibilité de passage doit être assurée en moyenne tous les 2 km, en prenant en considération les orientations données par les schémas régionaux de cohérence écologiques et les options retenues par les documents d'urbanisme en matière de continuité écologique. C'est un objectif contraignant mais réaliste si l'on tient compte des ouvrages forestiers et hydrauliques indispensables et qui peuvent - pour un surcoût acceptable – être transformés en passage mixte (Sétra, 2006).

Passage supérieur : agricole + faune :	Conduit ø 600 sous remblais :
Passage spécifique végétalisé de 12 m pour la grande faune :	Passage inférieur : passage hydraulique + faune Surlargeur de pieds sec (3 m) :
	Passage inférieur : passage agricole + faune :

Figure 11. Aménagement global et règle minimale de passage tous les 300 m dans un espace de nature ordinaire – Source : Sétra, 2005.

- **La typologie des passages à faune :**

Les passages à faune ont connu de nombreuses évolutions depuis les premières implantations dans les années 1960. Vers les années 1980, on a commencé à s'intéresser à la petite faune (amphibiens) puis à l'ensemble des organismes vivants (reptiles, insectes...) dans une perspective de conservation de la biodiversité dans son ensemble. Dispositifs au départ destinés au gibier, ils répondent donc maintenant à une demande plus large de conservation de la biodiversité tout en assurant un rôle de sécurité (Sétra, 2006).

On différencie les ouvrages réservés dits "spécifiques", exclusivement à la faune, de ceux qualifiés de "mixtes" qui assurent une double fonction de rétablissement de voie (forestière ou agricole) ou encore un cours d'eau et de connexion pour la faune. En règle générale, les voies préférentielles de déplacements quotidiens ou saisonniers des grands mammifères sauvages sont rétablies par des passages spécifiques ayant une vocation exclusive. Les passages mixtes viennent en complément de manière à augmenter la transparence de l'infrastructure, favorisant ainsi l'essaimage des jeunes, la conquête de nouveaux territoires et le maintien de surfaces d'habitats importantes.

Passage spécifique en diablo sur l'A36 (Haut Rhin)

Passage mixte (faune + hydraulique) sur
l'A71 (Sologne)

Figure 12. Exemples de passages à faune spécifique et mixte – Source : Sétra, 2006.

Une **typologie des passages à faune** a été établie (cf. Tableau 4, Sétra, 2005) dans le but de faciliter le choix des maîtres d'ouvrage :

- Le type **I** : passages « généralistes » visant la petite faune dans son ensemble ;
- Le type **II** : passages spécialisés toujours associés à des dispositifs de collecte (« crapauduc »). Conçus d'abord pour les amphibiens, ils conviennent aussi aux micromammifères, reptiles, hérissons, voire blaireaux... ;
- Le type **III** : ouvrages hydrauliques équipés de banquettes latérales, de pieds secs ou de surlargeur, qui prolongent sous l'ouvrage les berges du cours d'eau. Il existe de nombreuses possibilités d'aménagements pour la faune terrestre et « amphibie » (loutre) et ses passages donnent de bons résultats ;
- Le type **IV** : passages agricoles ou forestiers potentiellement utilisables par la petite faune, moyennant des mesures d'aménagement simples ;
- Les types **V** et **VI** : passages pour la grande faune, généralement assez bien adaptés à la petite faune. Des solutions permettent d'améliorer davantage leur efficacité en direction de la petite faune ;
- Les types **VII** (viaducs) et **VIII** (tranchées couvertes) : assurent par leur taille une excellente connectivité, favorable à l'ensemble de la faune.

Tous les passages ne présentent pas le même intérêt : un conduit de petit diamètre ($\varnothing < 2\ 000$) est un passage de moindre qualité utilisable par un nombre restreint d'espèces. De même, un passage supérieur végétalisé de dimension réduite dont la physionomie diffère de l'environnement adjacent n'offre pas les mêmes capacités d'accueil qu'un écopont de 45 m dont les grandes dimensions permettent de restituer des structures de paysage hétérogènes favorables à un grand nombre d'espèces.

La partie 2 –C-2 détaille les mesures d'aménagement des abords du passage (clôtures, plantations, aménagement paysager) afin d'assurer un lien entre l'ouvrage et le milieu environnant et de guider les espèces vers ces ouvrages (fonction entonnoir)

Tableau 4. Différents types de passage (mixte ou spécifique) pour la micro, la mésofaune et la grande faune– Source : Sétra, 2005.

Les passages de types I et II sont spécialisés pour la petite faune. Le type III est mixte. Le type IV peut être utilisé par la petite et moyenne faune en l'état, sans surcoût notable. Les types V à VIII sont des passages conçus pour la grande faune mais aussi utilisables par la petite faune.

...

1 – Les ouvrages spécifiques

Les informations données ci-après sont issues des deux principaux guides techniques publiés par le Sétra sur les aménagements pour la grande faune (1993) et la petite faune (2005).

- **Les ouvrages supérieurs :**

Construits d'abord pour la grande faune (chevreuil, cerf), les passages supérieurs offrent des dimensions acceptables pour le franchissement de la faune. Les ouvrages ont aujourd'hui des caractéristiques bien adaptées à la grande faune, en termes de caractéristiques, de forme et d'aménagement des abords. Les passages de dernière génération sont conçus comme des ouvrages exceptionnels de type tranchée couverte ; des formes particulières telles que celle en diabolos sont recherchées pour atténuer l'effet tunnel.

Ces passages doivent être conçus de manière à rétablir les flux d'un maximum d'espèces (pas seulement les espèces gibiers ou menacées) et doivent ainsi tenir compte des possibilités de déplacements de l'ensemble de la faune.

Ainsi, les passages de type VI (écopont, pont vert) répondent traditionnellement aux besoins des grands ongulés mais on oublie souvent qu'ils **assurent aussi la dispersion d'un grand nombre d'espèces de la petite et de la moyenne faune**. Ces passages, relativement coûteux, doivent être réservés à l'équipement d'habitats riches en faune ou pour le rétablissement de corridors d'importance régionale.

Passage supérieur végétalisé sur une voie rapide (Piémont des Vosges) - 20 m de large

Figure 13. Exemple de passage spécifique supérieur : un écopont – Source : Sétra, 2005.
(12 mois de suivis ont permis de comptabiliser la traversée de 184 cerfs, 209 chevreuils, 121 sangliers, mais également des hérissons, blaireaux, lièvres, écureuils, martres, ragondins...)

Toute la surface de l'ouvrage est couverte de terre végétale allégée (30 cm) permettant l'implantation d'une végétation herbacée, buissonnante (choix d'espèces appétentes) et résistante aux mauvaises conditions hydriques du sol.

Les tranchées couvertes (passage de type VIII) rétablissent de grandes surfaces naturelles au-dessus de la voie. A la différence des viaducs et tunnels, **ils ne préservent pas les habitats mais les reconstituent**. Leur plein avantage est donc différé dans le temps.

Grâce à leurs grandes dimensions (80 m à plusieurs centaines de mètres), ces ouvrages concernent tous les groupes faunistiques sans restriction y compris les micromammifères et les invertébrés (qui n'utilisent les passages que lorsqu'ils restituent fidèlement leurs habitats et qu'ils sont directement

reliés aux milieux correspondants de part et d'autre de la chaussée) et permettent d'éviter les situations de concurrence ou de prédation entre les espèces.

Ce sont donc des critères de diversité spécifique, de rareté, d'exigences écologiques, qui justifient les grands ouvrages de type VIII. L'aménagement d'une tranchée couverte ne se justifie qu'en cas de présence d'habitats étendus, rares (ZNIEFF, réseau Natura 2000) ou de très grande valeur écologique, de zones de transitions vitales ou encore par la présence d'espèces protégées, d'espèces prioritaires ou d'espèces qui n'utilisent que des passages reconstituant fidèlement les caractéristiques de leurs habitats. La traversée d'une zone noyau de la trame verte et bleue ou d'un grand corridor écologique doit donner lieu à une réflexion sur l'enjeu de la continuité écologique, le choix des techniques de franchissement et l'optimisation des moyens à y consacrer.

Etant donné son coût élevé, l'aménagement d'une tranchée couverte de plusieurs centaines de mètres n'est envisageable qu'après examen de toutes les possibilités de déplacement du tracé (mesure d'évitement).

Tranchée couverte sur le TGV Nord, à Montlognon (Ile de France) - 80 m de large

Durant la phase chantier (terrassements), 322 cerfs et biches, 81 chevreuils et 184 sangliers environ ont traversé la zone du dispositif d'échange (12 km), 80 % des échanges ayant lieu dans le secteur de la future couverture de Montlognon.

Dès la pose de clôtures : 180 cerfs, 128 chevreuils et 78 sangliers ont emprunté le passage de Montlognon sur une période de 10 mois.

Figure 14. Exemple de passage spécifique supérieur : une tranchée couverte – Source : Sétra, 2006.

- **Les ouvrages inférieurs :**

Contrairement aux passages supérieurs, les passages inférieurs ne sont pas végétalisables du fait de l'absence d'eau et de lumière. Pour ces raisons, les passages supérieurs sont à privilégier lorsqu'on a le choix, sachant que c'est le profil en long qui définit la nature supérieure ou inférieure de l'ouvrage.

Pour autant, les passages inférieurs ne doivent pas être négligés. Ils sont efficaces, notamment vis-à-vis de la micro et de la mésofaune, pour peu qu'ils répondent aux besoins de la faune en termes de positionnement, d'accessibilité et d'aménagement des abords. De plus, associés à un cours d'eau, leur efficacité est assurée vis-à-vis de la faune. C'est pourquoi, tous les passages hydrauliques doivent rétablir par des aménagements adaptés, la connectivité spatiale et fonctionnelle.

Les passages de dernière génération sont conçus comme des ouvrages exceptionnels de type viaduc (type VII). Les grands viaducs assurent une transparence maximale dans les vallées qui sont des zones privilégiées de déplacement de la faune. Le franchissement des vallées profondes par un viaduc est une alternative au remblai. Il assure au plan biologique une connectivité intégrale des habitats et restitue des possibilités immédiates de mouvements de l'ensemble de la faune. La largeur restituée permet à l'ensemble de la faune de circuler en limitant les risques de concurrence inter ou intra spécifique.

Tous les viaducs (à arches ou à piles) sont favorables à la faune. Plus le viaduc est étroit et haut, mieux il est accepté par la faune. Le sol sous l'ouvrage doit toutefois rester naturel y compris sous les parties les plus élevées, ce qui implique un contrôle de l'occupation des sols.

Les viaducs et les tranchées couvertes permettent de maintenir la totalité des flux biologiques. Nous verrons que les ouvrages de type I à VI ne rétablissent qu'une partie des flux et sont plutôt réservés à des groupes d'animaux déterminés.

Passage spécifique inférieur sur l'43 (Vallée de la Viaduc de la vallée du Piou (Languedoc-Roussillon) Maurienne) 12 m de large.

Figure 15. Exemple de passages spécifiques inférieurs – Source : Sétra, 2005.

Les passages spécialisés destinés à la petite faune sont construits pour une espèce en particulier (loutre, castor) ou un groupe d'espèces ("batrachoducs" pour les batraciens). Ces ouvrages peuvent toutefois être utilisés par un nombre élargi d'espèces qui profiteront de la possibilité de traverser la voie.

Passage à loutre sur la Clidane (commune de Saint-Jullien-Puy-Lavèze) (RN 89).
Aménagement efficace de banquettes latérales à l'intérieur de l'ouvrage le long de la paroi.

Batrachoduc : caniveau collecteur emprunté par le crapaud commun en migration retour (Haut Rhin) (RD13bis)

Figure 16. Exemples de passages spécifiques pour la petite faune – Source : Sétra, 2006.

A noter, dès le développement des traversées pour amphibiens ("batrachoducs", dès 1985), des installations ont été réalisées dans le cadre de projets neufs (autoroute) mais aussi en tant que mesures de "rattrapage" sur la voirie existante (route communale, route départementale et route nationale).

2 – Les ouvrages mixtes

- **Les ouvrages supérieurs :**

Les passages agricoles ou forestiers (type IV) sont des ouvrages potentiellement utilisables par la faune, sous réserve qu'ils soient très faiblement empruntés et non revêtus. Ils contribuent à la transparence de l'infrastructure en complément des ouvrages spécifiques pour la faune.

Tous les passages mixtes ne sont pas utilisés de la même manière par la micro- et la mésofaune. Le taux d'utilisation dépendra fortement des dimensions du passage (plus ils sont larges et plus le nombre d'empreintes relevées et d'espèces les utilisant est important), de la nature du revêtement et de la physionomie de la végétation.

Passage supérieur mixte (chemin forestier et faune) sur l'A5
(section Chaumont - Troyes) 3 années après la mise en service.
Largeur utile 8 m au centre, 28 m aux extrémités des culées en
terre armée (forme en « faux diabolo »)

Figure 17. Exemple de passage supérieur mixte – Source : Sétra, 2005.

- **Les ouvrages inférieurs :**

La petite faune peut également emprunter les passages inférieurs non spécialisés formés de simples conduits, destinés à un grand nombre d'espèces.

*Figure 18. Exemples de passages non spécialisés pour la petite faune : simples conduits –
Source : Sétra, 2005.*

Des passages hydrauliques permettent ainsi d'assurer une utilisation régulière par les poissons, mais également les mammifères terrestres, les reptiles et les amphibiens. Ces ouvrages sont une bonne opportunité de franchir les infrastructures.

Plusieurs solutions permettent de faciliter le franchissement des animaux :

- pour les ouvrages de taille moyenne (cadres ou conduits voûtés) : l'aménagement de banquettes latérales à l'intérieur de l'ouvrage le long de la paroi (exemple de la loutre) ;
- pour les passages de plus grande dimension : des enrochements latéraux ou plusieurs "pieds secs" en palier sont préconisés, ils sont efficaces si le niveau de la banquette est au-dessus du niveau d'eau ;

- pour les ouvrages hydrauliques de petite dimension : la faible section transversale ne permet pas la reconstitution artificielle des berges à l'intérieur de l'ouvrage proprement dit. La solution consiste donc à doubler l'ouvrage par un passage busé parallèle, situé au dessus du niveau maximal de crues.

Aménagements de pente

Portion reconstituée du ruisseau des Glaires.
Les habitats naturels sont reconstitués pour accueillir diverses espèces aquatiques selon des techniques douces de renaturation des cours d'eau (fascines).

*Figure 19. Exemples de techniques de traitement des descentes d'eau –
Source : Sétra, 2005.*

Les mesures d'insertions les plus efficaces consistent à aménager des ouvrages de traversée hydraulique ne nécessitant aucune intervention en lit mineur. De plus, afin d'assurer la continuité écologique, les berges doivent être continues et sans obstacle pour permettre le libre déplacement de la faune terrestre, inféodée aux milieux aquatiques (loutre, vison, castor, putois...). La solution optimisée consisterait à concevoir des traversées de cours d'eau avec des appuis d'ouvrage en retrait de 2 mètres minimum des berges.

La ripisylve des cours d'eau constitue également un élément essentiel à la survie de la faune aquatique. Elle lui procure l'ombrage qui limite le réchauffement des eaux, elle constitue un apport de nourriture, un écran pour limiter la prolifération végétale dans le cours d'eau, elle participe à la stabilité des berges et à la constitution d'abris pour la faune aquatique. En plus de ce rôle, elle représente un couloir de déplacement très utile à la faune terrestre. Aussi, parmi les mesures d'insertion possibles, la reconstitution de ripisylve, sa sauvegarde, sa protection en phase travaux, constituent des enjeux essentiels à la bonne intégration d'une ILT dans l'environnement.

3 – Les clôtures : également une fonction de protection de la faune

Les clôtures remplissent différentes fonctions, aussi bien de sécurité du trafic (en limitant les accidents avec la grande faune) que de protection de la faune (Sétra, 2008) :

- assurer la sécurité du trafic en limitant les accidents avec la grande faune (sanglier, chevreuil, cerf) ;
- limiter le vagabondage des animaux domestiques sur les chaussées ;
- anticiper la colonisation de nouveaux espaces par le chevreuil et le sanglier (principe de précaution) et prévenir les accidents même là où le gibier n'est pas signalé de manière habituelle ;
- protéger localement des espèces patrimoniales de la petite faune (amphibien, loutre, vison d'Europe...);
- enfin, guider la faune vers les passages à faune destinés à assurer le rétablissement des connexions entre les habitats.

La protection de la faune est assurée à condition que les clôtures soient adaptées au site, aux objectifs, placées aux bons endroits et qu'elles soient correctement entretenues.

Les clôtures participent aussi à l'effet de barrière de l'infrastructure. Pour la petite faune, elles jouent souvent un rôle de filtre pour la petite faune ; ce n'est que lorsqu'il y a nécessité pour la protection de l'espèce que celles-ci doivent exercer le rôle de barrière. Ainsi, des clôtures petite faune ou des murets se justifient dans les habitats d'espèces protégées ou bien lorsque la mortalité excessive risque de fragiliser une ou plusieurs espèces patrimoniales. Leur installation doit répondre aux enjeux réels de protection des espèces identifiées sur le territoire, de manière à ne pas surajouter des effets barrière ou filtre à l'impact de l'infrastructure en accentuant la fragmentation des territoires et en banalisant les paysages. La réflexion pour leur mise en place doit donc accompagner celle sur le positionnement et le dimensionnement des ouvrages de rétablissement des connectivités biologiques.

Qu'il s'agisse d'un projet de construction ou d'une route existante, la mise en place d'une clôture doit s'appuyer sur une expertise de la faune. Elle doit faire état du risque de collision ou des besoins de protection, sur la base de l'analyse du fonctionnement écologique du territoire. Les zones à risque ou à protéger doivent être identifiées et la route doit être bordée par une clôture adaptée aux espèces susceptibles de la traverser. Ultérieurement, si des traversées sont constatées sur des portions non clôturées, des aménagements complémentaires devront être envisagés.

Clôtures raccordées aux ouvrages d'art de manière à ce que les animaux ne trouvent aucune possibilité de se faufiler et soient contraints d'utiliser les ouvrages

Figure 20. Clôtures raccordées aux ouvrages d'art – Source : Sétra, 2008.

Il existe un grand nombre de types de clôtures et de mailles, chacun répondant à un ou des usages précis. Il est essentiel de choisir le produit adapté à la faune, à son environnement et à l'organisation des territoires. Différentes mailles peuvent aussi être utilisées en combinaison pour proposer une clôture répondant à différents usages ou adaptée à différentes espèces (Sétra, 2008).

Figure 21. Exemples de clôtures pour la grande faune (gauche) et pour la petite faune (droite) – Source : Sétra, 2008.

Il n'y a pas d'obligation de clôturer systématiquement les voies de type autoroutier quel que soit leur statut. Néanmoins, la jurisprudence incite les gestionnaires à clôturer les voies rapides situées à proximité des massifs forestiers qui abritent du gros gibier et dans les zones de leur passage habituel. En cas de collision, la responsabilité juridique est souvent recherchée auprès soit de l'automobiliste,

du gestionnaire de l'infrastructure, du propriétaire de l'animal (faune domestique), du « gestionnaire » de la faune sauvage (Fédérations de chasse) ou même des maires.

D – L'efficacité des ouvrages de franchissement

L'efficacité d'un passage pour la faune dépend de sa position dans le paysage, de sa taille et des caractéristiques des espèces visées.

Le respect des règles de l'art de conception des ouvrages (notamment en ce qui concerne les passages à faune) est l'un des critères d'efficacité des mesures d'atténuation des impacts. Une mal façon, un déplacement d'ouvrage peuvent annihiler les efforts entrepris pour la restauration de la biodiversité.

Des guides techniques et notes d'information sur les passages à faune permettent de définir clairement les règles de dimensionnement, de positionnement, de construction, et de gestion utiles à la bonne réalisation de l'ouvrage (Sétra 1993, 2005).

La largeur de l'ouvrage, souvent mise en avant, n'est pas le seul critère d'efficacité. D'autres critères sont à prendre en compte tels que :

- la position du passage dans le réseau écologique,
- l'aménagement des passages et de ses abords (cf. fiche technique n°10),
- la gestion du passage.

1 – Des ouvrages efficaces si bien réalisés

Des ouvrages réalisés selon les règles de l'art sont efficaces s'ils contribuent au rétablissement des connectivités structurelles et fonctionnelles.

L'évaluation de l'efficacité d'un passage à faune est difficile et pose deux principales questions (Sétra, 2006) :

- Quel est l'objectif du passage ? : les études d'impact ne répondent pas toujours à cette question. Il s'agit de savoir si le passage doit assurer des traversées quotidiennes dans un territoire morcelé (qui impose à la faune des allers et retours fréquents de part et d'autre de la voie) ou bien s'il est destiné à des traversées occasionnelles de quelques individus (déplacements liés à l'essaimage des jeunes, la conquête de nouveaux territoires et un brassage génétique) ;
- À partir de quel niveau de fréquentation le passage est-il efficace ? : Dans certaines circonstances quelques animaux qui traversent durant l'année est une réussite, dans d'autres l'objectif du passage n'est atteint que si les traversées sont quotidiennes. L'évaluation est donc un exercice délicat. Il pose également des problèmes d'outils de suivi : des empreintes d'animaux relevées correspondent-elles à un seul individu ou à plusieurs individus de la même espèce ? ce résultat n'a pas la même signification biologique. Néanmoins, le développement récent de nouveaux systèmes de vidéo ou photo-surveillance apporte de nouvelles perspectives pour le suivi.

Un passage pour la faune fonctionne lorsqu'il remplit les **trois critères** suivants (Sétra, 2006) :

- le passage est aménagé très précisément sur l'axe de déplacement interrompu ;
- les dimensions sont adaptées aux espèces visées ;
- les abords de l'ouvrage sont attractifs et aménagés de telle sorte que l'accès au passage soit facile.

- **Le positionnement et les dimensions :**

Quelle que soit leur destination, les passages doivent impérativement être localisés sur le cheminement interrompu. Tout changement par rapport à l'emplacement initial défini parce qu'il correspond à l'axe de déplacement interrompu par l'ILT le rend inopérants. Toute modification de dernière minute lors du chantier, non concertée avec des biologistes, est une difficulté récurrente qui explique pour partie les mauvais bilans d'utilisation de certains passages par la faune.

Pour le dimensionnement d'un passage, le concepteur doit tenir compte de plusieurs facteurs :

- les espèces visées : on cherchera donc à adapter les caractéristiques du passage à la morphologie et au comportement de l'espèce visée

- la nature des déplacements à rétablir : elle conditionne pour chaque espèce (ou groupe d'espèces) deux largeurs minimales : celle, réduite, pour le rétablissement des déplacements occasionnels et celle, plus large, pour le rétablissement des déplacements réguliers (journalier ou saisonnier) motivés par le comportement des animaux dans leur domaine vital.

Par exemple, pour le cerf, le guide technique Passage pour la grande faune (Sétra, 1993) recommande des ouvrages de grande taille (12 à 25 m minimum) de type pont vert restituant un couloir biologique de libre circulation suffisamment large. C'est le seul moyen de garantir les échanges chez ce grand herbivore dont les déplacements sont généralement ritualisés à l'intérieur du domaine vital. Pour le chevreuil et le sanglier réputés pour leur adaptabilité, des passages de 7 à 12 m sont préconisés (Sétra, 2006).

- **Cas des ouvrages de franchissement de cours d'eau :**

L'efficacité des ouvrages de traversée de cours d'eau est directement liée à leur mise en œuvre et non seulement à leur conception. Un ouvrage dont les appuis sont situés en retrait des berges, et qui offre une ouverture suffisante pour permettre un éclairage naturel minimal de l'intérieur de l'ouvrage, aura une efficacité maximale. Au contraire, un ouvrage qui sera positionné à faible hauteur au dessus du cours d'eau et dont les fondations porteront atteinte au lit mineur, présentera de forts risques d'impact sur l'écosystème aquatique.

Pour les ouvrages qui ne nécessitent aucune intervention en lit mineur, la continuité de la trame bleue est assurée sous réserve que l'intérieur de l'ouvrage ne soit pas totalement obscurci. C'est le cas des viaducs, de certains ouvrages préfabriqués de grande dimension.

Pour les ouvrages qui nécessitent une intervention en lit mineur, les risques d'incidences sur l'écosystème aquatique sont plus importants. Dans ce cas, certaines conditions doivent être respectées :

- le positionnement de l'ouvrage : absence de chute, de ressaut ;
- la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage : limitée pour en assurer sa franchissabilité ;
- l'épaisseur de la lame d'eau dans l'ouvrage : une hauteur d'eau minimale pour permettre les déplacements de la faune piscicole ;
- la longueur de l'ouvrage : qui intervient tant pour la capacité de nage des poissons que pour l'obscurcissement du milieu ;
- la luminosité dans l'ouvrage : il est nécessaire d'éviter les zones d'obscurité totale ainsi que les variations brusques de luminosité.

Pour les ouvrages de rétablissement de cours d'eau, la mixité des passages est également une solution intéressante qui permet de proposer des ouvrages de plus grandes dimensions par rapport à ceux qui ne sont conçus que d'un point de vue strictement hydraulique.

- **L'attractivité pour la faune :**

L'aménagement végétal améliore les capacités d'accueil des passages en :

- sécurisant la faune (couvert à proximité du passage) ;
- guidant la faune jusqu'à l'ouvrage ;
- offrant des possibilités de nourrissage aux abords ;
- renforçant l'efficacité des clôtures et des parapets d'occultation.

En outre, en améliorant l'attractivité pour la faune des ouvrages existants pour résoudre en partie le problème de la transparence de l'ouvrage, cela limite le nombre de passages spécifiques à construire.

A noter, sur les grands ouvrages, la largeur permet non seulement de conserver les structures paysagères servant de guidage optique pour la faune, mais également d'éviter les situations de concurrence ou de prédation entre les espèces.

Un aménagement végétal doit être conçu de manière à favoriser le plus grand nombre d'espèces animales et pour qu'il soit efficace, il est nécessaire de sélectionner prioritairement les espèces végétales appétentes pour les cortèges faunistiques ciblés et de s'inspirer des habitats avoisinants le passage (Sétra, 1993, 2005).

L'aménagement végétal n'étant efficace qu'à moyen terme, le temps (2 à 3 ans) que les plantations arrivent à maturité, il est nécessaire de le mettre en place le plus rapidement possible puis de les entretenir et d'en faire le suivi. Un plan de gestion permet de préciser les principes généraux de l'entretien minimal à savoir un fauchage tardif annuel des surfaces herbacées et des recépages occasionnels des arbres et arbustes).

Zone A
1 : chemin non revêtu (matériaux naturels compactés)
2 : pierres et souches en andain
3 : prairie maigre et rase
4 : haie composite et tache préforestière

Zone B et C : continuité des structures précédentes (1 à 4)
5 : mare
6 : mégaphorbiaie
7 : friche élevée
8 : fossé, ruisseau

Figure 22. Aménagement global d'un ouvrage (type VI) favorable aux micromammifères, aux reptiles, aux amphibiens, à la mésofaune et à la grande faune – Source : Sétra, 2005.

L'efficacité des passages dépend aussi très fortement de leur **utilisation par l'homme**. Les passages de type VI sont en priorité réservés à la faune et l'utilisation simultanée par l'homme doit rester minimale.

L'efficacité croît proportionnellement à la largeur du passage utilisable par la faune et de façon inversement proportionnelle à la fréquence des activités humaines et au caractère artificiel du passage (exclure les revêtements de type enrobés bitumineux ou les chaussées en béton).

Figure 23. Variation de l'efficacité des passages (type IV, V, VI) – Source : Sétra, 2005.

- **L'efficacité des clôtures :**

Leur efficacité dépend de 3 critères :

- La hauteur : il est très difficile de recommander des hauteurs standards pour chaque espèce. Dans ces conditions, on adoptera plutôt des classes de hauteurs tenant compte des situations courantes et des types de faune rencontrés ;
- Les dimensions de la maille : elles sont déterminées par la taille et le comportement des animaux⁶ que l'on veut stopper : leur capacité à se faufiler dans les trous et les interstices, à fouiller le sol, à sauter ou escalader les obstacles, à se déplacer le long de la clôture et à la contourner. Les dimensions doivent tenir compte de la taille des animaux aux différents stades de développement (pour les détails voir la note EEC n°86 septembre 2008).
- L'emplacement de la clôture : la configuration du terrain à l'endroit où les animaux abordent l'obstacle est déterminante pour garantir son efficacité. De plus, les clôtures doivent être placées le plus près possible de la chaussée (dans la limite du respect de la zone de sécurité) de manière à intégrer une partie des dépendances vertes au domaine vital de la faune. Elles doivent également être enterrées et jointives aux ouvrages pour éviter la pénétration de la petite faune dans les emprises

L'efficacité d'une clôture dépend également de son entretien régulier. Le nettoyage et les réparations des dégradations naturelles ou volontaires accroissent la longévité du dispositif mais évitent aussi que la responsabilité du gestionnaire de la voie ne soit engagée. Toute brèche observée doit être colmatée. Les grilles au droit des caniveaux et fossés sont également à nettoyer.

Le maintien et l'accès au dispositif de clôture doivent être facilités par un entretien de la végétation (éviter que les ronciers ou les branches ne pèsent trop sur le haut de la clôture). L'entretien ne doit toutefois pas être l'occasion de destruction massive de la végétation.

2 – Insertion des ouvrages de franchissement dans le paysage

Les opérations d'aménagements paysagers de part et d'autre de l'ouvrage de franchissement participent à l'attractivité de celui-ci. L'aménagement rassure les animaux en approche et les incite à se diriger vers le passage. Il peut s'agir de naturaliser les talus et les abords de la structure en utilisant des plantes et des arbustes déjà présents dans l'environnement immédiat.

Pour cela, plusieurs possibilités :

- Le choix des plantations : espèces locales, d'une manière générale le paysagiste évitera les espèces exotiques sources d'invasion biologique appauvrissant la biodiversité sur le territoire français ;
- Le travail sur leur positionnement/localisation : permettre le passage de la faune, mais aussi prendre en compte des enjeux d'entretien liés au ruban routier ;
- La mise en œuvre des plantations : le recours au paillage naturel est à privilégier, il permet de faciliter la reprise des végétaux et leur développement (enrichissement sol en matière organique, ralentissement de l'évaporation de l'eau et maintien de l'humidité dans le sol, régulation de la température...);
- Le travail sur les modelés (interface avec les terrassements) pour respecter les lignes du relief existant (travail sur l'insertion dans le territoire, "raccrocher" les lignes de niveau).

⁶ Voire à la détruire pour les sangliers.

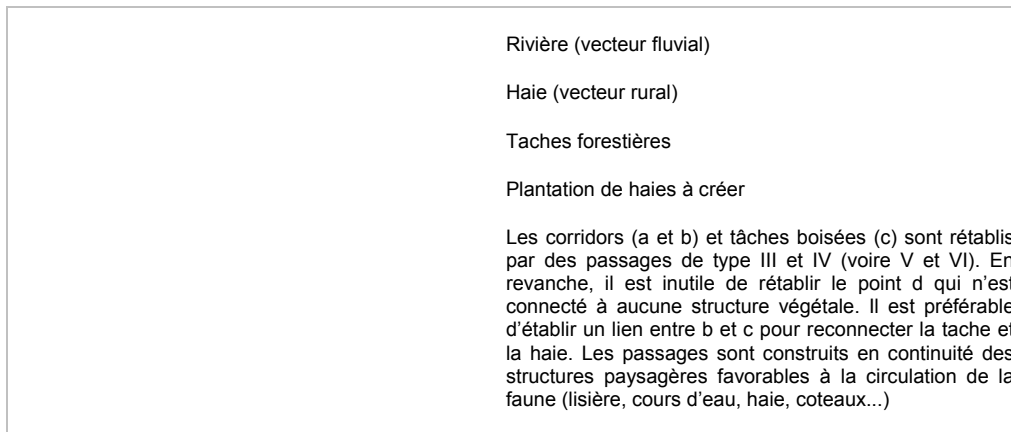


Figure 24. Conservation et restauration des structures écologiques cohérentes – Source : Sétra, 2005.

Le guide technique Paysage et Infrastructures de transport (Sétra, 2008) précise les techniques de mise en œuvre d'un aménagement paysager.

3 – La gestion des ouvrages

La gestion constitue le dernier maillon indispensable de la prise en compte de l'environnement qui, depuis les études initiales conduit au fonctionnement quotidien des aménagements faunistiques. Réaliser un aménagement ne suffit pas, il doit être surveillé pour éviter qu'il ne soit détourné de sa fonction initiale et régulièrement entretenu pour assurer durablement son efficacité. Des solutions existent (ex : conventions de gestion) et leur application doit devenir systématique.

L'efficacité des passages dépend :

- de l'entretien de l'aménagement et de ses abords ;
- de la surveillance régulière de l'aménagement et de ses abords afin de vérifier si l'environnement n'est pas modifié et qu'il ne soit détourné de sa fonction initiale ;
- du contrôle et de la réglementation des activités ainsi que de l'occupation des sols autour du passage ;
- du suivi de son utilisation durant les premières années de mise en service (pièges à trace, photo-surveillance, ...).

...envisager une synthèse des points clés de préconisations ?...

Partie 3 : DES ENJEUX ET DES MESURES POUR LA TVB AUX DIFFÉRENTES ÉTAPES DE LA VIE D'UNE ILT

A l'heure actuelle, très peu de conflits entre ILT et TVB ont été identifiés étant donné que la TVB n'est pas encore déclinée sur l'ensemble du territoire. Dans les régions où la trame est positionnée spatialement, la démarche de croisement entre le maillage écologique et le maillage des infrastructures n'en est qu'à ses débuts. Il convient de citer l'étude menée en Alsace, région ayant défini sa trame verte depuis 2003, sur les infrastructures et continuités écologiques.

A – Les enjeux pour un projet d'ILT

La réalisation d'une route engendre des effets dont l'appréciation se fait par rapport à un état initial du site, réalisé à l'occasion de la mise au point du projet. Sur la base de ce diagnostic sont mises en œuvre un certain nombre de mesures à tous ses stades de réalisation (conception, exécution des travaux et exploitation de la route). Les mesures de suppression des impacts sont à privilégier et notamment les mesures d'évitement des zones protégées qui doivent systématiquement être recherchées en premier lieu. Lorsque la suppression n'est pas possible techniquement ou économiquement, la réduction des effets doit être examinée, voire la compensation des effets dommageables notables (DR, 2004).

Les enjeux de préservation de la biodiversité et de la TVB vont se traduire par :

- **le positionnement du tracé de moindre impact** : en privilégiant l'évitement des zones sensibles présentant des enjeux de biodiversité en général et de TVB en particulier ;
- **le maintien de la transparence écologique** (corridors) : lorsque l'évitement n'est pas possible, en aménageant des ouvrages de franchissement pour assurer les connexions qui pourraient être coupées ;
- **la préservation des zones noyaux** : lorsque l'évitement n'est pas possible, en proposant des mesures pour la préservation des grands ensembles naturels et des bandes végétalisées le long des cours d'eau, composant la TVB.

« La trame verte est un outil d'aménagement du territoire, constituée de grands ensembles naturels et de corridors les reliant ou servant d'espaces tampons, reposant sur une cartographie à l'échelle 1:5000. Elle est complétée par une trame bleue formée des cours d'eau et masses d'eau et des bandes végétalisées généralisées le long de ces cours et masses d'eau. »

B – Les enjeux pour une ILT existante

Il n'existe pas aujourd'hui de procédure officiellement identifiée de remise à niveau des infrastructures existantes, pourtant les enjeux sont très importants compte tenu de l'étendue du réseau concerné. Une réflexion est en cours ainsi que l'élaboration d'outils techniques de mise en (Sétra/RST).

Les enjeux de cette « requalification environnementale » pour la TVB se déclinent en termes :

- d'amélioration des connexions ;
- de suivi d'efficacité de la mise en œuvre des mesures concernant les corridors, les grands ensembles naturels et des bandes végétalisées le long des cours d'eau ;
- d'entretien et de gestion des ouvrages de franchissement et des emprises, ainsi que des zones noyaux.

Les opérations de rattrapage sur des ILT restent aujourd'hui exceptionnelles. En 1976, la loi de protection de la nature a été une première étape dans la prise en considération des déplacements de la faune. On ne parlait pas encore de connectivité mais de perméabilité et les espèces ciblées étaient le grand gibier pour des raisons cynégétiques et de sécurité des usagers de la route. On a assisté progressivement à une montée en puissance des passages grande faune. A partir de 1993 les services de l'Etat synthétisent les expériences nationales et les exemples vertueux réalisés à l'étranger dans un guide (synthèse du savoir-faire, recommandations). Trois générations de passages

se succèdent. Les premiers sont sous dimensionnés et souvent mal placés. Pour ces raisons ils n'assurent pas leur fonction. Ceux de la deuxième génération voient leurs caractéristiques améliorées mais nombreux sont ceux qui restent sous utilisés. Les gestionnaires maîtres d'ouvrages prennent conscience de l'importance du besoin de gestion des passages : surveillance (éviter que les ouvrages ne soient détournés de leur fonction, entretien - éviter que les ouvrages deviennent inaccessibles par envahissement progressif de végétation indésirable). Les ouvrages pour la faune restent encore en nombre insuffisant pour assurer une véritable perméabilité des ILT. Ils sont construits encore trop souvent avec des objectifs cynégétiques (on privilégie les espèces gibiers, les espèces patrimoniales sont souvent ignorées par méconnaissance des enjeux de biodiversité).

Concernant particulièrement les cours d'eau, l'évolution dans la prise en compte de la franchissabilité des ouvrages hydrauliques par la faune piscicole est récente, et a réellement débuté avec la loi sur l'eau de 1992. Aussi, les problèmes sont-ils encore très nombreux, même sur des ILT récentes. De plus, contrairement aux passages pour la faune terrestres (Sétra, 1993, 2005), on ne dispose pas aujourd'hui de guide technique traitant spécifiquement de l'aménagement des ouvrages hydrauliques et des conditions nécessaires pour assurer leur franchissabilité par la faune aquatique.

Les exemples les plus connus de travaux de remise à niveau concernent l'aménagement de passages pour amphibiens sur le réseau départemental dès 1985. La Stratégie Nationale pour la Biodiversité et son plan d'action « Transport », le Grenelle de l'environnement, ont confirmé l'intérêt d'opérations de rattrapage et de défragmentation lourdes qui ne concerneraient pas seulement les amphibiens mais toute la biodiversité dans son ensemble. Des politiques diversifiées de conservation et de restauration des corridors écologiques sont engagées à différentes échelles territoriales (département, région, pays). Elles constituent la base d'une prise en compte globale de la conservation et de la connexion des habitats.

De nombreux constats de mortalité routière de la faune ont ainsi amené le Conseil Général de l'Isère à lancer une opération originale sur son département afin d'intégrer une dimension écologique forte à l'aménagement du territoire en Isère. Les objectifs définis ont été de mieux connaître les axes de déplacement de la faune sur le département ; de recenser les obstacles susceptibles de gêner ou d'empêcher les déplacements de la faune et de proposer des aménagements adaptés afin de réduire les principaux points noirs identifiés. Le réseau écologique global du département de l'Isère est cartographié (REDI), des points de conflits faune/infrastructures ont été identifiés et des projets de réhabilitation sont proposés (plusieurs passages à batraciens ont été réalisés).

D'autres projets à l'étude préfigurent les opérations de défragmentation des territoires : l'opération de rétablissement du corridor écologique de Saverne (cf. Figure 25) et le projet de tranchée couverte sur en Forêt de Fontainebleau visant à rétablir les continuités biologiques au droit d'une réserve biologique dans un massif classé en forêt de protection.

Le projet vise à rétablir le corridor écologique de Saverne interrompu par l'autoroute A4.

Le Col de Saverne forme un point de passage étroit mettant en relation les noyaux de population des grands carnivores (lynx) et des grands herbivores (cerf) du Jura et du Palatinat. C'est un corridor écologique majeur d'intérêt supranational.

Lors de la construction de l'autoroute, une passerelle en bois a été réalisée pour assurer la traversée des ongulés mais elle ne remplit pas sa fonction (emplacement éloigné de l'axe de déplacement interrompu, dimensions inadaptées, surfréquentation humaine).

La réhabilitation écologique est en cours d'étude (Cete Est – MEDD).

Figure 25. Exemple d'opération de rattrapage en cours sur l'A4, au Col de Saverne – Source : Sétra, 2006.

Dans ce contexte, des **prises à niveau sont nécessaires en termes de fréquence de passage** pour la faune (construire des passages pour la faune en complément de ceux qui existent là où leur

nombre est insuffisant) et de **requalification des ouvrages existants** pour la faune (requalification prioritaire sur la qualité des ouvrages, la manière dont ils sont connectés aux corridors qu'ils rétablissent plutôt que sur leurs dimensions difficiles à améliorer). La requalification doit porter sur les ouvrages pour la grande faune et la petite faune. Ces derniers sont plus faciles à mettre en œuvre mais cette facilité de mise en œuvre est contrebalancée par l'effort important de remise à niveau.

La **requalification pour la TVB doit également prendre en compte les zones noyaux** formant le maillage écologique et envisager des mesures de remise à niveau de ces ensembles naturels.

La gestion « raisonnée » des **dépendances vertes** (fauchage des talus, traitement végétal adapté aux milieux traversés) offrent également des perspectives intéressantes d'amélioration pour peu qu'elle soit envisagée avec pragmatisme. Dans de nombreuses situations, les dépendances vertes peuvent jouer un rôle de refuge pour la flore et la faune (parfois c'est le dernier refuge pour des espèces sauvages dans des milieux très artificialités). Les dépendances peuvent participer au remaillage des réseaux écologiques, constituer des sections de corridors et assurer des flux biologiques longitudinaux aux ILT. A contrario, les dépendances peuvent aussi favoriser le déplacement d'espèces invasives ou indésirables (Renouée du Japon, Ambroisie).

D'un point de vue pratique, des diagnostics de la transparence écologique des réseaux d'ILT sont à développer de manière progressive en s'intéressant en priorité aux sections traversant des espaces emblématiques ou impactant des espèces patrimoniales (hamster, vison par exemple).

*Tableau 5. Synthèse des enjeux et mesures globales pour la TVB et les ILT
...à compléter...*

Ancienneté ILT	Objectifs	Démarche d'analyse	Outils d'analyses	Mesures d'insertion (hors compensation)	Mesures de compensation / requalification	Entretien et gestion
ILT en projet	Positionner le tracé de moindre impact. Aménager des ouvrages de franchissement. Préserver les zones nodales.	Croisement TVB - tracé ILT pour le choix du tracé le moins impactant.	TVB. Tracé.	Mesures de restauration des continuités : - passages mixtes - passages spécifiques - autres aménagements (clôtures...) Mesures de préservation des zones nodales	Définir les mesures de compensation si nécessaires.	Prévoir un cahier des charges de l'entretien et la gestion des ouvrages de franchissement et des emprises. Gestion des zones nodales.
ILT existantes	Identification des conflits. Mise à niveau. Entretien et gérer les ouvrages de franchissement et des emprises. Gestion des zones noyaux.	Croisement TVB - tracé ILT pour l'identification des conflits. Analyse des conflits connus (collisions) et identifiés (croisement).	Diagnostic de transparence. Diagnostic d'efficacité des ouvrages de franchissement (si présents). Diagnostic de l'entretien des ouvrages et des emprises. Diagnostic des zones nodales		Analyse des perméabilités faune à restaurer. Analyse de l'adaptabilité des perméabilités potentielles. Réévaluation des mesures : proposition de nouvelles mesures en cas d'impact avéré sur espèce et ensemble naturel. Proposer des modifications d'entretien et gestion pour atténuer les impacts.	Bilan d'efficacité des mesures : ce qui a été fait par rapport aux propositions des études d'impact. Proposition des modifications d'entretien et gestion pour atténuer les impacts. Proposition de compensations en cas d'impact avéré sur espèce.

Partie 4 : VERS UNE COMPATIBILITE TVB – ILT

En préalable à cette partie, il convient pour plus de clarté de lecture de redéfinir les grands principes et les définitions de la TVB (voir pour plus de détails, les guides 1 et 2).

Afin de préserver la biodiversité, protéger des espèces sauvages dans des aires protégées ne suffit plus, il faut sauvegarder les grands écosystèmes de la planète, supports de notre développement et préserver leur capacité à fournir les services écologiques dont nous dépendons. Ceci suppose de s'intéresser à l'ensemble des habitats naturels et des espèces, même les plus ordinaires et à rétablir des flux permettant leur fonctionnement. Rétablir des flux, consiste à rétablir des continuités qui permettent aux espèces de circuler et d'interagir. Pour cela, l'espace rural, les cours d'eau, les zones urbaines doivent rester ou redevenir chaque fois que possible des espaces de vie pour la nature. Et les grands « organes vitaux » que constituent les montagnes, les fleuves, les grandes zones herbagères et forestières, le littoral sauvage doivent être préservés de la fragmentation, et souvent même restaurés.

Ainsi, identifier, comprendre et inscrire le fonctionnement de la trame verte et bleue dans la politique et les documents d'aménagement et de planification, permettra de :

- préserver la biodiversité et ses capacités d'adaptation aux changements climatiques,
- mieux accompagner les transformations du paysage, pour éviter une fragmentation supplémentaire ou irrémédiable liée à l'aménagement, à la banalisation ou/et à l'urbanisation de l'espace,
- resituer le territoire dans son environnement à plus large échelle et favoriser la solidarité entre territoires.

La trame verte est constituée de deux composantes principales : les zones noyaux et les corridors (pour permettre les échanges entre les zones noyaux). Chaque fois que c'est possible, il est également souhaitable, dans le souci de garantir la fonctionnalité de ces zones noyaux et parfois de ces corridors, de prévoir des zones de transition (pour les protéger d'influences extérieures potentiellement dommageables). Deux zones noyaux peuvent être connectées par un ou plusieurs corridors notamment parce que les espèces présentes ont des exigences différentes.

Les zones noyaux sont définies à partir des zonages d'inventaires et réglementaires, de la présence d'espèces et d'habitats déterminants-TV B.

Définition des termes-clé

Zone noyau : espace qui présente une biodiversité remarquable et dans lequel vivent des espèces patrimoniales à sauvegarder. Ces espèces y trouvent les conditions favorables pour réaliser tout ou partie de leur cycle de vie (alimentation et repos, reproduction et hivernage...).

Corridor : les corridors biologiques sont des voies de communication biologique, empruntées par la faune et la flore, qui relient les zones noyaux.

Zone de transition : espace situé autour des zones noyaux et des corridors et qui les préserve des influences extérieures négatives. La zone tampon a vocation à être un espace intermédiaire, non utilisé régulièrement par l'espèce pour son cycle de vie ou ses déplacements. Cette zone tampon isole les zones noyaux des activités dommageables à leur conservation.

Une trame verte et bleue peut aussi bien exister à une échelle continentale, qu'à une échelle nationale, régionale, intercommunale ou communale. Les trames vertes et bleues des différents niveaux territoriaux s'articulent de façon cohérente : chacune apporte une réponse aux enjeux de son territoire en matière de biodiversité et contribue à répondre aux enjeux des niveaux supérieurs.

A – Les limites des approches actuelles

1 – Les études préalables aux projets d'ILT

Nous disposons aujourd'hui d'un retour d'expérience, d'outils scientifiques et techniques, de textes réglementaires sur lesquels il est possible de s'appuyer pour la prise en compte de la biodiversité dans les aménagements d'infrastructures de transport.

Cependant, le bilan des études montre que certaines lacunes persistent dans la mise en œuvre des exigences réglementaires ou des recommandations.

Les principales difficultés de prise en compte des corridors relevées dans les études de projets d'ILT sont les suivants :

- **Un état initial incomplet :**

- Les études de déplacement de la faune terrestre et aquatique sont aujourd'hui insuffisantes ou absentes. Les études s'appuient souvent sur les données ONCFS concernant la faune cynégétique, sans expertise complémentaire de terrain ;
- L'approche par espèce ne permet pas de définir les grands corridors ;
- Des difficultés d'identification des populations, de leurs échanges et de leurs besoins de déplacement (déplacements journaliers ou saisonniers : brâme, dispersion des jeunes, colonisation de nouveaux milieux, brassage génétique...);
- Des lacunes de connaissance sur les déplacements de certaines espèces (oiseaux, chiroptères, papillons, insectes...), les corridors régionaux...

- **L'évaluation des impacts et la définition des mesures d'insertion :**

- La démonstration que les mouvements de populations seront rétablis n'est pas faite ;
- Les aires de repos et de reproduction des espèces protégées sont préservées mais pas les zones de corridors reliant ces aires, au risque d'être coupées par le projet.
- Le lien entre la dégradation de la qualité de l'eau et la fréquentation du milieu par la faune aquatique n'est pas systématiquement fait ;
- Les effets cumulés de l'infrastructure en projet et des autres infrastructures existantes ou en projet ne sont pas évalués ;
- Les effets induits des infrastructures sont peu évalués et non pris en compte (aménagement foncier, urbanisation). L'efficacité des mesures environnementales du projet peut donc être modifiée par les aménagements futurs.
- Les impacts du chantier ne sont pas toujours maîtrisés (destruction des berges et affouillements dans le lit des cours d'eau perturbant le milieu aquatique sur un linéaire important...)

L'étude d'impact doit donc développer un certain nombre d'aspects. Pour un grand nombre des points relevés ci-dessus, il s'agit de difficultés de mise en œuvre pour lesquelles des solutions techniques existent déjà dans plusieurs guides techniques et notes d'information (cf. publications du Sétra).

La nécessité d'une cohérence entre les procédures (étude d'impact, loi sur l'eau, AFAF...) est une difficulté générale fréquemment relevée et qu'il conviendrait d'améliorer. De même, la cohérence est à rechercher au sein de chacune des études, entre les différents thèmes d'études. Ainsi, dans le cas des milieux aquatiques, les études préalables doivent permettre de déterminer les « fonctions à rétablir » pour chaque ouvrage qui sera réalisé. Une étude préalable, traitant de manière séparée les enjeux hydrauliques et les enjeux environnementaux, n'aboutit qu'à la génération de conflits d'usage. Un ouvrage hydraulique dimensionné par rapport à une crue centennale, débouche généralement sur un ouvrage non franchissable pour la faune piscicole (incohérence entre vitesse/hauteur d'eau dans l'ouvrage et les exigences de la faune piscicole). La seule prise en compte de la fonction « continuité hydraulique » peut également aboutir à un choix inapproprié d'ouvrage : une buse peut suffire pour une fonction hydraulique, mais si une fonction continuité faunistique ou piétonne doit être également assurée, ce type d'ouvrage doit être évité.

Des lacunes scientifiques et techniques expliquent plusieurs difficultés de prise en compte des corridors dans les études de projet :

- L'absence de cartographie des corridors ;
- Le manque de connaissances scientifiques sur les espèces, en particulier de leur comportement ;
- Des difficultés méthodologiques d'inventaire des espèces ;
- Des lacunes méthodologiques pour l'estimation des effets cumulés.

Des évolutions méthodologiques sont à envisager pour prendre en compte certaines stratégies et données écologiques qui ne sont pas encore prises en compte dans les études de projet, notamment :

- La prise en compte des espèces faisant l'objet d'un plan de restauration qui ne sont actuellement pas présentes sur un site impacté mais que l'on souhaiterait voir recoloniser des milieux qui peuvent être inclus dans l'aire d'étude ;
- La prise en compte des aires utilisées ponctuellement par les oiseaux migrateurs.

2 – Les mesures d'insertion

Le paragraphe précédent a mis en évidence des difficultés relevées dans les études de projet. A ce stade d'un projet, on note également des problèmes dans la définition et la mise en œuvre des mesures d'insertion pour la biodiversité et les continuités biologiques en particulier :

- Les passages à faune proposés ne sont pas suffisants en nombre et peu adaptés. Peu de passages spécifiques sont proposés. Il s'agit souvent de passages mixtes mais peu adaptés pour la faune. Les guides techniques existants sont peu appliqués ou a minima ;
- Les ouvrages permettant le franchissement des cours d'eau sont perturbants pour la faune aquatique et semi-aquatique (buses, ponts cadres, banquettes non reliées aux berges...). Les milieux aquatiques peuvent subir différents impacts lors de la construction des ILT, mais la plus importante réside, en dehors de la phase chantier, dans la conception des ouvrages de franchissement de cours d'eau. Un ouvrage mal conçu sera difficile ensuite à repositionner ou à réaménager pour le rendre franchissable. Si les études ne sont pas de bonne qualité, l'ouvrage ne sera pas compatible avec l'ensemble des fonctions qu'il devra rétablir.
- Les effets induits des infrastructures sont peu évalués et non pris en compte (aménagement foncier, urbanisation).

L'efficacité de ces mesures peut être remise en cause lors de la mise en œuvre :

- Une mauvaise conception (ex. des bassins d'assainissement qui peuvent être la cause de mortalité pour la faune) ;
- Des mesures environnementales ne sont pas toujours réalisées en phase travaux ou mal réalisées.
Le déplacement d'un passage à faune par rapport à l'emplacement initial correspondant à l'axe de déplacement interrompu le rend inopérant. Ce type de modification de dernière minute, sans concertation avec les biologistes, est une difficulté récurrente qui explique pour partie les mauvais bilans d'utilisation des passages par la faune.
- Des engagements en matière de mesures de réduction et de compensation qui ne sont pas toujours tenus au moment de la mise en œuvre ;
- Les effets induits par les infrastructures : l'efficacité des mesures environnementales du projet peut être modifiée par les aménagements futurs (aménagement foncier, urbanisation).

La conception de mesures d'insertion soulève encore des interrogations méthodologiques mais aussi stratégiques. Le choix des espèces dont on souhaite rétablir les déplacements est une question essentielle. Jusqu'à présent, le raisonnement s'appliquait essentiellement aux ongulés (cerfs, chevreuils, sangliers), espèces qui ne sont pas menacées, voire colonisent de nouveaux territoires. Aujourd'hui, c'est la transparence des territoires qui est recherchée pour l'ensemble des groupes faunistiques. La question de l'enjeu de ces espèces gibiers en terme de conservation de la biodiversité se pose et certains biologistes se demandent si les mesures prises pour les ongulés se justifient au plan de la conservation et de l'économie.

Ce type d'interrogation peut toutefois être d'ores et déjà nuancé sachant qu'un passage efficace pour les ongulés l'est également pour l'ensemble des groupes faunistiques (les micro-mammifères, les carnivores, les blaireaux, les petits rongeurs). Les passages pour la grande faune se justifient donc parfaitement et les recommandations et méthodes établies il y a dix ans pour les ongulés, sont toujours d'actualité.

Des perspectives particulièrement intéressantes pour la mise à niveau des ILT existantes sont fournies par les ouvrages mixtes agricoles et forestiers. Ces ouvrages sont potentiellement utilisables par une grande part de la faune. L'inaccessibilité est le plus souvent due à des erreurs de conception (ouvrages revêtus notamment). Correctement aménagés, ils sont utilisables par la microfaune et la

mésosofaune, sous réserve qu'ils soient très faiblement empruntés et non revêtus. Ils contribuent ainsi à la transparence de l'infrastructure en complément des ouvrages spécifiques pour la faune.

Tous les passages mixtes ne sont toutefois pas utilisés de la même manière par la micro et la mésosofaune. Le taux d'utilisation dépendra fortement des dimensions du passage (plus ils sont larges et plus ils sont utilisés par la faune), de la nature du revêtement et de la physionomie de la végétation.

3 – L'entretien et la gestion des ILT, des emprises et des ouvrages de franchissement

Maillon indispensable, la gestion est souvent négligée alors même que, par retour d'expérience, on sait que la réalisation d'un aménagement ne suffit pas. Il doit être géré et régulièrement entretenu pour assurer durablement son efficacité.

Pour améliorer l'efficacité des aménagements plusieurs pistes sont envisageables (Sétra, 2005) :

- La prise en compte des considérations relatives à la gestion dès les phases amont du projet. L'efficacité des aménagements pour la petite faune dépendra de leur bonne réalisation. Cela permet d'assurer une cohérence avec l'ensemble du projet.
- La surveillance régulière de l'aménagement et de ses abords afin de vérifier si l'environnement n'est pas modifié ;
- L'entretien de l'aménagement et de ses abords ;
- Le contrôle et la réglementation des activités et de l'occupation des sols autour du passage ;
- La mise en place de conventions de gestion (communes, ONCFS, CSP, associations, organisations de protection de la nature, Fédérations départementales de chasseurs, Fédérations de pêche et de pisciculture, ONF) pour garantir la pérennité des mesures.

B – La TVB, une aide pour améliorer la transparence écologique des ILT

La Trame Verte et Bleue va définir, à l'échelle nationale puis dans ses déclinaisons régionales, une infrastructure écologique où seront identifiés et cartographiés avec une précision plus ou moins grande (du niveau local au niveau national) les enjeux en terme de maintien et de restauration de continuité écologique. L'échelle recommandée pour la trame verte et bleue régionale est le 1/100 000^{ème} et si c'est possible en fonction des données disponibles le 1/50 000^{ème}.

La définition à l'échelle régionale de la TVB régionale nécessitera une compilation des données naturalistes disponibles sur le territoire, menée comme les processus ultérieurs de hiérarchisation des enjeux, dans le cadre d'une concertation locale large. Elle devra faire appel aux compétences et connaissances des administrations, des scientifiques, des gestionnaires d'espaces naturels, des associations locales, des naturalistes et des utilisateurs et aménageurs de l'espace... Cette phase de concertation initiera des rencontres et des partages de connaissance et de problématique qui pourront être porteuses de nouveaux partenariats de coopération.

L'apport de la cartographie hiérarchisée des corridors de déplacements d'espèces-déterminantes régionales et/ou nationales et de restauration d'habitats, sera une information utile aux aménageurs. En effet, sans exonérer l'aménageur de faire réaliser les études d'impact telles que prévues dans la réglementation et/ou d'étude d'incidence en cas de site Natura 2000, cette cartographie permettra une vision des enjeux environnementaux à une échelle plus large que celle de son fuseau d'ILT (pour les projets) ou dans son emprise (pour les ILT en exploitation). L'aménageur pourra donc plus facilement établir un cahier des charges précis pour les études d'impact qu'il commande en élargissant la zone d'étude aux zones définies par la TVB comme corridors à préserver/restaurer.

1 – La TVB, des "corridors" mais aussi des "grands ensembles naturels"

Comme le rappellent les définitions de l'encadré, la trame verte et bleue comprend des milieux à préserver les zones noyaux entourées de zones de transition. Ces zones noyaux sont reliées par des

corridors. C'est l'ensemble de ces éléments qu'il faut préserver pour conserver ou restaurer une fonctionnalité écologique du paysage.

Les zones noyaux seront les premières à être identifiées lors de la mise en place de la TVB aux différentes échelles de sa déclinaison : nationale à locale. Ces zones sont des zones de biodiversité remarquable qu'il est indispensable de préserver de toute fragmentation par une ILT. En effet, la qualité d'un habitat est fortement liée à sa taille et réduire la surface d'un habitat (par exemple forestier mais aussi d'espace ouvert) peut réduire à zéro ses capacités d'accueil d'espèces patrimoniales qui n'auront plus suffisamment d'espace vital ou ne seront plus assez éloignées des lisières de l'habitat (cas d'oiseaux de cœur de forêt par exemple).

Même si beaucoup de zones noyaux seront des espaces déjà identifiés et déjà protégés par des mesures de protection, l'ambition de la TVB est d'y ajouter des zones majeures non encore protégées c'est-à-dire des habitats de taille suffisante pour les espèces identifiées comme déterminantes.

Une fois les zones noyaux définies, le ou les corridors permettant de les relier sont définis. La non fragmentation de ces corridors est indispensable au bon fonctionnement des zones noyaux et des populations animales qui y vivent. Les corridors ne sont pas constitués d'habitats patrimoniaux mais sont des espaces de nature ordinaire dont la qualité permet le déplacement des espèces. Le corridor est donc un espace à éviter lors du tracé d'une infrastructure sauf à en restaurer sa fonctionnalité par des mesures d'atténuation appropriées.

Stopper la perte de biodiversité c'est agir :

- sur les espaces de nature ordinaire, dans la matrice paysagère, par l'intermédiaire des corridors formant la TVB ;
- sur les espaces de nature patrimoniale par l'intermédiaire d'une réglementation des espaces et des espèces protégées, mais aussi en rétablissant les continuums dans les noyaux de nature (non prévu par la TVB).

Cette considération d'ensemble est importante puisqu'elle peut être déterminante dans le choix des mesures d'insertion. Ainsi, par exemple, la taille d'une tranchée couverte dépend des considérations propres du projet. Toutefois, s'il l'on souhaite restituer les structures paysagères existantes (haie, lisière, prairie...) nécessaires à la faune, une couverture minimum de 80 m est nécessaire. Ce n'est en effet qu'à partir de telles dimensions que l'on peut parler de véritable continuité entre le passage et ses alentours avec un rétablissement biologique de l'écosystème. Ces grandes largeurs garantissent une zone centrale non perturbée par le trafic ou la présence humaine. Elles empêchent également le contrôle d'espèce proies par des prédateurs (effet puits).

2 – Pour le positionnement des tracés des projets d'ILT

Dans une logique désormais établie de conception de solutions intégrées pour un projet d'ILT (COST 341), la première étape importante pour réduire l'effet de la fragmentation possible des habitats consiste à définir une zone d'étude pertinente permettant d'identifier les fonctionnements écologiques des espaces traversés. En effet, la taille de la zone d'étude ne peut pas être définie arbitrairement. Elle doit être beaucoup plus large que le couloir où est situé le projet. Elle doit être déterminée en fonction des contraintes sur le plan environnemental : structures et caractéristiques du paysage, réseaux d'ILT déjà existants...

Il existe une cartographie nationale⁷ remise à jour périodiquement par le SETRA des zones naturelles sensibles en 3 classes de sensibilité en fonction du statut des outils de protection des espaces naturels. Cette carte des protections existantes sera complétée par la TVB nationale et régionale qui identifiera ces espaces protégés comme des zones noyaux mais en ajoutera aussi d'autres qui ne sont pas sous statut de protection. La TVB identifiera aussi en plus les corridors majeurs permettant de relier ces zones noyaux. Elle sera donc utile pour identifier les options de tracé permettant d'éviter les secteurs à forts enjeux environnemental (éviter) et pour définir avec une meilleure précision et à un moindre coût la zone élargie à prendre en compte dans l'étude d'impact environnemental. De la même manière que le porté à connaissance de la présence d'enjeux environnementaux qu'apportent

⁷ Carte zones naturelles sensibles et infrastructures de transport, SETRA, dernière mise à jour septembre 2007.

les sites Natura 2000 et la classification ZNIEFF, la cartographie de la TVB va permettre une meilleure définition de la zone d'étude en améliorant les connaissances préalables au projet sur le fonctionnement à large échelle des espaces traversés.

Elle permettra aussi d'identifier plus facilement les connexions à restaurer par des aménagements spécifiques si le tracé retenu du projet traverse un corridor.

Cependant, vu ses échelles de précision même régionale (1 /100 000^{ème} ou peut être 1/50 000^{ème}), la cartographie TVB devra toujours être complétée par une EIE permettant, à l'échelle parcellaire, de localiser les trajets fins de déplacements de la faune afin de positionner au mieux les passages à aménager, en particulier pour les espèces à enjeux (grands carnivores, loutre, vison, hamster, batraciens...).

...compléter avec une analyse des zones nodales ?...

3 – Pour l'amélioration de la transparence des ILT existantes

Pour les espèces inscrites à l'annexe IV point a de la directive Habitats, il y a obligation quand des morts accidentelles peuvent avoir un effet négatif sur la conservation de l'espèce, de prendre des mesures de préservation. Pour les autres espèces les engagements en faveur de préservation de la biodiversité issus du Grenelle ont posé clairement l'exigence d'améliorer la perméabilité des infrastructures existantes construites à une période où les préoccupations environnementales et les connaissances étaient moins importantes.

L'un des enjeux de la trame verte est de diminuer la fragmentation en rétablissant, quand l'enjeu biologique le justifie, les continuités entre les habitats afin de leur rendre leur fonctionnalité et de rétablir la libre circulation des espèces. Dans les espaces concernés par une infrastructure antérieure à 1976⁸, la prise en compte de la fragmentation et des barrières induites sur la faune n'a généralement pas été faite à la création de l'infrastructure. C'est pourquoi, la localisation des zones-noyaux (éventuellement des zones de transition) et des corridors permettra à l'exploitant de l'ILT de connaître les enjeux des espaces traversés ou proches de l'infrastructure et de cibler ses réflexions en matière de reconnexion de milieux sur les espèces et habitats identifiés dans ces zones. Cette information lui permettra ainsi d'analyser de manière ciblée sur des tronçons identifiés à enjeux potentiels, les connexions à restaurer ou améliorer et les points d'écrasements fréquents à résorber par des aménagements d'atténuation ou si cela n'est pas possible par des mesures compensatoires.

4 – L'importance de l'implication de l'ensemble des acteurs locaux

Un projet réunit une équipe pluridisciplinaire dans le but de trouver des solutions techniques pour sa réalisation. A cette démarche de projet, il est souhaitable d'ajouter des compétences extérieures, la concertation et la communication sur le projet. Cette approche permet d'associer le maximum d'acteurs locaux dans la recherche de la meilleure stratégie d'aménagement et d'assurer une bonne complémentarité de compétences et l'appropriation du projet.

Extrait de la Circulaire n°2004-63 du 22 novembre 2004 relative à la concertation entre les services de l'environnement et les services de l'équipement pour l'élaboration et l'instruction des projets routiers du réseau national. (BO Equipement n° 2004-23 du 25/12/2004) :

Pour toute infrastructure de transport, la concertation doit permettre aux services de l'équipement de mieux définir, à chaque étape du projet, les variantes à étudier, puis la solution à mettre en œuvre, pour tenir compte des enjeux environnementaux et de développement durable. Engagée en amont du processus d'élaboration du projet, cette concertation permet de prévoir le plus tôt possible les solutions compatibles avec la préservation de l'environnement. Cette circulaire s'articule avec la concertation inter-administrative, spécifiquement routière, définie par la Circulaire du 05/10/2004.

⁸ Les premiers passages pour gibier datent des années 1960 et à partir de 1976, loi de protection de la nature, la prise en compte des déplacements de la faune s'est améliorée peu à peu. On peut citer comme événements-clé la publication des guides du Setra « Grande faune » de 1993 et plus récemment « Petite faune » 2005.

C – La TVB, un outil national et local

Progressivement, la TVB va se décliner de l'échelle nationale à la plus locale. Le Schéma Régional de Cohérence Ecologique fournira un outil d'aide à la programmation et à l'aménagement du territoire pour la conservation et à la restauration de la biodiversité locale.

Toutes les ILT (2 x 2 voies, RN, voies bi-directionnelles, VF, VN...) sont concernées aujourd'hui, quelque soit la taille des infrastructures. Cela exclut les projets modestes qui peuvent être très impactant sur la TVB, en s'inscrivant notamment dans des espaces de nature ordinaire sur lesquels les enjeux de préservation sont moins valorisés (absence de données naturalistes, absence de protection ou d'inventaire naturaliste).

La TVB et le Schéma Régional de Cohérence Ecologique vont devenir des « intrants » obligatoires qu'il faudra intégrer dans les analyses multicritères au même titre qu'une ZNIEFF, une ZPS...

D – La TVB aux différentes étapes de la vie d'une ILT

Dans les projets, la TVB doit être déclinée à tous les niveaux d'études depuis la phase amont (débat d'opportunité sur les grandes fonctions du projet), jusqu'à la mise en service et même au niveau du bilan. Le Schéma Régional de Cohérence Ecologique et la TVB s'appliquent à toutes les phases d'un projet selon un principe de progressivité et d'itération.

Tableau 6. Approche TVB dans les étapes d'un projet d'infrastructure

Etapas de projet	Objet de l'étape	Approche TVB		
		Objectifs biodiversité	Outils TVB	Echelles de travail
Etude d'opportunité	Définition de l'opportunité de l'infrastructure et du mode de transport	Identification des grands enjeux	La TVB et le Schéma Régional de Cohérence Ecologique, dressés au 1/100.000 ^e ou au 1/50.000 ^e s'appliquent sans restriction aux phases amonts (pas d'incompatibilité d'échelles)	1/100 000 ^e à 1/50 000 ^e
Etudes préliminaires	Parti général d'aménagement; Définition, puis comparaison des fuseaux de 1000 m (route).	Identifier, hiérarchiser, cartographier les enjeux principaux ; Délimiter l'aire d'étude ; Définir des grands ensembles non fragmentés.		1/50 000 ^e
Avant projet sommaire	Définition et comparaison des variantes; Bandes des 300 m et principes d'aménagement	Affiner les enjeux majeurs ; Identifier les enjeux secondaires ; Elaborer les grands principes d'aménagement ; Réaliser des notices d'incidence Natura 2000 ; Définir les mesures d'insertion ; Proposer si nécessaire de mesures compensatoires.	La TVB doit être améliorée par les maîtres d'ouvrage car pas assez précise pour avoir un caractère opérationnel	1/25 000 ^e à 1/5 000 ^e
Projet	Approfondissement de la solution retenue	Affiner les propositions positionner les ouvrages		1/5 000 ^e

En phase d'opportunité, La TVB et le Schéma Régional de Cohérence Ecologique, dressés au 1/100 000^e ou au 1/50 000^e peuvent s'appliquer sans restriction. Il n'y a pas d'incompatibilité d'échelles.

Dans les autres phases, dès la phase d'avant-projet plus opérationnelle, la TVB doit être déclinée à des échelles adaptées aux analyses à réaliser. De fait, la précision de la TVB doit être améliorée par les maîtres d'ouvrage pour la rendre opérationnelle. Ainsi, ils apporteront notamment des précisions sur la qualité des corridors, en terme de fonctions (fonction d'habitats, de filtre, le corridor, continu ou discontinu ?), d'espèces concernées (quelles sont les espèces qui l'empruntent, que se passe-t-il si l'ILT le sectionne, que deviennent les populations isolées, qu'en est-il du fonctionnement en méta population ?).

Les bureaux d'études et les maîtres d'ouvrage devront intégrer ces préoccupations au même titre que celles liées aux espaces et aux espèces protégées. Cette préoccupation se traduira dans les dossiers d'enquêtes (EI) en termes d'enjeux à hiérarchiser selon plusieurs niveaux (corridor local, corridor d'intérêt régional, national ou supra-national) et de principes d'aménagements (nombre et types de passages à faune, emplacements, fréquence...).

Ces principes d'aménagements figureront ensuite dans les engagements de l'Etat comme mesures constructives et contractuelles, non plus en terme de principe ou d'engagements de résultats.

Le Schéma Régional de Cohérence Ecologique en général et la TVB en particulier sont des données à intégrer au projet d'ILT mais aussi dans leurs plans de gestion/exploitation.

Il existe différentes occasions de procéder à l'amélioration de la transparence écologique des infrastructures de transport :

- Lors du bilan (bilan LOTI, évalué 3 à 5 ans après la mise en service d'un ILT) : on évalue l'efficacité des mesures prises pour assurer la transparence générale de l'ILT et, dans le détail, on évalue l'efficacité des mesures ponctuelles au travers des ouvrages petite et grande faune (mesures réductrices mais aussi mesures d'accompagnements et de compensations) ;
- opérations de mise à niveau, d'élargissement/doublement (procédure étude d'impact) ;
- Lors de la re-négociation de contrat (contrats d'entreprise des concessionnaires) ;
- Lors d'opérations d'effacement de point de conflits particulier (« assainissement » pour les suisses) et identifiés (généralement dans les espaces patrimoniaux).

E – Proposition de démarche de hiérarchisation des enjeux de transparence écologique des ILT

C'est le croisement entre l'ILT avec ses caractéristiques propres et celles du milieu traversé qui va entraîner des degrés de fragmentation et d'imperméabilité variables.

1 – Les critères à prendre en compte

Les caractéristiques de l'ILT à prendre en compte sont :

- sa nature (route, rail, canal, réseau de câbles),
- son imperméabilité totale ou partielle (clôture, berge artificielle pour les canaux),
- sa largeur,
- sa fréquentation (importance, vitesse et période journalière de trafic),
- la largeur et la nature de la gestion de ses emprises,
- son éclairage.

Les caractéristiques du milieu traversé à prendre en compte sont :

- les données linéaires des milieux traversés : réseau hydrographique, linéaire de haies ou de bandes boisées, linéaires de bandes enherbées non soumises à l'épandage de pesticides,
- les données surfaciques : type d'occupation du sol avec qualification du degré d'intensification des pratiques anthropiques et pour les milieux naturels : types d'habitat, priorité de conservation,
- la connaissance des axes de déplacement des animaux,
- la mobilisation locale pour la conservation des corridors : ce dernier point totalement indépendant de la qualité écologique d'un milieu est cependant un levier puissant qui, à hiérarchie de classement écologique identique, permettra de privilégier un point de conflit pour lequel une mobilisation de résolution permet une opérationnalité plus grande par l'implication locale dans le suivi de la mesure qui sera prise.

Pour prendre en compte le milieu traversé, la cartographie de la TVB au niveau régional et local aidera l'aménageur dans la conduite de son projet. Le croisement du réseau d'ILT ou du projet d'ILT avec la carte de la TVB permettra d'identifier tous les secteurs où des discontinuités écologiques entre espaces naturels d'intérêt écologique majeur (zones noyaux) et où les besoins de déplacement des espèces sauvages ne sont plus assurés du fait de la présence de l'ILT.

Cependant ce croisement du réseau écologique et du réseau des ILT mettra vraisemblablement en évidence, pour les réseaux d'ILT déjà existants, un très grand nombre de discontinuités écologiques

qu'il sera financièrement impossible de toutes traiter. La hiérarchisation des enjeux de transparence est donc une étape indispensable tant pour les ILT en exploitation à perméabiliser que pour les projets d'ILT.

Nous reprendrons ici des éléments de réflexion et de méthodes proposés par l'étude « Infrastructure et continuités écologiques » menée par Alsace Nature⁹ et appliquée sous forme de test au réseau des ILT d'Alsace puisque la région Alsace avait initié dès 2003 une cartographie de sa trame verte.

- **Pour ILT en projet : le choix du tracé et des mesures**

L'évitement des secteurs à enjeux environnementaux majeurs est une nécessité. Ces secteurs sont à minima les zones I (Protection ou nécessité de préservation maximale) de la carte SETRA mais aussi le plus possible de zones II (Protection forte ou nécessité de protection forte) qui seront reprises comme zones noyaux de la TVB régionale. Si elles n'y figurent pas, il conviendrait de préserver, en les évitant, les zones de grande taille de milieux semi-naturels non encore fragmentés.

Les corridors majeurs (niveau international à national) devraient aussi être préservés mais leur configuration entre zones à enjeux permet moins facilement d'éviter de les couper.

A l'échelle d'analyse de l'avant-projet sommaire, les zones abritant des habitats ou espèces de l'annexe IV de la directive Habitats doivent aussi être évitées par le tracé ainsi que celles abritant des espèces de listes régionales.

Plus on rassemble de connaissances, plus on associe de manière précoce les représentants d'intérêts locaux, plus on adopte une approche intégrée et multidisciplinaire mais aussi multisectorielle, meilleure sera la solution retenue.

- **Pour ILT en exploitation :**

- Pour l'implantation des ouvrages de franchissement

Les corridors majeurs touchés par une ILT doivent faire l'objet d'ouvrages de franchissement pour assurer leur continuité fonctionnelle. De la même manière les sites où sont connus des flux d'espèces (par des données naturalistes existantes, par dire d'expert ou par des localisations d'écrasement) doivent faire l'objet d'ouvrages de franchissement.

Le rétablissement de connexions entre habitats spécifiques d'une espèce sensible doit être également prioritaire : par exemple dans le cas de la loutre, il conviendra de rétablir une continuité la plus directe possible entre deux cours d'eau fréquentés par cette espèce.

Les ouvrages de franchissement doivent être hiérarchisés en fonction de la sensibilité des espèces aux impacts de l'infrastructure établie par la combinaison de connaissances sur la biologie des espèces et sur leur répartition locale (par exemple en termes d'atlas départemental de présence). Les espèces à aire de présence localisée, patrimoniale menacée ou fortement sensible de par la répartition d'habitats indispensables à son cycle de vie de part et d'autre de l'ILT doivent faire l'objet de rétablissement de connexions.

La réflexion sur l'implantation des ouvrages de franchissement doit prendre en considération :

- Leur localisation,
- Leur nature (spécifique ou mixte),
- La possibilité d'adapter de manière satisfaisante un autre ouvrage de rétablissement de connexion (hydraulique ou de chemin agricole).
- Leur positionnement (inférieur ou supérieur),
- Leur dimensionnement et leurs conditions technique et financière de réalisation.

Ces ouvrages de franchissement doivent être conçus en prenant en compte les autres ILT perturbant les circulations des espèces cibles, l'usage du sol aux alentours, les conditions d'entretien, de gestion et de suivi. Une attention toute particulière doit être apportée aux possibles modifications d'usage du sol ou de pratiques à moyen ou long terme afin d'essayer dans la mesure du possible de garantir la pérennité de l'efficacité du franchissement durant la durée de vie de l'ILT.

⁹ Infrastructures et continuités écologiques : étude méthodologique et application test en Alsace, Alsace Nature, rapport d'étude au Ministre d'Etat, Jean-Louis BORLOO, octobre 2008.

Une bonne connaissance des conditions locales peut conduire à volontairement ne pas restaurer une connexion (cas des ILT en exploitation) quand l'existence de cette barrière liée à la route permet d'éviter la diffusion dans un secteur préservé d'une espèce invasive (écureuil d'Amérique) ou d'une épizootie (peste porcine).

➤ Pour la restauration de la transparence

Comme nous l'indiquions, le croisement d'une TVB avec le réseau d'ITL exploitées peut aboutir à un nombre important de points de perméabilité qu'il faudrait assurer.

Ainsi, le cas d'étude mené sur l'Alsace montre que pour assurer uniquement les continuités entre zones noyaux de la trame verte, 110 connexions sont nécessaires dont le tiers est actuellement coupé par une infrastructure routière importante.

L'intérêt écologique de la connexion à restaurer sera un critère important qui sera combiné avec le degré d'imperméabilité actuel de l'ILT. Des routes non clôturées à circulation moyenne seront ainsi classées avec un faible niveau de priorité car elles sont franchissables à une partie de la faune, sur ces routes seuls les tronçons connus pour des écrasements répétés seront à niveau de priorité supérieur. Pour les infrastructures plus larges, plus fréquentées ou clôturées, toutes les perméabilités existantes (buses hydrauliques, passages de chemins d'exploitation, viaducs...) devront être répertoriées et caractérisées afin de voir si elles peuvent être adaptées pour être utilisables par la faune. Ces points de perméabilité seront caractérisés par leur nature, leur emplacement, leurs dimensions, leur état, leur facilité à être aménagés...

➤ Pour la localisation des mesures de compensation

L'impossibilité d'éviter un impact ou de l'atténuer suffisamment pour le rendre acceptable pour la préservation de la biodiversité doit conduire à définir des mesures de compensation.

Dans le cas d'un site des directives Oiseaux ou Habitats, la mesure de compensation établie dans le cadre de l'étude d'incidences doit être mise en place avant le début du projet de l'ILT.

Le choix de la mesure de compensation sera dicté par l'impact global de l'ILT en regard des objectifs de préservation/restauration de la biodiversité fixés au niveau régional. Il s'agira en concertation (par exemple avec le CSRPN) de définir les habitats/espèces prioritaires pour faire l'objet de mesures de compensation.

La localisation de la mesure compensatoire dépendra des caractéristiques intrinsèques du site permettant de restaurer avec de bonnes chances de succès l'habitat cible, de sa surface, du contexte et de l'environnement global du site et en particulier de sa localisation par rapport à des zones remarquables et de son niveau de perturbation par des activités humaines, de son statut foncier et des opportunités d'achat ou de bail de longue durée...

Afin d'en assurer la pérennité, il sera très important d'inclure dans les critères de choix la possibilité d'une gestion et éventuellement son intégration dans un réseau local d'espaces protégés.

➤ Pour le choix d'entretien des ILT et de leurs emprises

La nature et la gestion de la végétation des emprises de bord de voiries en fonction de la position d'éventuelles clôtures et passages à faune sont des éléments importants dans l'impact de l'infrastructure sur la biodiversité.

Elles ont un impact important sur la mortalité d'espèces patrimoniales (rapaces, chauves-souris...) qui viennent se nourrir à proximité de la voie parce que la dépendance verte est riche en micromammifères et insectes et a une structure de végétation adaptée à leur mode de chasse : pelouse basse ou végétation herbacée haute. Dans les secteurs où des fréquentations par des rapaces (nocturnes principalement, comme la chouette effraie) ou des chauves-souris sont connues, soit par des naturalistes, soit par des collisions dans le cas des ILT en exploitation, la nature de la végétation des emprises est à analyser afin d'envisager son remplacement par une végétation arbustive basse qui serait moins favorable à la chasse par les rapaces des micromammifères et des insectes par les chauve-souris.

La végétation des emprises peut également être utilisée comme un moyen de diminuer les mortalités d'animaux à mode de déplacement aérien en créant des barrières de végétation hautes obligeant l'animal à voler au dessus de la hauteur des véhicules pour traverser la voie ou en le canalisant en dehors des voies dans ses déplacements parallèles à l'ILT.

Les critères liés à l'infrastructure elle-même vont influencer sur les modes de gestion des emprises : profil à plat, en déblai ou en remblai.

La position, la nature et la fréquence d'entretien des clôtures vont également avoir une grande importance.

Les critères nature de la végétation, hauteur, largeur, appétence, mode d'entretien, périodicité et date de fauche, position dans le profil de l'emprise seront à caractériser.

2 – Données nécessaires pour hiérarchiser les enjeux de transparence

Afin de pouvoir hiérarchiser les enjeux de transparence des ILT en les croisant avec les enjeux majeurs identifiés dans la TVB, un certain nombre de données sont à recenser, harmoniser ou acquérir. Beaucoup de données sont obtenues selon des limites administratives (commune, département, région) ce qui n'est pas forcément pertinent pour analyser les flux d'espèces qui sont indépendants de ces limites. La précision et la puissance d'échantillonnage sont parfois différentes d'un secteur à l'autre ce qui peut fausser les analyses.

a- besoins de données sur les ILT

Ces éléments sont issus de l'étude Alsace Nature « Infrastructure et continuités écologiques ».

- **données nécessaires sur l'ILT analysée :**

- pour les infrastructures routières :

La largeur de la route : afin de la classer dans l'une des 3 classes retenues : moins de 4 m, entre 4 et 10 m, plus de 10 m.

Le trafic routier :

- le nombre de véhicules jour afin de la classer dans l'une des 4 classes retenues : non connue, moins de 2500, entre 2500 et 10 000, plus de 10 000.

- l'horaire des pics de circulation est une donnée importante à connaître car les déplacements de la faune se font préférentiellement au crépuscule et au lever du jour. Une route utilisée pour des déplacements pendulaires domicile/travail aura plus d'impact négatif potentiel sur la faune qu'une route avec le même nombre de véhicules mais fréquentée préférentiellement en milieu de journée.

Le profil de la voie : en plat, en remblai, en déblai

L'équipement du tronçon précisant la présence de grillage (caractéristique et position), de mur antibruit avec son opacité (un mur anti bruit transparent est un piège mortel pour les oiseaux qui ne peuvent pas le percevoir surtout s'il est bordé d'arbres), de muret central ou extérieur, de bassin de rétention des eaux.

L'existence, la localisation, les caractéristiques des passages existants spécifiques, mixtes ou prévus pour un autre usage mais pouvant être utilisés par la faune.

Un recensement régulier des cadavres est un outil intéressant qui permet de localiser à coût réduit (s'il est intégré dans la surveillance/nettoyage habituels des bords de route) des secteurs à enjeux où des animaux traversent préférentiellement. Selon la période de l'année et l'âge des animaux, ces données permettent de connaître le type de déplacement impacté (quotidien, de migration, de dispersion des jeunes).

Les données les moins disponibles sont généralement celles du trafic qui ne sont pas relevées systématiquement sur tous les axes. Nous préconisons pour les tronçons traversant une zone noyau ou un corridor de la TVB ou en étant proches de recueillir les données de trafic sur tout le réseau routier y compris non revêtu. En effet, en zone périurbaine, pour éviter les bouchons certains très petits axes parallèles à des réseaux plus importants surchargés peuvent être très fréquentés le matin et le soir et être beaucoup plus impactants pour la faune que leur largeur de chaussée ne le laisserait croire.

Une donnée difficile à anticiper lors d'un projet routier est l'éventuel report de circulation qu'elle entraînera, vers elle mais aussi dans le réseau secondaire permettant d'y accéder.

Il est également indispensable de faire un bilan de tous les points de perméabilité existants, n'ayant pas été conçus initialement comme passage à faune, de leur utilisation par la faune (en particulier tous les ouvrages hydrauliques). La collecte de toutes les localisations et caractéristiques des points de perméabilité permet de déterminer les ouvrages potentiellement fonctionnels et ceux aménageables à moindre coût pour leur assurer une fonctionnalité. Une description exhaustive de ces passages est estimée permettre d'analyser 20 km de réseau par jour (Carsignol, cité dans Alsace Nature, 2008). Une tournée après une chute de neige permet d'identifier rapidement des buses utilisées par la faune.

Figure 26. Buse sous une voie ferrée, empreintes par temps de neige – Photo : Vanpeene, 2009.

➤ pour les infrastructures ferroviaires :

Globalement le réseau ferroviaire est moins impactant en termes de fragmentation que le réseau routier. La traversée des voies par la faune dans le réseau ferré non LGV est souvent possible en raison de la largeur moindre des voies et de la fréquence moins rapprochée des passages de train que de voitures.

Seules les voies LGV clôturées ont un impact de fragmentation qui doit être atténué par des passages à faune adaptés en taille et densité.

Les données à recueillir pour une voie ferrée sont :

- la vitesse des trains y circulant
- l'équipement de la voie précisant la présence de grillage (caractéristique et position), de mur antibruit avec son opacité (un mur anti bruit transparent est un piège mortel pour les oiseaux qui ne peuvent pas le percevoir surtout s'il est bordé d'arbres), de bordure bétonnée...

- l'existence, la localisation, les caractéristiques des passages existants spécifiques, mixtes ou prévus pour un autre usage mais pouvant être utilisés par la faune.
- le recensement des cadavres est également utile.

➤ pour les voies navigables et réseaux de canaux :

La transparence des canaux est liée aux possibilités offertes à un animal qui y tombe par accident ou qui y arrive par un cours d'eau naturel s'y déversant, de sortir du canal. C'est donc la nature des berges qui va être le critère primordial à connaître.

La nature de chaque berge sera à renseigner : palplanche, béton ou mur vertical (pour des tronçons urbains majoritairement), enrochement, berge naturelle.

Ces données sont généralement disponibles au niveau des agences de bassin pour les rivières principales mais elles n'existent pas pour les canaux.

Pour la totalité des cours d'eau la présence de seuils, barrages, turbines est le facteur fragmentant maximum. La suppression de ces seuils doit être réfléchi sur la totalité du cours de la rivière : pour les espèces concernées depuis les zones de frayère jusqu'à leur habitat à l'âge adulte. Nous aborderons donc ce point dans le paragraphe sur les données régionales nécessaires.

➤ pour les réseaux de lignes électriques :

Trois réseaux sont à prendre en compte avec des spécificités et impacts différents en termes de mortalité sur la faune volante (oiseaux, chiroptères) par collision et électrocution :

- le réseau de transport d'électricité : les lignes haute tension B (tension supérieure à 50 kV)
- le réseau de distribution d'électricité avec des lignes moyenne et basse tension (tension inférieure à 50 kV)
- l'alimentation électrique des trains.

Ces réseaux sont à étudier dans les principaux couloirs de migration, dans les aires de reproduction d'espèces particulièrement sensibles, dans les aires de conservation prioritaire d'espèces d'oiseaux à grande envergure.

Les caractéristiques des lignes et des pylônes doivent être connues :

- Equipement visuel
- Equipement isolant
- Présence de reposoir

Le recensement des cadavres est également utile.

- **données nécessaires sur le réseau des différentes ILT proches (analyse des effets cumulés)**

Afin d'analyser les effets cumulés des ILT, toutes les ILT qui se croisent ou se longent, de nature semblable ou différente, sont à considérer dans les secteurs à enjeux majeurs de la TVB (zones noyaux et corridors). En effet, une succession d'obstacles même individuellement de faible impact finit par créer une barrière forte. Ce fait est particulièrement bien documenté pour les poissons et est traduit par la notion d'érosion quantitative d'une population migrante.

Il est en outre, non pertinent de créer un passage à faune sous une autoroute pour un animal à grandes capacités de déplacement si à quelques kilomètres le paysage est barré par une voie ferrée clôturée non équipée de passages.

Les données à recueillir sont les mêmes que pour chaque ILT, prise individuellement.

- **données nécessaires sur le réseau régional des différentes ILT**

Afin d'avoir une représentation hiérarchisée du réseau fragmentant linéaire, il est nécessaire d'identifier toutes les surfaces de faible perméabilité qui sont présentes dans le secteur d'étude : autres ILT, zones urbanisées, secteur agricole intensif...

Pour les poissons, en particulier les migrateurs amphihalins (saumons, anguille dans une moindre mesure car elle peut se déplacer dans des prés humides) les données sur les obstacles sont à récolter sur l'ensemble du trajet de la mer aux zones de frayère. Il est en effet inutile de supprimer des obstacles en amont si en aval les reproducteurs sont bloqués. Pour les poissons holobiotiques c'est le réseau des cours d'eau entre les sites de reproduction et de vie adulte qui est à considérer.

b- besoins de données sur le fonctionnement écologique du paysage traversé et sur les populations présentes pour préciser la TVB locale

- **Fonctionnement écologique du paysage traversé et populations :**

La nature du milieu et du type de corridor (nature du continuum) concerné par le tronçon de l'ILT analysée sont des données indispensables. Ces données connues à l'échelle de la TVB régionale (1/100 000^{ème}) doivent être complétées de manière fine pour pouvoir analyser les enjeux locaux de déplacements d'espèces et de préservation d'habitats.

Une cartographie des usages du sol et des infrastructures naturelles (haies, ripisylve, cours d'eau...) basée sur des photographies aériennes récentes doit être réalisée afin de pouvoir analyser le paysage en termes de matrices, de taches d'habitats et de corridors. En milieu agricole elle doit être complétée par des informations permettant d'identifier d'une part les milieux de nature ordinaire à peu de pression humaine (prairies naturelles, bord de champ enherbé...) pouvant assurer les déplacements des espèces et d'autre part les espaces d'agriculture intensive jouant un rôle de barrière aussi fort qu'une ILT pour certaines espèces.

La présence d'espèce déterminante régionale sur la base des atlas régionaux ou départementaux doit être identifiée.

L'étude Alsace Nature propose une identification des types d'information à croiser pour déterminer les points complémentaires de description des ILT existantes.

Tableau 7. Types d'informations à croiser pour hiérarchiser les tronçons routiers impactants – Source : Alsace Nature, 2008.

Types de données spatiales à croiser	Sources de données	A analyser	Niveaux d'infrastructures à croiser pour l'analyse	Objectifs de l'analyse
Espaces				
Identification des espaces prioritaires à l'échelle régionale pour la conservation de la biodiversité	Inventaires/méthodologie nationale TVB	En priorité	Réseau routier complet	Déterminer les tronçons routiers les plus conflictuels avec le maintien de la trame verte régionale et pour lesquels des réductions d'impact doivent être proposées.
Occupation du sol : surfaces les plus favorables aux déplacements d'espèces : tous boisements ou espaces naturels, ou espaces agricoles non intensifs	Inventaires, CORINE biotope, études existantes	En priorité	Réseau routier complet	Déterminer les tronçons routiers conflictuels avec le maintien de la trame verte régionale et pour lesquels des réductions d'impact doivent être proposées en complément. Engager l'analyse des points de perméabilité et des points de conflits en priorité.
Zones de présence (et reconquête) espèces prioritaires	Liste d'espèces à définir régionalement	En priorité	Réseau routier complet ou à définir selon groupe d'espèces	Déterminer les tronçons routiers les plus conflictuels avec le maintien de populations d'espèces prioritaires et pour lesquelles des mesures de réduction d'impact spécifique doivent être proposées.
Densité routière (effets cumulatifs)	A analyser			
Points de perméabilité existants				
Passages supérieurs potentiellement aménageables (non routiers)	Localisation simple par analyse croisée cartographique	En priorité	Autoroutes et grands axes	Déterminer les ouvrages potentiellement fonctionnels et les mesures d'aménagements connexes à réaliser pour assurer une fonctionnalité maximale. La localisation peut être obtenue par analyse croisée cartographique en partie. Dans tous les cas, nécessite une évaluation individualisée de chaque point de passage pour en déterminer les potentialités et l'efficacité. Dans la plupart des cas, ces points de perméabilité ne fonctionnent que très occasionnellement.
Passages inférieurs non routiers potentiellement aménageables (hors réseau hydro)			Autoroutes et grands axes en grillagés	
Passages inférieurs réseau hydro			Réseau principal	
Passages inférieurs « buses et tuyaux »	En priorité	Autoroutes et grands axes		
Passages supérieurs à faune	Vérifier leur fonctionnalité		Réseau routier complet	
Passages inférieurs à faune				
Points de conflits (potentiels ou existants)				
Points avec mortalité forte et régulière faune	Amphibiens : inventaires généralement compilés par associations spécialisées (ou actions types « fréquence grenouilles »). Autres : données à compiler selon sources (APN, Fédé chasse et ONC, DRE...)	En priorité	Réseau routier complet	Déterminer les points d'actions prioritaires pour lesquelles des mesures de réduction d'impact spécifiques doivent être mises en place.
Croisement réseau hydrographique	Localisation simple par analyse croisée cartographique	En priorité	Réseau principal x répartition espèces semi-aquatiques prioritaires	Déterminer les ouvrages les plus problématiques et les mesures d'aménagements connexes à réaliser pour limiter la mortalité.
Continuités identifiées pour le déplacement de la faune	Inventaires, études existantes, données de différents réseaux (APNE, fédérations des chasseurs)		Réseau routier complet	Déterminer les points de croisement les plus problématiques et les mesures d'aménagements connexes à réaliser pour limiter la mortalité.
Continuités identifiées à conserver ou recréer (cadre Trame Verte Nationale)	Inventaires/méthodologie nationale TVB	En priorité	Réseau routier complet	
Continuités « naturelles »				

subsistantes en zones conurbées	Études existantes	En priorité	Réseau routier complet	
Continuités « naturelles » subsistantes en zones de grande culture	Études existantes, souvent liées au réseau hydrographique	En priorité	Réseau principal	

3 – Hiérarchisation des enjeux de transparence des ILT

Les 4 grands réseaux d'infrastructures linéaires ont globalement des impacts très différents, sauf situations locales particulières, figurant dans le tableau 8.

Tableau 8. Nature des tronçons formant le réseau fragmentant – Source : Alsace Nature, 2008.

Nature des infrastructures	impacts	Réseau fragmentant	hiérarchisation
Ferroviaires	Restreints en dehors des LGV (mortalité directe non retenue dans ce cadre) mais cloisonnement de la grande et petite faune sur les linéaires engrillagés	Uniquement les linéaires les plus impactants : LGV et linéaires engrillagés	1 classe
Canaux	Restreints sauf linéaires avec canaux à berges en palplanches	Uniquement linéaires les plus impacts : berges en palplanche ou technique similaire	1 classe
Lignes de transport D'électricité	Restreints à la mortalité des oiseaux (et chiroptères ?), principalement sur certains types de ligne	Uniquement les linéaires les plus conflictuels	1 classe
Routières	- forts - mortalité directe et indirecte, cloisonnement - touche tous les groupes de vertébrés Effet cumulatif généré par la densité routière	Tout le réseau principal, avec - hiérarchisation nécessaire - intégrer la problématique de la densité de routes en complément ? - prise en compte des « coupures » au-delà des limites régionales	5 classes

- **L'échelle d'analyse : le tronçon**

Ce n'est pas la totalité de l'ILT qu'il faut considérer mais des tronçons d'ILT à enjeu parfois variable en fonction des caractéristiques du paysage environnant.

La prise en compte de la TVB (priorité de conservation de noyaux de biodiversité et corridors identifiés) et les études complémentaires locales doivent amener à découper l'ILT en tronçons homogènes du point de vue de leurs impacts en termes de transparence par rapport aux corridors biologiques. Chacun de ces tronçons impactant sera analysé dans le paysage qu'il traverse avec une échelle d'analyse et de zone d'étude dépendant des enjeux identifiés. La zone d'étude sera plus étendue si le principal enjeu est la coupure d'un corridor grande faune : elle devra dans ce cas inclure les massifs forestiers entre lesquels les espèces se déplacent. Dans le cas d'un enjeu de mortalité de loutre ou vison, elle devra intégrer la zone humide et les cours d'eau fréquentés par ces espèces (même ceux qui ne sont pas au contact direct avec l'ILT) dans la mesure où c'est la totalité du domaine vital de l'animal qui doit être pris en compte pour analyser ses besoins de déplacement. Si l'enjeu est une traversée de batraciens vers un étang, la zone d'étude pourra être restreinte celle incluant leur zone d'hivernage et leur site de reproduction.

- **Caractérisation du réseau routier**

Le tableau 9 montre que le réseau routier a le plus d'impact et une proposition a été faite (Alsace Nature) de caractériser 5 classes d'impacts. Ces classes sont identifiées en fonction de données bibliographiques.

Tableau 9. Synthèse des caractéristiques des tronçons routiers retenues pour hiérarchiser leur impact – Source : Alsace Nature, 2008.

Paramètres retenus	catégories	description	coefficient	Disponibilité des données	Source des données
Largeur de chaussée	<= 4 m	Très petite route bituminée	1	Tout le réseau	IGN BD Topo
	4 <> 10 m	Toutes les 2 voies normalisées	2		
	>= 10 m	3 voies normalisées et plus	3		
Trafic routier en véh./jour	Non connu	Pas de données	1	Routes principales pas exhaustif	Conseils généraux, DIR/DRE
	<= 2500	Perméabilité existante	2		
	2500 <> 10000	Forte mortalité, perméabilité faible	3		
	>= 10000	Imperméabilité quasi totale	4		
Axes « équipés »*		Imperméabilité totale	7	partielle	Réalisation DRE

*les axes « équipés » regroupent les grands axes routiers équipés de clôtures, murs centraux ou externes, système de drains et de bassins de rétention des eaux. Par défaut toute route supérieure à égale à 3 voies qui a au moins l'un de ces équipements est considérée comme axe « équipé ». En raison de leur imperméabilité totale (en l'absence de mesure d'atténuation par des passages de franchissement), un coefficient 7 leur a été attribué.

En fonction de ces classes et de ces coefficients, une répartition des infrastructures routières en 4 classes est proposée (Alsace Nature, 2008).

Tableau 10. Classes de valeurs des tronçons du réseau routier fragmentant – Source : Alsace Nature, 2008.

classe	Valeur du coefficient (addition)	Impact estimé du tronçon routier	description
4	7	Très important	Tous les grands axes routiers équipés quel que soit le trafic
3	5-6	Important	Routes standards avec trafic fort 3 voies et plus non équipées avec trafic moyen à fort
2	3-4	Assez important	Routes standards avec trafic moyen 3 voies et plus non équipées à trafic faible ou non connu
1	1-2	moindre	Petites routes avec trafic non connu

Tableau 11. Détail des classes en fonction des largeurs de voie, du trafic et de l'équipement – Source : Alsace Nature, 2008.

Trafic/largeur	<= 4 m	4 < > 10 m	>= 10 m	Axes « équipés »
Non connu	Classe 1	Classe 2	Classe 2	Classe 4
<= 2500 véh./jour	Classe 1	Classe 2	Classe 2	Classe 4
2500 <> 10000 véh./jour	Classe 2	Classe 2	Classe 3	Classe 4
>= 10000 véh./jour	Classe 2	Classe 3	Classe 3	Classe 4

- **Caractérisation des espaces prioritaires**

A la classification du réseau routier, vient s'ajouter la classification des espaces traversés par le tronçon définie par la TVB régionale et les analyses complémentaires menées au niveau local. Si le tronçon n'est pas dans un espace inclus dans la TVB le coefficient défini dans le tableau est maintenu.

Si le tronçon est dans un corridor ou une zone tampon, le coefficient est majoré de +2, ce qui conduit à faire monter le tronçon d'une classe dans la hiérarchie.

S'il est dans une zone noyau le coefficient est majoré de + 4, ce qui conduit à faire monter de 2 classes le tronçon (pour les axes équipés on considère qu'ils ne montent que d'une classe).

Tableau 12. Synthèse finale du croisement impact du réseau fragmentant et TVB – Source : Alsace Nature, 2008.

Classe et coefficient du réseau fragmentant	Localisation en zone noyau de TVB (+4)	Localisation dans corridor ou zone tampon de TVB (+2)	Hors TVB (+0)
7 classe 4	11 majeur	9 majeur	7 très important
5-6 classe 3	9-10 majeur	7-8 très important	5-6 important
3-4 classe 2	7-8 très important	5-6 important	3-4 assez important
1-2 classe 1	6 important	4 assez important	2 moindre

- **Cas des ILT en projet**

Cette classification proposée par Alsace Nature pour hiérarchiser les infrastructures existantes afin d'établir des priorités de rétablissement de transparence peut être utile aussi pour les projets d'ILT. Elle permet avec des estimations préalables de trafic de classer les tronçons en fonction de leur position dans la TVB.

Les tronçons en projet classés important à majeur doivent faire l'objet d'une restauration des franchissements nécessaires à la fois par des passages spécifiques et l'adaptation à la petite faune de toutes les restaurations de continuités hydraulique par des banquettes hors d'eau dans les buses et sous les ponts. Dans ce cas, une réflexion très en amont doit être menée sur le profil de la route (remblai/déblai) dans des secteurs importants pour les oiseaux et les chauves-souris.

- **Cas des ILT en exploitation**

- caractéristiques des tronçons à enjeu majeur

La hiérarchisation des enjeux de transparence appliquée à l'ensemble du réseau routier d'un département, d'une région permet de voir l'ampleur des réhabilitations qui seraient nécessaires. Elles excèdent souvent de beaucoup les capacités financières et humaines. La hiérarchisation et la spatialisation sur une carte des tronçons à enjeux majeurs à très importants permettent de fixer des priorités d'action en termes de résolution de conflits et d'amélioration de la transparence. Le croisement de cette hiérarchisation avec les données issues de la recherche exhaustive de points de perméabilité existants déjà ou facilement aménageables permet de lister les secteurs où l'amélioration de la transparence de l'ILT ne sera pas trop difficile.

- caractéristiques des tronçons à enjeu local

Certains secteurs non identifiés comme des enjeux importants peuvent faire l'objet d'une mobilisation locale importante pour restaurer un corridor. L'existence de partenaires locaux mobilisés et prêts à s'engager doit primer sur le niveau hiérarchique du corridor. Il faut profiter de toutes les volontés locales pour avoir des actions de sensibilisation et permettant de mettre en avant des actions concrètes de restauration de corridors.

Conclusion

...à compléter...

Des impacts reconnus

Des mesures existantes déjà efficaces si bien réalisées

Des pistes d'amélioration déjà en chantier

Une proposition de démarche d'analyse de la compatibilité TVB-ILT

Bibliographie à compléter

De Redon, 2008. Intérêts écologiques des bords de route en milieu agricole intensif. Thèse MNHN-MEEDDAT-DIT.

Direction des Routes, 2004. La nature et la route, 32 p.

MEDD, 2004. Stratégie Nationale pour la Biodiversité : Enjeux, finalités, orientations, ??p.

MTETM, 2005. Stratégie Nationale pour la Biodiversité. Plan d'action infrastructures de transports terrestres, ??p.

ONCFS. 2005. Réseau ongulés sauvages. Lettre d'information n°10. 11p

Sétra, 2008. Paysage et infrastructures de transport. Guide technique, Réf. 0828, 120p.

Sétra, 2008. Routes et chiroptères. Etat des connaissances. Rapport, 219 p.

Sétra, 2008. Clôtures routières et faune. Critères de choix et recommandations d'implantation. Note d'information n°86 série Economie, Environnement, Conception, 22 p.

Sétra, 2007. Biodiversité et infrastructures de transports terrestres. Note d'information n°79 série Economie, Environnement, Conception, ??p.

Sétra, 2007. Natura 2000 : Principe d'évaluation des incidences des infrastructures de transports terrestres. Note d'information n°78 série Economie, Environnement, Conception, ??p.

Sétra, 2006. Mesures de limitation de la mortalité de la chouette effraie sur le réseau routier. Note d'information n° 74 série Economie, Environnement, Conception, 11p.

Sétra, 2006. Les mustélidés semi-aquatiques et les infrastructures routières et ferroviaires - Loure et vison d'Europe. Note d'information n°76 série Economie, Environnement, Conception, ??p.

Sétra, 2006. Passage à faune : 40 ans d'évolution. Rapport. Réf 0641w, ??p.

Sétra, 2005. Aménagements et mesures pour la petite faune. Guide technique, Réf. 0527, 264p.

Sétra, 2004. Entretien des dépendances vertes. Guide technique, Réf. 0406, 134p.

Sétra, 2003. Systèmes et mesures visant à réduire le nombre de collisions avec les grands ongulés. Note d'information n°72 série Economie, Environnement, Conception, 8 p.

Sétra, 2003. La lutte contre l'ambrosie. Note d'information n°71 série Economie, Environnement, Conception, 8 p.

Sétra, 2000. Fragmentation de l'habitat due aux infrastructures de transports. Rapport de la France. COST Transport - Action 341, ??p.

Sétra, 1996. Prise en compte de l'environnement et du paysage dans les projets routiers. Instruction, 61p.

Sétra -MEDD, 1993. Passages pour la grande faune. Guide technique, 121pp.

+refs 1% paysage

Réglementation

Circulaire n°96-21 du 11 mars 1996 relative à la prise en compte de l'environnement et du paysage dans les projets routiers (BO Equipement n°96-11 du 30/04/1996).

Liste des tableaux, figures et cartes

Tableau 1. Longueur des infrastructures de transport (source IFEN, 2006)
Tableau 2. Exemples d'étendus de domaines vitaux
Tableau 3. Approche biodiversité dans les phases d'étude de projet d'infrastructure
Tableau 4. Différents types de passage (mixte ou spécifique) pour la micro, la mésofaune et la grande faune
Tableau 5. Synthèse des enjeux et mesures globales pour la TVB et les ILT
Tableau 6. Approche TVB dans les étapes d'un projet d'infrastructure
Tableau 7. Types d'informations à croiser pour hiérarchiser les tronçons routiers impactants
Tableau 8. Nature des tronçons formant le réseau fragmentant
Tableau 9. Synthèse des caractéristiques des tronçons routiers retenues pour hiérarchiser leur impact
Tableau 10. Classes de valeurs des tronçons du réseau routier fragmentant
Tableau 11. Détail des classes en fonction des largeurs de voie, du trafic et de l'équipement
Tableau 12. Synthèse finale du croisement impact du réseau fragmentant et TVB

Figure 1. Les impacts des infrastructures
Figure 2. Fragmentation des habitats par une infrastructure
Figure 3. Effets d'un traitement d'un bord de route aux herbicides
Figure 4. La gestion différenciée des dépendances vertes
Figure 5. Cycle d'activité et des changements de gîtes des chauves-souris
Figure 6. Exemple d'aménagement pour obliger les oiseaux à élever leur vol pour franchir la chaussée. Cas d'une voie routière en zone agricole
Figure 7. Causes de mortalité de 69 visons trouvés morts
Figure 8. Périodes favorable et défavorable à la réalisation de chantiers d'infrastructures, pour le vison d'Europe
Figure 9. Passage à loutre disposant d'une banquettes et aménagement d'une buse sèche pour le vison
Figure 10. Ouvrage hydraulique présentant des difficultés pour le franchissement
Figure 11. Aménagement global et règle minimale de passage tous les 300 m dans un espace de nature ordinaire
Figure 12. Exemples de passages à faune spécifique et mixte
Figure 13. Exemple de passage spécifique supérieur : un écopont
Figure 14. Exemple de passage spécifique supérieur : une tranchée couverte
Figure 15. Exemple de passages spécifiques inférieurs
Figure 16. Exemples de passages spécifiques pour la petite faune
Figure 17. Exemple de passage supérieur mixte
Figure 18. Exemples de passages non spécialisés pour la petite faune : simples conduits
Figure 19. Exemples de techniques de traitement des descentes d'eau
Figure 20. Clôtures raccordées aux ouvrages d'art
Figure 21. Exemples de clôtures pour la grande faune et pour la petite faune
Figure 22. Aménagement global d'un ouvrage (type VI) favorable aux micromammifères, aux reptiles, aux amphibiens, à la mésofaune et à la grande faune
Figure 23. Variation de l'efficacité des passages (type IV, V, VI).
Figure 24. Conservation et restauration des structures écologiques cohérentes
Figure 25. Exemple d'opération de rattrapage en cours sur l'A4, au Col de Saverne
Figure 26. Buse sous une voie ferrée, empreintes par temps de neige

Carte 1. Les grands réseaux d'infrastructure ILT et VN en France
Carte 2. Un exemple régional : les réseaux d'infrastructures dans la région Rhône-Alpes

Rédacteurs :

Cemagref :

- Sylvie Vanpeene

Sétra-RST :

- Sabine Bielsa (Sétra)
- Amandine Bommel (Sétra)
- Marc Gigeux (Cete Est)

Appui technique :

- Jean Carsignol (Cete Est)