

INFRASTRUCTURES ET CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES

Étude méthodologique et application test en Alsace

**Rapport d'étude réalisé avec le soutien du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie,
du Développement durable et de l'Aménagement du territoire**

(cf. Lettre de mission ANNEXES : DOC0)

Remerciements

Mme BERRARD Lucille (DIR Est) ; M. BERSCH Patrick (Direction Régionale de l'Équipement Alsace) ; M. BIGORRE François (Agence de l'Eau Rhin Meuse) ; M. BOEHLY Jean Marie (Fédération départementale des Chasseurs du Haut Rhin) ; M. BONTE Thomas (Electricité de France) ; M. BOUDESEUL Nicolas (Direction Régionale de l'Équipement Alsace) ; M. BOURGUIGNON Benoît (Réseau de Transport d'Electricité Est) ; M. BRAUN Christian (Ligue pour la Protection des Oiseaux - délégation Alsace) ; M. BRAUN Emmanuel (Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt, Alsace) ; M. BURKARD Gérard (Association Saumon Rhin) ; Mme CALMET Anne (Direction Régionale de l'Équipement Délégation Alsace) ; Mme CARON Emmanuelle (Conseil Général du Bas Rhin) ; M. CARSIGNOL Jean (CETE de l'Est) ; Mlle CAUBLOT Gaëlle (Groupe d'Etude et de Protection des Mammifères d'Alsace) ; M. CHEPPE Xavier (Délégation Régionale de l'Environnement Alsace) ; Mme CLIMENT (Réseau Ferré de France) ; M. DRONNEAU Christian (Conseil Régional d'Alsace) ; M. EHLENBERGER Jean-Yves (Conseil Général du Bas Rhin) ; M. ERB Robert (Fédération du bas Rhin pour la Pêche et la protection des milieux aquatiques) ; M. FELDNER Patrick (Conseil Général du Haut Rhin) ; M. FISCHBACH Jonathan (Fédération Départementale des Chasseurs du Bas Rhin) ; M. FOERSTER (Conseil Général du Haut Rhin) ; M. GARNIER Alain (Electricité de France) ; M. GENOT Jean Claude (Parc Naturel régional des Vosges du Nord) ; M. GERLIER Mathieu (Direction Régionale de l'Environnement Alsace) ; Mme GIBET Séverine (Office des DONNÉES NATURALISTES d'Alsace) ; M. GIERE Frédéric (Conseil Général du Bas Rhin) ; M. GIRAUD Stéphane (Groupe d'Etude et de Protection des Mammifères d'Alsace) ; Mme GRANDET Gaëlle (Conservatoire des Sites Alsaciens) ; Mme GUILLOT Cathy (Bureau d'études ECOSCOPI) ; M. HELFER Denis (Conseil régional d'Alsace) ; M. HEUZE Patricia (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques) ; M. JACOB Jean Claude (Conseil Général du Haut Rhin) ; M. JOURDAIN Stéphane (Direction de l'Équipement du Val d'Oise) ; M. KERN Bernard (Electricité de France) ; M. KREIS Nicolas (Conseil Général du Haut Rhin) ; M. KOPP Jean Marc (Fédération du Bas-Rhin pour la Pêche et la protection des milieux aquatiques) ; Mme LAMORLETTE Sylvie (Conseil Général du Bas Rhin) ; M. LANG Gérard (Fédération Départementale des Chasseurs du Bas Rhin) ; Mlle LEMOINE Marie (Agence de l'Eau Rhin Meuse) ; M. LAUCHER Stéphane (Direction Régionale de l'Environnement Alsace) ; M. LEVASSEUR Eric (Conseil Général du Haut Rhin) ; M. LOUVIOT Julien (Fédération du Bas-Rhin pour la Pêche et la protection des milieux aquatiques) ; Mme MARBACH Sandrine (Bureau d'études ECOSCOPI) ; Mme MEYER Christine (Fédération Haut Rhin pour la Pêche et la protection des milieux aquatiques) ; M. MICHEL Claude (Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges) ; M. MONNIER David (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques) ; M. MORELLE Sébastien (Parc Naturel Régional des Vosges du Nord) ; M. MORENO Yohann (SANDRE) ; M. PAQUIN Maxime (France Nature Environnement) ; M. PEREZ Emmanuel (ONEMA) ; M. PETIT Vincent (Réseau Ferré de France) ; M. PRINET Julien (Office National des Forêts) ; M. NICLOUX Claude (Direction Régionale de l'Environnement Alsace) ; M. RUSSO Philippe (Agence de l'Eau Rhin Meuse) ; M. RYCKELYNCK Guillaume (Conseil Régional d'Alsace) ; Mme SOURIAU Anne (Parc Naturel Régional du Perche) ; M. SCHAEFFER Frédéric (Association Saumon Rhin) ; M. SCHWOERER Marie Laure (Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage) ; M. VACHER Jean Pierre (BUFO) ; M. VENAMBRE François (Agence de l'Eau Rhin Meuse) ; M. TEXIER Dominique (Transport Electricité de l'Est) ; Mlle VAXELAIRE Marie (Alsace Nature) ; M. VERDIER Julien (Association Saumon Rhin) ; M. WAEFFLER Laurent (Ligue pour la Protection des Oiseaux - délégation Alsace) ; M. WENCKER Jean (Alsace Nature) ; M. VOEGEL Frédéric (Direction Régionale de l'Équipement d'Alsace) ; M. ZILLHARDT Delphine (Voies Navigables de France) ; M. ZIMMERMANN Pierre (Parc Naturel Régional des Vosges du Nord)

ainsi que l'ensemble des personnes ayant participé aux comités techniques et de suivi.

Rédaction

Alsace Nature, BUFO, France Nature Environnement, Groupe d'Etude et de Protection des Mammifères d'Alsace, Ligue pour la Protection des Oiseaux - délégation Alsace, Office des DONNÉES NATURALISTES d'Alsace

Coordination : Alsace Nature

Notes

Déclinaisons, commentaires et applications tests en Alsace ont été inclus dans le corps du document (typographie différente), afin d'illustrer en regard, différents points abordés méthodologiquement.

Ce document est complété par un volume d'annexes : documents ; cartographies ; gestion de projet

SOMMAIRE

INTRODUCTION	6
1 Contextes	8
1.1 La trame verte et bleue nationale	8
1.1.1 Enjeux	8
1.1.2 Contexte et objectifs de l'étude « infrastructures et continuités écologiques »	9
1.2 Infrastructures et fragmentation des habitats	12
1.2.1 Part des infrastructures	12
1.2.2 Corridors ou barrières ?	13
1.2.3 Maintiens volontaires des ruptures de continuités écologiques	14
2 Méthodologie globale	16
2.1 Objectifs de l'étude	16
2.2 Champs d'étude	16
2.3 Méthodologie générale	16
2.4 Limites de l'étude	18
o Limite de l'échelle régionale.....	18
o Difficulté de prise en compte des effets cumulatifs.....	18
o Pénétration motorisée au-delà du réseau principal	20
o Espèces « sensibles » à grand territoire	20
o Évolution et mise à jour des données	20
o Cohérence de l'échelle de travail et adéquation avec la trame verte nationale	20
3 Trame verte et continuité des milieux terrestres	21
3.1 La fragmentation des habitats et populations d'espèces par les infrastructures de transports	21
3.1.1 Impacts généraux	21
3.1.2 Évaluation des impacts sur les flux d'espèces en fonction des groupes de vertébrés	22
o Amphibiens et reptiles.....	22
o Mammifères.....	22
o Oiseaux.....	22
3.2 Méthodologie de hiérarchisation des priorités à l'échelle d'une région administrative	23
3.2.1 Nature et choix des infrastructures « fragmentantes »	23
3.2.2 Le réseau routier	24
o Étape 1 : hiérarchisation et représentation du « réseau fragmentant »	24
o Étape 2 : analyse corrélée du « réseau fragmentant » avec le contexte spatial	29
o Représentation des points de conflits et de perméabilité.....	30
o Densité.....	33
3.2.3 Le réseau des canaux.....	41
3.2.4 Le réseau des voies ferrées	44
3.2.5 Le réseau des lignes électriques	46
3.3 Les mesures d'atténuation d'impacts	48
3.3.1 Les mesures supprimant l'origine des impacts.....	48
3.3.2 Mammifères	48
3.3.3 Amphibiens/ reptiles	57
3.3.4 Espèces volantes	60
3.3.5 Catalogue des passages à faune.....	64
3.3.6 Éléments de densité de passages à faune.....	65
3.4 Perspectives et scénarii d'interventions	66

4 Trame bleue et continuité des milieux aquatiques.....	70
4.1 Particularités de la « trame bleue »	70
4.2 Fragmentation des habitats aquatiques et populations d'espèces	73
4.2.1 Des continuités à préserver	73
o Le corridor fluvial	73
o La morphologie du cours d'eau	73
o La continuité écologique des hydrosystèmes	74
4.2.2 Facteurs de discontinuités des écosystèmes fluviaux	75
o Facteurs de discontinuités latérales	76
o Facteurs de discontinuités longitudinales.....	76
o Autres facteurs de discontinuités longitudinales	77
4.2.3 Impact sur les vertébrés.....	80
o faune piscicole et espèces aquatiques.....	80
o mammifères semi-aquatiques.....	81
4.2.4 Nécessité de prise en compte des contextes et priorités globales.....	82
4.3 Méthodologie de hiérarchisation des priorités d'action sur les points de discontinuité longitudinaux.....	85
4.3.1 Objectif	85
4.3.2 Champ d'étude	85
4.3.3 Méthodologie de hiérarchisation des points de discontinuités de la trame bleue : principe proposé.....	85
o Ressources disponibles	87
o A1 - Indice de perturbation du milieu physique : calcul de la valeur.....	90
o A2 - Indice de perturbation du milieu physique : faisabilité technique et juridique de l'effacement.....	93
o B - Indice de franchissabilité des espèces piscicoles	94
4.4 Les mesures d'atténuation d'impacts	109
4.4.1 Principes généraux.....	109
4.4.2 Catalogue des situations.....	109
o Dispositifs de franchissement pour les espèces piscicoles.....	109
o Dispositifs de réduction d'impact à la dévalaison	110
o Dispositifs de franchissement pour les mammifères semi-aquatiques	111
4.4.3 perspectives et scenarii d'interventions	112
CONCLUSION.....	116
BIBLIOGRAPHIE	119
LISTE DES ANNEXES	133
GLOSSAIRE.....	134

Introduction

La fragmentation des milieux naturels est reconnue aujourd'hui comme une des causes majeures de la perte de biodiversité. Au-delà de la régression des superficies des centres de biodiversité (zones noyaux), souvent accentuée par la diminution de leur naturalité et/ou leur fonctionnalité, l'artificialisation généralisée des espaces entre ces zones noyaux conduit à limiter les échanges entre les populations animales et végétales.

Les zones urbanisées tout comme la prédominance d'espaces agricoles intensifs peu propices aux déplacements des espèces augmentent encore régulièrement dans la plupart de nos territoires. La réflexion globale de conservation de notre biodiversité déborde donc le cadre -essentiel mais insuffisant- des efforts nécessaires à la conservation directe d'un maillage suffisant des zones noyaux. Applicable aussi bien aux superficies d'habitats naturels qu'aux populations animales, la notion de taille minimale viable est fondamentale en écologie de la conservation. Dans beaucoup de nos territoires, la fragmentation des habitats est très marquée, et la conservation de la biodiversité implique de mettre en œuvre tous les moyens de maintenir les interactions naturelles entre habitats. C'est bien l'objectif principal des différents projets de trames verte et bleue ou réseaux écologiques définis par de nombreux pays (ou régions) européens.

C'est également la réponse donnée par l'engagement n°73 du Grenelle de l'Environnement visant à déterminer une trame verte et bleue maillant l'ensemble du territoire.

« La France s'engage à créer une trame verte et une trame bleue afin de rétablir les flux d'espèces de faune et de flore sauvages entre les zones de haute valeur écologique, et maintenir ainsi la capacité des écosystèmes à fournir les services écologiques dont nous dépendons.

(...)

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.

La trame bleue est formée par des cours d'eau et masses d'eau et des bandes végétalisées généralisées le long de ces cours d'eau et masses d'eau, sur une base contractuelle.

Elles permettent de créer une continuité territoriale, ce qui constitue une priorité absolue. »

Dans ce contexte, l'impact du maillage d'infrastructures de transports, qui se superposent à des territoires à la perméabilité de plus en plus faible, est loin d'être négligeable, et ne peut être considéré comme un simple « facteur de fragmentation de plus ». La taille moyenne des unités spatiales contiguës, non traversées par une grande infrastructure de transport, est en moyenne dans l'Union européenne d'environ 130 km², mais descend à environ 20 km² en Belgique (SETRA, 2007). Le réseau routier divise en moyenne par 2,5 les surfaces continues des zones d'intérêts écologiques. Il réduit également les échanges entre écosystèmes et perturbe la faune (IFEN, 2006).

Certains axes routiers ou ferroviaires de grande dimension, ou ouvrages hydrauliques, engendrent directement des coupures majeures dans les écosystèmes (traversée d'un massif forestier par un axe autoroutier par exemple), d'autres superposent leurs effets à des matrices paysagères simplifiées ou à des écosystèmes aquatiques déjà dégradés. S'y conjugue une altération, plus diffuse mais aussi plus globale, de l'ensemble des flux d'espèces terrestres par le réseau secondaire –principalement routier-, toujours plus dense.

Si, en soi, la mise en place de techniques de réduction des impacts sur les flux biologiques négatifs engendrés par les différents types d'infrastructures de transports ou ouvrages hydrauliques, n'est pas seule suffisante pour rétablir une fonctionnalité maximale entre les zones noyaux, elle reste un volet indispensable. Les efforts investis pour maintenir / rétablir les

connexions naturelles entre zones noyaux ne peuvent faire l'impasse sur l'application, la plus fréquente possible, de toutes les techniques d'ingénierie disponibles pour réduire l'effet « barrière » engendré par les voies de communication. Les points d'interactions –et donc de « conflits »- entre « trame verte » et « trame grise » sont nombreux et demandent à être étudiés et, si possible, « neutralisés ».

Dans le cadre de la trame bleue, c'est une évidence car, à la différence des routes et autres voies de transports, aucune perméabilité résiduelle, au moins dans le sens de la montaison, ne subsiste sur beaucoup d'ouvrages hydrauliques principaux. Tous les flux migratoires de la plupart des espèces piscicoles sont donc totalement stoppés, inhibant les connexions entre populations d'un même hydrosystème.

Depuis les premiers essais d'ouvrages de franchissements réalisés -il y a presque un demi-siècle pour les passages autoroutiers-, les expériences acquises en termes de construction de passages à faune terrestre ou piscicole sont maintenant importantes. La construction d'ouvrages spécifiques efficaces -au moins pour une large part des espèces vertébrées- est aujourd'hui réaliste, et a abouti à des constructions parfois spectaculaires, telles les passes à poissons sur les barrages hydroélectriques du Rhin, à Iffezheim (2000) et Gamsheim (2006).

Il est indispensable de garder à l'esprit que les passages à faune / passes à poissons n'offrent que des solutions partielles, et n'atténuent pas l'ensemble des effets négatifs sur les habitats naturels engendrés par différents types d'infrastructures (perte directe d'habitats, perturbation du milieu par le bruit, la pollution...) et d'ouvrages hydrauliques (modification en profondeur de l'écosystème rivière, transports de sédiments interrompus, débits hydrologiques modifiés, dynamique fluviale perturbée...).

D'autre part, il est toujours plus difficile, et donc coûteux, d'atténuer les impacts après construction d'une infrastructure ou d'un ouvrage. Si le réseau d'infrastructures s'étoffe chaque année davantage –dans une mesure moindre, celui des ouvrages hydrauliques-, et tous les projets doivent intégrer en amont cette nécessité, sans toutefois préjuger de la décision finale quant à leur éventuelle réalisation. Mais le réseau existant, non ou mal équipé, est immense. Au regard des coûts nécessaires, du panel d'acteurs à mobiliser et à concerter, envisager de résoudre progressivement l'ensemble des points noirs à une échelle donnée, demande de rechercher une logique de priorisation qui permette aux acteurs d'apprécier les enjeux en termes écologiques en regard d'une approche coût / efficacité.

La présente étude vise à établir et proposer les méthodologies permettant de définir ces priorités, et les éléments d'appréciation qui y sont liés. Elle reste concentrée sur les impacts des infrastructures et ouvrages sur les flux d'espèces, principalement vertébrés, pour lesquelles des solutions techniques existent. Au regard des éléments d'ingénierie nécessaires le plus souvent (et des questions connexes de sécurité routière), elle n'offre qu'un préalable à l'ensemble des études techniques nécessaires à la réalisation concrète de tout ouvrage de franchissement. Elle ne vise pas non plus à figer les volontés, l'opportunité d'action –réfection d'ouvrages, mobilisation locale...- restant bien souvent l'un des moteurs principaux permettant d'aboutir à des réalisations concrètes.

Cette étude induit également que tous les plans d'application de mesures de réduction d'impact qui seront à projeter, ne peuvent pas être déconnectés d'une réflexion plus large. Pour assurer leur efficacité à court mais également à long terme, ces démarches doivent déborder le cadre des seules emprises des linéaires d'infrastructures, là où les principaux acteurs en charge de la création / gestion des infrastructures ne disposent plus –ou plus difficilement- de possibilités d'intervention directes. L'articulation avec la trame verte et bleue nationale, et ses déclinaisons plus régionales ou locales, doit être réellement effective en ce sens.

1 Contextes

1.1 La trame verte et bleue nationale

1.1.1 Enjeux

Le concept de réseau écologique, aussi appelé trame verte et bleue, est apparu dans les années 1970 suite aux graves atteintes portées à la nature et aux espèces sauvages. Il a d'abord été appliqué aux espèces migratrices pour lesquelles il était nécessaire de préserver un réseau d'habitats favorables, répartis le long des axes de migration (convention de Bonn de 1979 par exemple). Ce concept est désormais reconnu scientifiquement et politiquement comme un outil majeur pour lutter contre la régression de la diversité biologique, notamment en permettant le libre déplacement des espèces sauvages.

En France, la mise en œuvre de la trame verte et bleue, engagement n°73 du Grenelle de l'environnement, doit répondre à l'urgence écologique¹ et aux engagements :

- internationaux : notamment Convention sur la diversité biologique de Rio en 1992 (préservation de la diversité biologique) et Sommet de Johannesburg en 2002 (réseaux écologiques) ;

- européens : notamment convention de Berne en 1979 (préservation de la faune et flore sauvages ainsi que des habitats naturels), directive "Habitats" en 1992 (réseau Natura 2000), stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère de 1995 (réseau écologique paneuropéen - REP), engagement de Göteborg en 2001 (stopper l'érosion de la biodiversité d'ici 2010) ;

- nationaux : notamment schéma de services collectifs des espaces naturels et ruraux (réseau écologique national) en 2002, stratégie nationale pour la biodiversité en 2004 (réseau écologique national) ;

Ces engagements ont traduit différents concepts essentiels à une préservation efficiente de la nature. En effet, il est nécessaire d'agir à l'échelle internationale et donc transfrontalière (REP), de préserver la flore et la faune sauvages, leur diversité génétique, leurs habitats ainsi que les habitats naturels en tant que tels, au sein d'un réseau écologique (pas seulement quelques aires protégées strictement) qui soit représentatif de la diversité écologique présente. Une stratégie de conservation de la nature est aussi nécessaire pour assurer la pérennité de ce réseau, d'une part à travers un système d'aires protégées et labellisées et, d'autre part, une intégration de la protection de la nature dans les politiques sectorielles.

Par ailleurs, pour concrétiser le concept de réseau écologique national (Conseil de l'Europe, 2001, PAVARD, I., 2006)², de nombreuses réflexions et méthodologies ont été élaborées. Il en ressort qu'elles établissent des lignes directrices et un zonage de l'espace. Selon les méthodologies, ce zonage peut comporter plusieurs types de zones mais au minimum des zones dites "noyaux" ou "nodales" et des "corridors" ou "continuités" "écologiques" biologiques" (voir notamment Conseil de l'Europe, 2002³).

¹ Evaluation de l'état de conservation : <http://www.natura2000.fr/spip.php?article148> et www.fne.asso.fr

² **Conseil de l'Europe, novembre 2001** – *Approches nationales et régionales pour les réseaux écologiques en Europe* ; Ed. Conseil de l'Europe "Sauvegarde de la Nature" N°110, 92p. et **PAVARD, I., mai 2006** – Contribution à la constitution du Réseau Ecologique National - Bilan de l'historique et des expériences de réseau écologique en Europe, France Nature Environnement, 239p. <http://www.fne.asso.fr/fr/themes/sub-category.html?cid=108>

³ **Conseil de l'Europe, juillet 2002** – *Lignes Directrices pour l'application des instruments internationaux existants lors de la constitution du Réseau Écologique Paneuropéen* ; Ed. Conseil de l'Europe "Sauvegarde de la Nature" N°124, 24p.

1.1.2 Contexte et objectifs de l'étude « infrastructures et continuités écologiques »

Contexte

Une trame verte et bleue maillant l'ensemble du territoire constitue l'engagement n°73 de Grenelle de l'Environnement.

Un comité opérationnel (COMOP), composé des différents acteurs, doit déterminer le cadrage et la méthodologie pour mettre en œuvre la Trame verte et bleue (TVB) en France.

Extrait du « Relevé de la troisième partie de la table ronde - 8- Programme « Stopper la perte de biodiversité » :

« La France s'engage à créer une trame verte et une trame bleue afin de rétablir les flux d'espèces de faune et de flore sauvages entre les zones de haute valeur écologique, et maintenir ainsi la capacité des écosystèmes à fournir les services écologiques dont nous dépendons.

(...)

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.

La trame bleue est formée par des cours d'eau et masses d'eau et des bandes végétalisées généralisées le long de ces cours d'eau et masses d'eau, sur une base contractuelle.

Elles permettent de créer une continuité territoriale, ce qui constitue une priorité absolue.

Cette trame verte et bleue est pilotée localement, en association avec les collectivités locales et en concertation avec les acteurs de terrain, dans un cadre cohérent garanti par l'Etat : la cartographie des continuités et des discontinuités sera réalisée au niveau national d'ici 2 ans.

Une mission parlementaire sera confiée au sénateur P. Raoult pour, à partir de cette cartographie, identifier les moyens de la décliner localement par voie contractuelle ou réglementaire (opposabilité) selon les enjeux et les secteurs. »

La fédération France Nature Environnement qui est membre de ce comité, s'est depuis longtemps investie sur le sujet, a produit des rapports (notamment PAVARD, I. & PAQUIN, M., 2006 ; Collectif réseau FNE 2007) et a fait des propositions dans le cadre de ce comité⁴. La mise en œuvre de la Trame verte et bleue en France devra donc intégrer ces différentes notions et répondre à deux objectifs en particulier :

- maintenir ou rétablir un réseau de sites représentatifs permettant aux espèces sauvages d'accomplir leur cycle de vie et de préserver les habitats naturels ;
- maintenir ou rétablir les continuités écologiques pour permettre aux espèces de se déplacer librement.

La fragmentation de l'espace par les infrastructures de transports constitue donc une problématique particulière de la constitution de la Trame verte et bleue.

Extrait du « Relevé de la troisième partie de la table ronde - 8- Programme « Stopper la perte de biodiversité » :

« En ce qui concerne les infrastructures existantes, un état des lieux hiérarchisé des principales ruptures qu'elles provoquent sera confié au mouvement associatif de terrain (Alsace Nature, fédération FNE), et un programme lancé pour recréer des continuités. »

⁴ <http://www.fne.asso.fr/fr/themes/sub-category.html?cid=108>

Objectif de l'étude

Il consiste à établir une proposition d'évaluation de l'impact écologique des infrastructures sur les flux écologiques régionaux en vue d'identifier les modalités de leur maintien ou de leur rétablissement, en cohérence avec les réflexions menées par le Comité opérationnel. Cette proposition devra ainsi être reproductible à l'échelle nationale. Elle portera sur :

- l'identification et la caractérisation des discontinuités écologiques dues aux infrastructures linéaires (routes, voies ferrées, canaux), s'appuyant notamment sur l'analyse du maintien des liaisons entre les espaces naturels d'intérêt écologique majeur régionaux et les besoins de déplacements d'espèces sauvages ;
- l'identification de pistes d'actions pour rétablir techniquement et écologiquement les continuités suivant leurs caractérisations et leurs impacts écologiques.

Cette mission sera menée sur le territoire alsacien et devra s'inscrire dans une logique méthodologique de reproductibilité dans d'autres régions de l'analyse et des solutions proposées.

La trame verte en Alsace

Avec une densité de population élevée (209 hab/km²), et une artificialisation du territoire très marquée (de l'ordre de 13% contre 8% en moyenne sur le territoire national), l'Alsace est une des régions où la conservation de la biodiversité se heurte à une pression foncière maximale.

Sur la seule plaine rhénane, la densité de population est de 425 hab/km², et l'agriculture intensive largement dominante dans la plupart des régions naturelles (équivalent de ¾ des superficies agricoles vouées à la culture céréalière, maïs grain multiplié par 3,2 entre 1981 et 1997, sévère régression des surfaces en prairies humides, illustrée par la réduction de 80% du Ried Centre-Alsace...).

Elle est accentuée par un développement d'un dense réseau routier en conséquence. Aujourd'hui, environ 20 000 km de réseau routier (dont environ 600 km d'autoroutes, 650 km de nationales, 6000 km de départementales) quadrillent les 8300 km² d'Alsace. Chaque année, de nombreux projets, d'envergure locale complètent ce réseau. Aujourd'hui, plusieurs grands axes routiers ou Liaisons Grande Vitesse (LGV) d'envergure régionale voire nationale font l'objet de projets avancés.

Dans ce contexte, il n'est pas étonnant de constater que 75% des habitats naturels alsaciens et 40% des espèces sont considérés comme menacés (Odonat, 2003). Si des efforts récents ont pu contribuer à l'amélioration de la fonctionnalité de certains écosystèmes patrimoniaux (forêts alluviales du Rhin), la fragmentation des milieux naturels reste très marquée en plaine (environ 5300 km²), avec 2058 ensembles naturels comptabilisés (Ecoscop, 2003), d'une superficie moyenne de seulement 77 ha.

Les grands projets routiers successifs, autour de l'agglomération de Strasbourg, ont conduit à un maillage très dense de grands axes, qui accentue les causes de régression d'espèces patrimoniales (Grand Hamster *Cricetus cricetus*, Crapaud vert *Bufo viridis*...), et rendent aujourd'hui complexes les projets de conservation des noyaux de population subsistants pour ces espèces.

Aussi, la nécessité d'une réflexion sur la renaturation d'un maillage écologique, en priorité en plaine, s'est imposée comme une nécessité (Alsace Nature, 2001). La Région Alsace a ainsi engagé dès 2003 une politique visant à créer un réseau d'espaces naturels reliés entre eux par des corridors, intitulé "trame verte" et dont le but est de permettre une libre circulation de la faune et de la flore sauvages et la fonctionnalité des écosystèmes pour un remaillage écologique cohérent et pertinent du territoire.

Dans ce cadre, la Région Alsace a commandité une cartographie de référence de la trame verte régionale.

➤ Document n°1 : cartographie de la trame verte en plaine d'Alsace (Ecoscop / Région Alsace)

➤ ANNEXES : DOC1

Celle-ci sert de base d'application à une politique de financement des projets en faveur de la biodiversité, chaque projet bénéficiant d'un taux de financement plus ou moins élevé selon sa localisation. Notons cependant que, en cohérence avec l'objectif d'appuyer une réflexion globale de conservation de la biodiversité sur l'ensemble du territoire –y compris dans les secteurs les plus dégradés-, tout projet bénéficie d'un taux de financement minimum, même situé en dehors de tout zonage prioritaire. Cette politique est pour l'instant uniquement incitative et volontariste.

La cartographie de la Trame verte en plaine d'Alsace identifie 3 types de zones (Ecoscop / Région Alsace, 2003) : zones noyaux ; maillage complémentaire de la trame verte en plaine ; connexions biologiques à renforcer ou à créer.

La totalité des taches d'espaces naturels (d'après BD carto et Corine Land Cover) est répertoriée sous forme de 2058 ensembles. Y sont distingués :

- Les espaces protégés et inventoriés composent **les zones noyaux**, définies comme les réservoirs biologiques les plus riches, c'est-à-dire les ensembles naturels de taille et état de conservation considérés comme satisfaisants pour abriter durablement des populations animales et végétales, et dont le dynamisme démographique est suffisant pour alimenter les zones périphériques. Les sites « hétérogènes » sont cartographiés sous forme d'« ensembles » (incluant toutes les taches d'espaces « naturels » ainsi que les autres taches distantes de moins de 200 m, ou distantes de moins de 500 m avec connexion biologique existante). 53 noyaux sont ainsi cartographiés –surfaces variant entre 90 ha et 20 000 ha-, couvrant une superficie totale de 80 300 hectares, soit 15 % environ de la plaine d'Alsace.

- Les autres espaces forment le **maillage complémentaire de la trame verte** en plaine d'Alsace (71 700 ha, soit 13 % environ de la plaine d'Alsace).

Parallèlement, 110 nécessités de connexion ont été repérées afin d'assurer la connexion biologique entre noyaux. Seules 24 sont considérées dans un état « satisfaisant » (dominé par une végétation naturelle). 1/3 est scindé par une infrastructure routière importante. Ces *propositions de trame verte, à renforcer ou à créer*, ont ainsi fait l'objet d'une représentation cartographique à titre d'indication, sous forme de « fuseaux », couvrant une surface estimée à 7700 ha (sur la base théorique de corridors de largeur moyenne de 100 m).

La représentation de la trame verte dans la partie montagneuse est en cours d'élaboration. Les massifs vosgien et jurassien étant majoritairement dominés par la forêt, les critères de zonation seront quelques peu différents de ceux utilisés en plaine, mais le principe de s'appuyer sur un découpage territorial devrait être conservé.

En l'attente de précisions quant à la méthodologie de définition de la trame verte nationale qui devrait être déterminée par le COMOP TVB, le principe de zonage utilisé en Alsace à travers la politique de la Région Alsace a servi de référence dans cette étude.

➤ *En dehors des coupures générées par les infrastructures, l'une des premières causes de fragmentation des habitats est l'artificialisation des territoires agricoles sur de grandes superficies, peu perméables aux flux d'espèces. (Plaine d'Alsace. Photo Suzel Hurstel)*



1.2 Infrastructures et fragmentation des habitats

1.2.1 Part des infrastructures

Dans tous les territoires où l'utilisation des sols par l'homme est forte, les milieux naturels sont de plus en plus fragmentés -les espaces naturels sont de plus en plus découpés, et leurs superficies moyennes de plus en plus réduites- et cloisonnés -les flux biologiques entre ces espaces naturels sont de plus en plus limités-. Les « îlots » naturels qui en résultent sont en conséquence plus vulnérables, n'ayant plus la capacité d'abriter toutes les espèces d'un écosystème donné (disparition des espèces à grands territoires), ni de permettre sa recolonisation après un phénomène d'extinction locale, appauvrissement génétique des populations subsistantes.... La biodiversité spécifique des îlots diminue rapidement dès lors que les phénomènes de fragmentation et de cloisonnement augmentent.

Les obstacles qui empêchent le déplacement des espèces, peuvent être, selon les cas, très différents. Ponctuels, linéaires ou spatiaux, ils ne sont d'ailleurs pas toujours physiques, mais peuvent être climatiques, ou chimiques. Si, à l'échelle de continent, il existe, bien entendu, des barrières naturelles (chaînes de montagnes, grands fleuves, limites climatiques...) qui ont conduit à restreindre l'aire de répartition de certaines espèces, les flux d'espèces sont, à une échelle plus locale, réduits principalement par la multiplication des obstacles créés par les activités humaines.

Les obstacles favorisant le cloisonnement des habitats naturels et populations d'espèces peuvent être regroupés en 2 types principaux :

- la création de surfaces artificialisées de plus en plus vastes, résultant de l'urbanisation croissante du territoire, ou de l'intensification des espaces agricoles. Sur ces espaces, la perméabilité résiduelle (faculté pour la plupart des espèces de s'y déplacer ou de coloniser des habitats) est faible, d'autant plus que les éléments susceptibles d'y favoriser les déplacements d'espèces y ont souvent été supprimés (éléments bocagers, corridors résiduels empêchant la conurbation...).
- la création d'obstacles linéaires ou ponctuels –souvent physiques, mais parfois générés par une source répulsive (chimique, sonore, lumineuse) - qui empêchent directement le déplacement des espèces. La construction de nombreux ouvrages sur les cours d'eau, la densité et la fréquentation du réseau de transport, forment un réseau d'obstacles de nature à sectoriser fortement hydrosystèmes et territoires.

L'objectif d'une trame verte et bleue fonctionnelle est bien d'engager les mesures permettant de conserver la fonctionnalité des échanges entre espaces naturels, aussi bien à des échelles régionales (corridors de déplacements d'espèces ou de migration d'importance majeure) ou à plus petite échelle (corridors de connections entre milieux fragmentés).

En dehors de la conservation des zones noyaux de biodiversité de notre territoire, la réalisation de cet objectif doit s'appuyer sur trois axes de réflexion simultanément :

- les corridors écologiques en zones urbaines et périurbaines, la rationalisation de notre développement spatial, la maîtrise des phénomènes de conurbation et d'étalement urbain...
- la conservation ou la restauration de corridors fonctionnels en zones d'agriculture intensive, la place de la nature spontanée ou ordinaire, le maintien de micro-habitats, la gestion des délaissées...
- la diminution des effets de barrage ou de discontinuités induits par l'ensemble des infrastructures ou ouvrages fragmentant les paysages ou barrant les cours d'eau.

1.2.2 Corridors ou barrières ?

La question des « continuités écologiques » créées par les emprises des infrastructures linéaires, et des choix de modes de gestion à y appliquer, notamment pour y favoriser la conservation d'espèces floristiques et faunistiques, est souvent sujette à débat.

L'absence d'utilisation intensive des emprises conduit à la dominance d'espaces semi-naturels, généralement ouverts ou semi-ouverts. La gestion en est dictée principalement par des critères de sécurité, alliée à une rationalisation économique ou des moyens d'entretien disponibles.

Le plus souvent, ces ensembles se révèlent alors plutôt favorables à un ensemble d'espèces de la flore et la faune. Ils constituent :

- des espaces refuges ou de nourrissage pour de nombreuses espèces des espaces cultivés, leur permettant d'accomplir leur cycle partiel, et même total dans le cas de certains insectes (à l'exemple de certains talus autoroutiers bénéficiant de mesures de gestion conservatoire pour des populations de rhopalocères relictuelles en Angleterre). L'utilisation régulière de ces zones par les rapaces est fréquemment observée, elle a également été montrée chez divers mammifères (exemple : Chat sauvage) grâce aux suivis par télémétrie.
- des corridors de dispersion ou facilitant la migration de beaucoup d'espèces. C'est le cas également des plantes invasives, pour lesquelles les emprises de routes et voies ferrées, ou digues, constituent parfois des axes de colonisation particulièrement efficaces.

Ainsi, localement, la composition floristique ou entomologique de certaines emprises apparaît-elle comme bien plus patrimoniale et seules bribes de milieux « naturels » attractifs au sein des paysages très artificialisés qu'elles traversent. De plus, dans certaines configurations, ces emprises atteignent des superficies non négligeables, à l'instar des lignes LGV (RFF, 2004⁵ ; RFF/Alstom/SNCF, 2006⁶). Enfin, soulignons que les emprises des grandes infrastructures offrent la particularité désormais rare d'être continues, à l'instar des corridors naturels créés par cours d'eau, ou d'offrir les principales pénétrantes naturelles en milieux urbains.

Différents gestionnaires (collectivités ou privés) ont alors fait le choix d'assurer, sur certains tronçons du réseau à leur charge, la mise en place de gestion différenciée (principalement l'absence / réduction des traitements chimiques, et la mise en place d'une fauche tardive ou différenciée). De tels engagements ont pu être pris localement, mais ils font l'objet d'une application très variable selon les territoires.

Concernant les réseaux d'infrastructures n'induisant pas de flux trop mortifères – emprises des lignes électriques, canaux, et dans une moindre mesure, voies ferrées –, le choix de tendre vers l'application systématique de modes de gestion les plus favorables à la biodiversité – sous réserve des questions de sécurité – peut paraître justifié. Des études spécifiques seraient à mener pour évaluer l'opportunité et la pertinence de la prise en compte de ces espaces dans le cadre de la trame verte et bleue.

Concernant les routes, cette opportunité doit précisément être débattue. Les choix de végétalisation des emprises jouent en effet un rôle réel, notamment sur les espèces volantes, en favorisant l'effet d'attraction de ces espaces, ou au contraire en permettant de créer des barrières végétales limitant les risques de collisions et de piégeage.

De plus, l'efficacité de certains ouvrages de franchissement est aussi en partie liée à des choix de gestion des abords de ces dispositifs, qui doivent à tout le moins ne pas être en contradiction avec leur efficacité. En dehors des passages à faune, le traitement de tous les points de croisements entre corridors naturels et réseau routier demande également à être étudié.

Aussi bien dans la réflexion sur les connexions biologiques à établir ou restaurer, que dans l'objet de la présente étude, la question des orientations et priorités de gestion des emprises d'infrastructures se doit d'être débattue précisément, en particulier sur les infrastructures les plus

⁵ www.lgvsudeuropeatlantique.org/upload/15_BAT0208_FICHE_EMPRISE.pdf

⁶ www.rff.fr/biblio_pdf/dos_p_excell_18122006.pdf

mortifères. Les acteurs gestionnaires des emprises sont souvent en charge des ouvrages de franchissement. Il semble logique que les démarches de concertation engagées pour restaurer les continuités écologiques « transversalement » et « longitudinalement » aux infrastructures soient couplées.

1.2.3 Maintiens volontaires des ruptures de continuités écologiques

Dans certaines configurations particulières, les ruptures de continuités écologiques générées par certains obstacles peuvent être considérées -et utilisées comme telles- comme des opportunités pour éviter ou restreindre la propagation d'espèces exogènes, d'épidémies... Cela peut influencer directement sur des projets de restauration des continuités écologiques insufflés par des acteurs locaux.

Ainsi, l'équipement du canal de la Marne au Rhin par la Fédération Départementale des Chasseurs du Bas-Rhin a-t-il été limité à l'implantation de remontées pour la faune sur une seule des berges, afin de réduire la mortalité par noyade des animaux tout en empêchant la traversée (Braconnier, 2006). Ce canal servait alors (1992) de limite entre la partie nord déclarée infectée par la peste porcine, et la partie sud déclarée indemne par les services administratifs concernés (Direction des Services Vétérinaires du Bas-Rhin). L'autoroute A4 sert aujourd'hui de limite entre les deux zones, et des contraintes similaires sont alors demandées lors de l'étude de remplacement du passage à faune -vétuste et inopérant- du Col de Saverne, afin d'empêcher la connexion entre les populations de sangliers du nord et du sud.

De nombreux cas de figure pourraient amener différents acteurs, gestionnaire ou utilisateurs des espaces naturels, à demander à ce que des mesures de restauration des continuités soient limitées, voire abandonnées : maintien d'un barrage afin de conserver une population d'espèce patrimoniale indemne d'une contamination d'espèce concurrente exogène (exemple d'un barrage hydraulique maintenant une population relictuelle d'une des espèces d'écrevisses autochtones des zones aval colonisées par des écrevisses exogènes) ; maintien de l'imperméabilité d'autoroutes pour conserver des secteurs forestiers sans présence de grands ongulés pour des raisons d'équilibre sylvo-cynégétique...etc

Il est souhaitable que ces motivations soient analysées à une échelle globale, et répondent à l'intérêt général. Un diagnostic local précis devra être réalisé sur l'opportunité des continuités écologiques.

La mise en place d'une politique globale visant à réduire, autant que faire se peut, l'impact des discontinuités écologiques générées par le réseau d'infrastructures de transports et les ouvrages hydrauliques, ne peut être déconnectée d'une vision globale que doit apporter la trame verte et bleue nationale (cf COMOP TVB), ainsi que ses déclinaisons locales et transfrontalières.

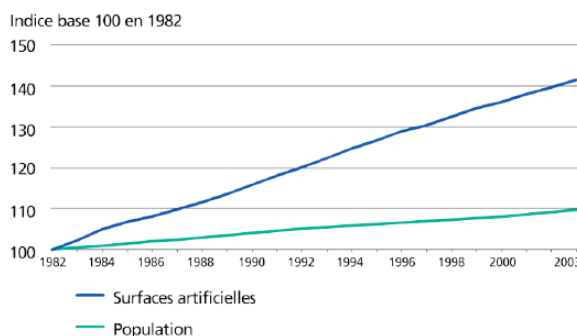
A contrario, la mise en place de la trame verte et bleue nationale ne peut faire l'impasse sur la question des discontinuités générées par les grands axes routiers et ferroviaires, ou les principaux ouvrages hydrauliques. En effet, il n'existe que peu d'écosystèmes et de corridors naturels, même en bon état de conservation, dont la fonctionnalité ne soit perturbée par une ou plusieurs coupures routières ou ferroviaires, et encore moins de cours d'eau indemnes de tout obstacle artificiel.

Les coûts importants à engager dans cette démarche impliquent une priorisation des actions à mener, qui doit s'accorder aux contextes et aux enjeux locaux. La complexité de restauration *a posteriori* induit que les réalisations de toutes les mesures de conservation des continuités biologiques doivent être envisagées dès la phase de conception d'une infrastructure de transport (et ce pour l'ensemble des mesures : réalisation technique d'ouvrage, mesures de gestion des emprises associées, politiques de conservation et d'aménagement de corridors biologiques), et sans préfigurer de son autorisation ou non.

Rappelons cependant que, hors possibilité d'effacer complètement un obstacle hydraulique ou de supprimer un axe routier, toutes les mesures pouvant être réalisées restent des mesures d'atténuation d'impacts, qui, si elles peuvent se révéler assez efficaces pour restaurer les flux de certaines espèces, restent très peu efficaces pour l'ensemble des nuisances générées par les réseaux, routier en premier lieu.

La limitation de l'artificialisation forcée du territoire, par une réorientation des politiques d'urbanisation et de transports en faveur avant tout d'un ménagement de la consommation d'espaces naturels, est seule à même de limiter la vague actuelle d'extinction des espèces et de perte de biodiversité qui caractérise nos territoires saturés aujourd'hui. La marge en ce sens est réelle, comme le montre le graphique ci-après (IFEN, 2006), l'artificialisation accrue du territoire se réalisant non proportionnellement à l'augmentation de la population. Si intuitivement, on peut admettre que l'augmentation du nombre d'habitants peut être corrélée à la consommation d'espace, il apparaît ici que, individuellement, on consomme plus d'espace, dû à l'étalement urbain, succès des maisons individuelles et développement des infrastructures de transport et des parkings.

Evolution des surfaces artificialisées et de la population (France métropolitaine)



Source : Institut national de la statistique et des études économiques (Insee).
Recensements de la population - ministère chargé de l'Agriculture (Scees), Teruti.

2 Méthodologie globale

2.1 Objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude est d'établir une proposition d'évaluation de l'impact écologique des infrastructures de transports existantes sur les flux écologiques, en vue d'identifier les modalités du maintien et /ou du rétablissement des flux écologiques.

Il s'agit de :

- répertorier et caractériser les principales discontinuités écologiques engendrées par les infrastructures linéaires (routes, voies ferrées, canaux) existantes, s'appuyant notamment sur l'analyse du maintien des liaisons entre les espaces naturels d'intérêt écologique majeur régionaux et les besoins de déplacements d'espèces sauvages ;
- hiérarchiser les sites/secteurs/tronçons nécessitant une réduction d'impact en priorité, dans le but de proposer des plans d'action programmatiques régionaux les plus pertinents.

En complément, il s'agit d'identifier les principales pistes d'actions pour rétablir techniquement et écologiquement les continuités écologiques.

Enfin, il conviendra d'appliquer sous forme de test cette méthodologie à l'échelon alsacien.

2.2 Champs d'étude

Concernant la trame verte, les infrastructures retenues pour l'analyse des discontinuités sont l'ensemble des principaux réseaux d'infrastructures linéaires de transport existants : réseaux routiers et ferrés, réseau de canaux, transports d'énergie. Les coupures générées par des « barrières naturelles » (grands fleuves, crêtes de montagne...) ne sont pas prises en compte.

Concernant la trame bleue, seules les constructions transversales d'origine anthropiques perturbatrices des flux du vivant au sein des lits mineurs (barrages, seuils, centrales, siphons, buses...) ont été retenues en priorité. Néanmoins, il semble important de coupler la présente étude par l'analyse de tous types de construction induisant une fragmentation globale des habitats à l'échelle du lit majeur dans son intégralité : ruptures des connexions latérales (coupures des annexes hydrauliques, endiguements des zones inondables), ruptures de la mobilité des tracés des lits, rupture de continuité des habitats riverains (suppression des ripisylves, enrochements et aménagements en long).

2.3 Méthodologie générale

Pour la trame verte et la trame bleue, un schéma méthodologique identique est proposé, en deux étapes principales.

Le principe retenu pour cette méthodologie est d'obtenir une analyse et une hiérarchisation des discontinuités sur la base d'informations géoréférencées afin, d'une part, de garantir la reproductibilité du projet (sous réserve de prise en compte de particularismes régionaux) et, d'autre part, d'être suffisamment synthétique pour obtenir une vision d'ensemble des problématiques à l'échelon régional.

Préliminaire

Une phase de recherches et d'analyse bibliographiques a constitué un préalable à l'élaboration de la méthodologie, afin de cerner toutes les problématiques, de préciser le champ de l'étude, d'identifier les paramètres/attributs/critères à intégrer dans la méthodologie.

Étape 1 : représentation hiérarchisée du réseau fragmentant

Deux phases successives permettent d'identifier et hiérarchiser les niveaux d'impacts des différents tronçons du réseau fragmentant linéaire.

On nomme « Réseau fragmentant linéaire¹ » l'ensemble du réseau d'infrastructures (non naturelles) présent sur un territoire donné et induisant un impact plus ou moins fort sur les flux d'espèces². Il constitue l'objet de la présente étude. Il superpose des infrastructures (ou tronçons) de nature différente (routes, canaux, voies ferrées...).

¹ « linéaire » est utilisé ici, en opposition à « spatial ». Le « réseau fragmentant spatial » (terme à trouver), formé par les grandes surfaces de faible perméabilité pour les flux de la plupart des espèces (zones urbanisées, surfaces et/ou secteurs agricoles intensifs au-delà d'une certaine superficie), doit faire l'objet d'une analyse complémentaire indispensable si l'on souhaite obtenir une vision générale de la perturbation de tous les flux d'espèces à un échelon régional.

² L'analyse bibliographique a confirmé la complexité d'étude des flux de l'ensemble de la faune et la flore. Dans le cadre de la présente étude, la faune vertébrée a été choisie pour servir de référence, aussi bien en termes de connaissances des impacts que de construction d'ouvrages de franchissement. Pour simplificatrice qu'elle soit, il a été considéré que les impacts les plus importants des infrastructures concernaient les espèces ayant un mode de déplacement terrestre, mis à part les oiseaux et les chiroptères, même si différentes études (CHAMBON & FOUILLET, 1992) montrent que la mortalité de l'entomofaune générée par la route peut être importante.

1A - représentation et hiérarchisation du « réseau fragmentant linéaire » : il s'agit de représenter l'ensemble des tronçons d'infrastructures ayant un impact estimé sur la faune vertébrée, à partir des éléments de description des infrastructures uniquement, selon les données bibliographiques.

1B - superposition de ce réseau fragmentant linéaire avec les données spatiales, afin d'obtenir une hiérarchisation plus fine des tronçons prioritaires, c'est-à-dire les plus impactants. Différents éléments sont à prendre en compte : type d'habitats traversés, priorités régionales en termes de conservation de milieux naturels ou de population d'espèces de faune vertébrée, connaissances d'axes de déplacements ou migratoires majeurs à différentes échelles, mobilisation locale pour la conservation de corridors...

Notons que cette étape 1B sera au moins en partie dépendante de la méthodologie nationale (cf. COMOP TVB) en charge de définir les éléments constitutifs de la trame verte et bleue (laquelle induira des logiques de priorisation d'espaces). En l'attente, les tests réalisés dans le cadre de la présente étude l'ont été sur la base des données disponibles de la trame verte alsacienne, définie par la Région Alsace en 2003.

Étape 2 : catalogue des techniques de réduction d'impact

Il s'agit de lister les techniques disponibles en fonction du type d'infrastructures et du contexte, les densités minimales/optimales d'aménagements réalisés pour rétablir les continuités écologiques, et de les corrélérer en fonction des sites/tronçons hiérarchisés lors de l'étape 1.

2.4 Limites de l'étude

La méthodologie proposée dans le cadre de cette étude, vise à obtenir un modèle simplifié et facilement applicable afin de dégager des priorités d'actions. Néanmoins, certaines limites sont à souligner. Elles demandent de compléter l'application simple de la méthode avec des expertises complémentaires et indispensables au niveau local.

○ Limite de l'échelle régionale

Les flux écologiques ne sont pas cantonnés aux limites administratives. Un complément d'analyse est à fournir à l'échelle de grands ensembles naturels suprarégionaux, et même dans certains cas, supranationaux ! Il est donc nécessaire d'assurer la cohérence des politiques régionales et nationales.

Exemples en Alsace

La Réserve de biosphère transfrontalière "Vosges du Nord - Pfälzerwald" constitue un ensemble à dominante forestière encore assez peu fragmenté.

Deux coupures majeures limitent les échanges au sein du corridor écologique majeur d'intérêt supranational formé par le massif vosgien : en France l'autoroute A4 au sud de la Réserve de biosphère, en Allemagne la route B10 au nord de la Réserve de biosphère.

A l'échelle d'une représentation régionale, ces coupures n'apparaissent donc que partiellement (cas de l'A4, à cheval entre Lorraine et Alsace) voire pas du tout (cas de la B10), alors qu'elles affectent significativement les phénomènes de dispersion et de colonisation de certaines espèces comme le Lynx, et donc leur conservation même au sein du Parc Naturel Régional des Vosges du Nord.

○ Difficulté de prise en compte des effets cumulatifs

La prise en compte de l'effet cumulatif des impacts des infrastructures sur les déplacements d'espèces n'apparaît pas dans une approche visant à circonscrire les principaux points noirs au cas par cas, infrastructure par infrastructure.

La succession d'obstacles, même considérés individuellement comme de moindre impact, dans un même axe de migration régional, peut conduire à créer au final une barrière forte. Pour certaines espèces en particulier (amphibiens), l'augmentation de la densité du réseau routier, même diffuse, se révèle comme un réel facteur limitant les déplacements.

Dans le cas des populations piscicoles, l'effet produit par la succession d'obstacles sur les migrations des poissons est bien étudié. La rugosité détermine l'érosion quantitative d'une population migrante générée par la présence successive d'obstacles au sein d'un linéaire, et ce même si l'intégralité des barrages a été équipée de passes efficaces au cas par cas. Cette artificialisation peut même rendre inefficaces des mesures de réduction d'impacts de l'infrastructure elle-même.

Il est assez fréquent que le développement d'infrastructures de transports serve de support à une artificialisation du territoire (installation de zones d'activité, augmentation des zones de logement à proximité) sur des linéaires contigus plus ou moins conséquents. L'impact en termes de discontinuité écologique de l'axe de transport en lui-même est alors multiplié par la création ou l'augmentation des espaces urbanisés adjacents.

Si elle est possible, l'analyse des effets cumulatifs peut conduire à justifier des choix plus restreints en termes de priorité d'équipement (comme ne pas retenir une rivière avec une trop forte densité d'ouvrages transversaux dans un plan prioritaire de restauration de la continuité pour une espèce piscicole) ou au contraire mieux assurer la mise en cohérence de projets (regroupement des projets de zones d'activités couplées à différentes infrastructures dans un même espace cohérent).

Exemples en Alsace

1 - densité diffuse des routes

Des cartes de densité des routes ont été réalisées dans le cadre de la présente étude, à partir d'un calcul simple, sur la base d'un maillage du territoire régional de 5 km x 5 km. Plus que l'identification de territoires fortement urbanisés, qui se conjuguent peu ou prou avec les axes structurants du réseau routier, ces cartes permettent en opposition de dégager les régions naturelles où la densité de routes est la plus diffuse, et pour lesquelles on peut estimer que la perméabilité résiduelle reste moins diminuée par l'effet cumulatif du réseau.

Des cartes comparatives ont aussi été réalisées, en prenant en compte cette fois, le réseau des routes et celui des chemins empierrés rarement fermés à la circulation. Certaines régions naturelles s'avèrent alors fortement maillées par l'existence d'un réseau tertiaire dense (cas des Vosges du sud par exemple), pour lequel il serait intéressant d'étudier plus précisément les impacts.

2 - artificialisation du territoire générée par la présence d'un axe routier.

Se référer à l'Observatoire écologique de la liaison verte RD 620 (2001-2005) réalisé par le Parc Naturel Régional des Vosges du Nord (SYCOPARC, 2005)

Ex 3 : succession d'infrastructures à effet barrière

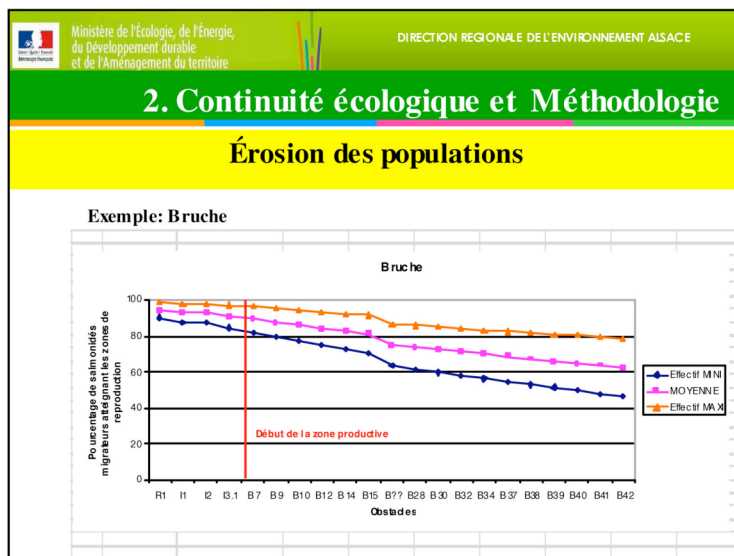
Les contraintes naturelles des territoires traversés facilitant ou non l'implantation des infrastructures, et les choix successifs de création de routes favorisant la duplicité au détriment du remplacement, il est régulier de voir des axes se développer parallèlement, sur des espaces réduits.

➤ *Exemple de la succession d'axes fragmentants parallèles, au nord de Strasbourg, sur moins de un km de largeur : un canal (Marne au Rhin) à berges métalliques (bleu), une route nationale (N2063) à trafic important (jaune), une autoroute (A4) (rouge). Cette situation se poursuit sur une trentaine de kilomètres entre Strasbourg et Saverne.*



Exemple de rugosité d'un cours d'eau

➤ *Erosion des populations de salmonidés migrateurs atteignant les zones de reproduction sur un cours d'eau d'Alsace, la Bruche, en fonction du nombre d'obstacles à franchir (source : DIREN Alsace)*



○ Pénétration motorisée au-delà du réseau principal

Le développement des loisirs motorisés a conduit progressivement à une pénétration motorisée de plus en plus marquée de presque tous les espaces naturels par différents types de véhicules, en dehors d'axes de déplacements principaux. Cette évolution déborde l'analyse réalisée ici, restreinte à l'identification des linéaires les plus impactants. S'il n'existe sans doute pas de moyen d'intégrer directement cette pénétration diffuse, il semble important de ne pas négliger les conséquences négatives, parfois localement fortes par rapport à la conservation de certaines espèces ou de certains habitats fragiles.

○ Espèces « sensibles » à grand territoire

Certaines espèces à larges domaines vitaux (ours, lynx, aigles...) ont des populations numériquement faibles. Toute mortalité générée par le réseau (collusion, électrocution...), même occasionnelle, induit un frein à la colonisation de nouveaux territoires, ou peut accélérer le déclin d'une population. L'équipement systématique de sites peut parfois être généralisé pour certains réseaux d'infrastructures linéaires, comme la neutralisation de la totalité du réseau électrique jugé dangereux au sein des territoires de présence d'espèces patrimoniales par exemple. Mais des limites s'imposent rapidement à l'échelle du réseau routier –et notamment tout le réseau routier secondaire, générateur de mortalité pour la grande faune-, où l'équipement des axes risque d'être limité à quelques seuls points de passage précis.

○ Évolution et mise à jour des données

La méthodologie proposée à travers la présente étude s'appuie sur un certain nombre de données régionales, qui sont généralement réactualisées régulièrement. La réalisation quasi continue de nouvelles infrastructures de transports peut rapidement modifier ces données de base (reports des trafics routiers, création de nouvelles coupures majeures...), et la mise à jour régulière de la carte des principales discontinuités paraît dès lors nécessaire.

○ Cohérence de l'échelle de travail et adéquation avec la trame verte nationale

Enfin, rappelons que l'échelle de travail retenue ici se base sur les données cartographiques de la trame verte et bleue disponible en Alsace, en l'attente d'une méthodologie de définition de la cartographie de la trame verte et bleue nationale. Sa mise en cohérence éventuelle avec une échelle différente définie dans une logique nationale demande à être vérifiée.

3 Trame verte et continuité des milieux terrestres

3.1 La fragmentation des habitats et populations d'espèces par les infrastructures de transports

3.1.1 Impacts généraux

Pour les différents groupes d'espèces, les effets induits par la présence d'une infrastructure, quelle que soit sa nature, peuvent être regroupés en trois grandes catégories :

Effets directs sur les espèces et les flux

Avec la perte d'habitats, l'**effet barrière** est le plus impactant écologiquement. Les flux d'animaux, –déplacements locaux ou migratoires– sont ainsi réduits, voire presque entièrement stoppés par certains types d'infrastructures. La simple présence d'une route fréquentée, même non grillagée, peut suffire à empêcher les déplacements d'espèces de la petite faune, beaucoup d'espèces « refusant » de s'engager pour traverser la chaussée.

La **mortalité** est souvent l'impact le plus visible. Elle peut être directe (animaux tués par collisions avec les véhicules) ou indirecte (animaux « piégés » dans les structures collectrices : collecteurs d'eau, bassins...). La plupart des groupes de vertébrés ou d'invertébrés sont touchés par la mortalité routière, même s'il est difficile d'avancer des estimations précises pour beaucoup d'espèces. Généralement, cette mortalité est considérée comme ne représentant qu'une proportion faible de la plupart des espèces (1% à 4%, selon SETRA 2007 – COST 341). Cependant, certaines populations peuvent être localement particulièrement affectées : mortalité sur des sites de migration d'amphibiens pouvant décimer en quelques jours la quasi-totalité d'une population reproductrice, espèce particulièrement touchée (la mortalité routière est considérée comme la première cause de mortalité pour le Blaireau d'Europe et la Chouette Effraie), espèces à faible population (grands carnivores) pour lesquelles toute collision constitue un frein à la dynamique de l'espèce...

Ces impacts ont été principalement étudiés ci-après car il s'agit des seuls impacts qui peuvent être réduits de manière significative, au moins pour certaines espèces faunistiques, et dans certaines configurations. Sous réserve d'en assurer les conditions d'efficacité suffisante (investissement fort, bonne connaissance des habitats et des espèces locaux), les conséquences de la fragmentation et de la mortalité peuvent être réduites par le biais d'aménagements au niveau des infrastructures avec des dispositifs spécifiques (grillages, passages à faune...).

A contrario, les pertes d'habitats, directes ou connexes, décrites ci-après, ne peuvent pas être significativement réduites par des méthodes techniques. A défaut de l'abandon du projet d'infrastructure, seul l'ajustement du tracé permet éventuellement de minimiser la disparition et la fragmentation des habitats les plus patrimoniaux.

Perte directe d'habitats.

Elle dépend du type d'infrastructure et de son emprise. La perte d'habitat directe liée à la construction est généralement irréversible. La construction d'une route peut affecter également la fonctionnalité hydrologique des habitats traversés.

Dans certains cas (lignes de distribution ou de transport d'électricité), elle peut être limitée en surface (réduite à l'emprise des pylônes), mais certaines contraintes postérieures peuvent affecter de grandes surfaces (maintien d'habitats non forestiers sous les câbles par exemple).

Perturbations connexes et pertes indirectes d'habitats

Les diverses sources de pollutions générées par le trafic ou la gestion des infrastructures font plus ou moins l'objet d'études : pollutions chimiques (véhicules, sel de déneigement...), pollutions lumineuses (systèmes d'éclairage localement, phares...).

L'impact des nuisances sonores est mieux étudié d'après les recherches bibliographiques réalisées dans le cadre du présent rapport. Au moins pour certaines espèces, il a été montré qu'elles conduisent à une zone d'exclusion, partielle ou totale, sur une largeur donnée, de part et d'autre de la voie. Les effets, selon les espèces, peuvent être : fréquentation réduite pour la recherche de nourriture, baisse des densités d'oiseaux nicheurs, et même absence de reproduction (aucune reproduction de l'Oedicnème criard constatée à moins de 200 m de part et d'autre de l'autoroute A36 en plaine agricole de la Hardt dans le Haut-Rhin - SANE, 1998).

Enfin, n'oublions pas que, il est presque toujours fréquent que la création d'infrastructures, en particulier routières, provoque des modifications –parfois majeures- des paysages environnants, en y générant en particulier un accroissement de l'artificialisation du territoire : remembrements accrus en zones agricoles, création de nouvelles zones urbaines ou d'activités..., qui contribuent un peu plus à la dégradation et au morcellement des espaces naturels subsistants.

3.1.2 Évaluation des impacts sur les flux d'espèces en fonction des groupes de vertébrés

Une synthèse bibliographique des impacts répertoriés, selon les types d'infrastructures étudiées, a été réalisée pour chaque ordre de vertébrés en préalable la présente étude.

Une seconde étape a consisté à détailler séparément les attributs de réalisations des infrastructures de transport afin de déterminer, si cela est connu, lesquels représentent les principaux facteurs aggravants de mortalité et de cloisonnement. Pour cela, des regroupements simplifiés d'espèces aux modes de déplacement similaires ont été proposés.

Ces synthèses sont reportées en annexes (listes ci-après).

○ Amphibiens et reptiles

➤ *Document 2 : Impacts des infrastructures linéaires sur les amphibiens et les reptiles de France (rédaction Bufo 2008)*

➤ **ANNEXES : DOC2**

➤ *Tableau 1a : Types d'impacts induits par les infrastructures linéaires affectant les espèces de reptiles et d'amphibiens d'Alsace.*

➤ **ANNEXES : TAB1a**

➤ *Tableau 1b : Configurations, caractéristiques et attributs de description des infrastructures linéaires ayant un effet aggravant sur groupements d'espèces d'amphibiens et de reptiles de France*

➤ **ANNEXES : TAB1b**

○ Mammifères

➤ *Document 3 : Types d'impacts induits par les infrastructures linéaires affectant les espèces de mammifères de France (rédaction Groupe d'Etude et de Protection des Mammifères d'Alsace, 2008)*

➤ **ANNEXES : DOC3**

➤ *Tableau 2 : Configurations, caractéristiques et attributs de description des infrastructures linéaires ayant un effet aggravant sur les espèces / groupements d'espèces de mammifères de France*

➤ **ANNEXES : TAB2**

○ Oiseaux

➤ *Document 4 : Synthèse des impacts des infrastructures linéaires sur l'avifaune (rédaction Ligue pour la Protection des Oiseaux - délégation Alsace, 2008)*

➤ **ANNEXES : DOC4**

➤ *Tableau 3 : Configurations, caractéristiques et attributs de description des infrastructures linéaires ayant un effet aggravant sur les groupements d'espèces d'oiseaux de France*

➤ **TOME 1 – ANNEXES : TAB3**

3.2 Méthodologie de hiérarchisation des priorités à l'échelle d'une région administrative

3.2.1 Nature et choix des infrastructures « fragmentantes »

Un premier travail de recherche et de synthèse de données bibliographiques concernant les impacts connus engendrés par les infrastructures sur les vertébrés a été réalisé.

Les infrastructures suivantes ont été retenues comme pouvant avoir un impact non négligeable :

- réseau routier
- réseau ferré
- réseau de canaux (à l'échelle de la franchissabilité des espèces terrestres)
- réseau de transport et de distribution d'électricité

Les sites éoliens n'ont pas été pris en compte. Néanmoins, la question de leur intégration reste posée, ceux-ci pouvant être assimilés à des barrières linéaires perturbant les flux de dispersion et/ou migratoire de certaines espèces.

À partir des données bibliographiques, les principaux impacts retenus dans le cadre de la présente étude sont la mortalité (directe, par collisions, écrasement ; indirecte, par piégeage dans les structures annexes de certaines configurations d'aménagements), et le cloisonnement des populations.

Les impacts générés par le réseau routier sont nettement plus conséquents que ceux générés par les autres types d'infrastructures. Ceux-ci cumulent une mortalité parfois importante à des effets de cloisonnement partiel ou totale. La logique d'équipements « imperméables » sur certains grands axes, pour des raisons de sécurité, si elle réduit très sensiblement la mortalité (au moins pour certains grands mammifères), induit en contrepartie une accentuation de l'effet cloisonnant. D'autre part, le cloisonnement peut être marqué même sans système de grillages et murets, le flux de véhicules, au-delà d'un certain seuil, rendant la franchissabilité quasi-impossible pour la plupart des espèces terrestres (COST 341).

Cependant, notons que, pour certaines espèces, les effets cloisonnants induits par d'autres grandes infrastructures linéaires (type canaux ou lignes TGV) peuvent être non négligeables, même si la mortalité induite reste probablement bien inférieure à celle générée par le réseau routier.

Il est donc proposé de simplifier la représentation du réseau fragmentant, en ce qui concerne les infrastructures non routières, en se limitant à une classe de représentation, pour les linéaires les plus impactants uniquement.

En ce qui concerne la représentation du réseau fragmentant formé par le réseau routier, il est proposé de l'affiner en optant pour une hiérarchisation des tronçons (5 classes proposées) en fonction des types d'infrastructures, des habitats traversés ou encore des groupes faunistiques prioritaires concernés.

➤ **Tableau 1 : Nature des tronçons formant le réseau fragmentant, à identifier, représenter et hiérarchiser**

NATURE DES INFRASTRUCTURES	IMPACTS	REPRESENTATION	HIERARCHISATION
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 linéaires les plus impactants (LGV et linéaires engrillagés)	1 classe
CANAU	Restreints sauf linéaires avec canaux à berges en palplanches (cloisonnement important et mortalité localement pour quelques groupes de vertébrés terrestres)	Uniquement linéaires les plus impactants (berges en palplanches ou technique similaire)	1 classe
LIGNES TRANSPORT ELECTRICITÉ	Restreints à la mortalité des oiseaux (et chiroptères ?), principalement sur certains types de lignes	Uniquement linéaires les plus conflictuels	1 classe
ROUTIÈRES	<ul style="list-style-type: none"> - Forts - Mortalité directe et indirecte, cloisonnement - Touche tous les groupes de vertébrés - Effet cumulatif généré par la densité routière 	<ul style="list-style-type: none"> - 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

3.2.2 Le réseau routier

○ Étape 1 : hiérarchisation et représentation du « réseau fragmentant »

Les infrastructures routières ont un impact sur les flux d'espèces. Mais, selon leurs caractéristiques, ces impacts seront différents. Les principaux attributs de description des infrastructures routières susceptibles d'aggraver l'impact sur les flux d'espèces ont été listés dans le tableau ci-après. L'objectif est de déterminer quels types de routes cumulent le plus d'impacts en ce qui concerne la faune sauvage, afin de calculer schématiquement un niveau d'impact de chaque tronçon routier permettant au final de proposer une échelle de comparaison en 5 classes (étape 1 de la hiérarchisation).

Pour beaucoup des attributs de description sélectionnés au départ, l'étude bibliographique n'a pas permis de faire ressortir de manière formelle un impact négatif sur la faune. Le manque d'études sur certains sujets (par exemple l'impact de l'éclairage ou du bruit sur les populations animales) n'a pas toujours permis d'obtenir toutes les informations nécessaires à l'élaboration de la présente méthodologie.

D'autre part, des différences assez significatives ont pu être constatées en fonction des modes de déplacements des différentes familles de vertébrés. En conséquence, les espèces de vertébrés ont été regroupées en 3 catégories : « petite » faune, « grande » faune et faune « volante ». Pour schématiser qu'ils soient, ces regroupements semblent logiques dès lors que chaque groupe induit des mesures de réduction d'impact sensiblement différentes, à savoir :

- réflexion sur les franchissements souterrains (petite faune) et points de croisement avec réseau hydrographique ;
- réflexion sur les franchissements supérieurs (grande faune ; petite faune de manière indirecte) ;
- réflexion sur les aménagements connexes (faune volante).

➤ **Tableau 2 : analyse des attributs de description des infrastructures routières pouvant constituer un facteur aggravant selon les données bibliographiques.**

	Espèces pouvant utiliser si nécessaire des franchissements inférieurs / souterrains				Espèces nécessitant des franchissements supérieurs (ou inférieurs « larges »)	Franchissement en vol	
	REPTILES	AMPHIBIENS	"PETITS" MAMMIFERES TERRESTRES	MAMMIFERES SEMI-AQUATIQUES	"GRANDS" MAMMIFERES TERRESTRES	CHAUVE-SOURIS	OISEAUX
Présence / évolution des attributs : Augmentation de la largeur de la chaussée et/ou nombre de voies	+	+	+	(idem que petits mammifères terrestres mais surtout gestion des points de conflits trame bleue /infrastructures)	+	+	+
Augmentation de la vitesse	0	0	+		+	+	+
Augmentation du trafic routier	0	0	+		+	+	+
Présence de "barrière centrale" (muret central...)	+	+	+		?	0	0
Présence de "barrières externes" (murets, mur anti-bruit, grillages "serrés")	+	+	+		0	0	0*
Engrillagement "grande faune"	0	0	0		+	0	0
Présence de système de drainage (fossés + bassins collecteurs)	+	+	?		0	0	0
Structure en remblais	0	0	?		?	?	+
Présence de haies d'accotements	0	0	+		?	?	0*
Augmentation des nuisances sonores	0	?	+		?	?	+
Présence d'éclairage	0	?	0		?	?	0
Augmentation de la densité de routes	?	+	+	?	?	?	0

0 : pas d'impact significatif ; + : impactant ; ? : pas de référence ; * sauf cas particulier

Les attributs de description des infrastructures routières les plus représentatifs à utiliser afin de hiérarchiser les différents tronçons routiers sont précisés dans le tableau 3.

➤ **Tableau 3 : Principaux attributs de description des infrastructures routières à prendre en compte pour hiérarchiser les tronçons routiers selon leurs impacts sur la faune**

Attributs ayant un impact reconnu selon la bibliographie	Vertébrés à « franchissement souterrain »	Vertébrés à « franchissement supérieur » (ou passage "large")	Vertébrés à « franchissement en vol »	SYNTHESE tous vertébrés
Augmentation de la largeur de la chaussée et/ou nombre de voies	X	X	X	X
Augmentation de la vitesse		X	X	X
Augmentation du trafic routier		X	X	X
"Structure avec obstacles" (murets, mur anti-bruit, etc)	X			X (tronçons grands axes « équipés »)
Structure "drainée"	X			
Engrillagement "grande faune"		X		
Structure en remblais			X	
Haies d'accotements			?	
Nuisances sonores				
Eclairage				
Densité de routes	?	?	?	?

Réseau fragmentant « synthétique »

3 principaux paramètres de description des routes sont considérés comme les plus pertinents et retenus au final pour réaliser la première représentation du réseau fragmentant synthétique (c'est-à-dire représentatif pour l'ensemble des vertébrés).

Paramètres retenus	Nombre de catégories associées	Disponibilité	Sources des données
Largeur de la chaussée	3	Tout le réseau	IGN BD Topo
Trafic routier	4	Routes principales	Conseils Généraux et DIR/DRE
Axes « équipés »	1	Partielle	Réalisation DRE

La vitesse maximale autorisée n'a pas été retenue directement dans ce tableau. Outre le fait qu'il n'est pas certain que des couches géoréférencées correspondantes soient facilement disponibles (cas en Alsace), il a été considéré que, dans la majorité des cas, seuls les axes équipés accueillent des portions routières à grande vitesse.

Types de catégories retenues et valeurs des coefficients associés :**1 - Coefficients largeurs de routes**

Largeur de la chaussée (en m)	Description	Valeur coefficient
<=4 m	Très petite route (piste) bitumée	1
4<>10 m	Inclus toutes les 2 voies normalisées	2
>=10 m	3 voies normalisées et plus	3

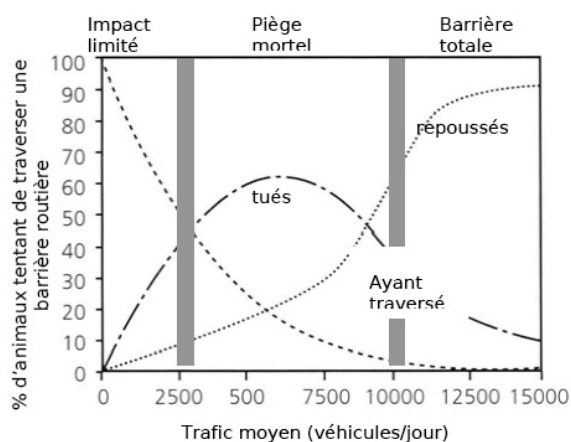
2 - Coefficients trafic routier

Trafic (veh./jour)	Description	Valeur coefficient
non connu	Pas de données	1
<=2500	Perméabilité existante	2
2500<>10000	Forte mortalité, perméabilité faible	3
>=10000	Imperméabilité quasi totale	4

Les seuils ont été déterminés d'après les références du rapport COST 341 dans lequel l'impact est estimé limité pour des valeurs < 2500 véh./j, il devient un piège mortel pour la fourchette $2500 \text{ véh./j} < 10000 \text{ véh./j}$ et une barrière totale pour des valeurs $\geq 10000 \text{ véh./j}$.

Le fait que le trafic routier ne soit pas toujours connu sur toutes les routes implique la création d'une catégorie supplémentaire (non connu) et un biais dans les résultats.

Les valeurs utilisées pour les estimations de trafic routier sont données en nombre de véhicules / jour. Ce type de données n'induit pas de distinction entre les différents types de trafic. Une mortalité élevée est pourtant constatée sur des routes avec trafic pendulaire, où les heures de fort trafic coïncident avec les principales heures de déplacement de la faune (aube, crépuscule).



➤ figure ci-contre :
source COST 341 (SETRA,
2007)

Figure 3.6 - Lorsque le trafic est faible (< 2500), peu d'animaux sont tués ou repoussés. L'impact sur la proportion d'animaux parvenant à traverser la barrière routière est donc limité. Lorsque le trafic est moyen (2500 à 10000), la mortalité est importante, le nombre d'animaux repoussés augmente et la proportion d'individus parvenant à traverser la route diminue. Lorsque le trafic est élevé (> 10000), une grande proportion d'animaux sont repoussés. Malgré une proportion de morts moins importante, seule une faible proportion d'animaux parviennent à traverser la route (graphique de Andreas Seiler, non publié).

Calcul des valeurs des coefficients affectés aux tronçons routiers (addition) :

<i>trafic / largeur</i>	<=4 m	4<>10 m	>=10 m	Axes « équipés »*
non connu	2	3	4	7*
<=2500 veh/j	2	3	4	7*
2500<>10000 veh/j	3	4	5	7*
>=10000 veh/j	4	5	6	7

* Les axes « équipés » recouvrent les grands axes routiers équipés de dispositifs : engrillagement (cloisonnement grande faune), murets centraux ou externes, système de drains et bassins de rétention des eaux (piège amphibiens). Par défaut, est considérée comme axe « équipé » toute route supérieure ou égale à 3 voies qui dispose d'au moins un de ces équipements.

Quel que soit le trafic, ces axes routiers « équipés » sont généralement imperméables pour toute la faune vertébrée terrestre. De plus, il s'agit, sauf exception, de routes larges (au moins 3voies), avec une vitesse maximale autorisée élevée.

Un essai de croisement simplifié « trafic x largeur routes » (cf. carte 5A) montre que ces axes très cloisonnants n'apparaissent pas forcément dans leur intégralité, avec le report de trafic sur certains tronçons. Afin de supprimer ce biais, il est proposé de leur affecter une valeur de coefficient automatique de 7, afin de les représenter en classe 4.

Il est donc nécessaire pour cela de disposer d'une couche géoréférencée de l'ensemble des axes équipés, ces informations n'étant pas disponibles dans des bases standard telles BD Topo. Cette couche devrait être cependant assez aisée à réaliser par les gestionnaires concernés.

Classes de valeurs des tronçons du réseau routier fragmentant :

Classe	Valeur finale coefficient	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 + non équipées avec trafic moyen à fort
2	3-4	assez important	- Routes standards avec trafic moyen maximum - 3 voies et + non équipées avec trafic faible ou non connu
1	2	moindre	Petites routes avec trafic non connu

Représentation cartographique réseau fragmentant :

<i>trafic / largeur</i>	<=4 m	4<>10 m	>=10 m	Axes « équipés »
non connu	classe 1	classe 2	classe 2	classe 4
<=2500 veh/j	classe 1	classe 2	classe 2	classe 4
2500<>10000 veh/j	classe 2	classe 2	classe 3	classe 4
>=10000 veh/j	classe 2	classe 3	classe 3	classe 4
<i>Représentation cartographique</i>	<i>Trait simple</i>			<i>Trait double</i>

Réseaux fragmentants « spécifiques »

Il peut sembler intéressant de compléter la carte représentant le réseau fragmentant pour tous les groupes de vertébrés cumulés, par la représentation des 3 réseaux fragmentant « spécifiques » : grande faune ; petite faune ; faune volante ; définis à partir des attributs de description des routes les plus pertinents pour chaque groupe d'espèces, sensiblement différents.

Les attributs à retenir sont à définir en fonction des regroupements d'espèces cibles. Ces cartes présentent surtout un intérêt par superposition avec les aires de présence d'espèces prioritaires en rapport. La représentation de ces réseaux fragmentant spécifiques peut aussi permettre d'influer sur les choix de mesures de réduction d'impacts.

○ **Etape 2 : analyse corrélée du « réseau fragmentant » avec le contexte spatial**

Il s'agit d'obtenir une hiérarchisation plus fine du réseau fragmentant, en fonction de l'occupation du sol et des priorités en termes de conservation des noyaux de biodiversité (habitats, espèces) dans la logique de la trame verte et bleue (TVB) constituée notamment de zones noyaux et de continuités écologiques. Il s'agit d'identifier les tronçons routiers les plus conflictuels avec les espaces naturels importants à l'échelon régional et/ou favorisant la circulation des espèces vertébrées.

Pour réaliser cette étape, il est nécessaire d'avoir, au préalable identifiés les espaces de la TVB (notamment de zones noyaux et de continuités écologiques). Une méthodologie nationale apparaît nécessaire afin d'établir ces espaces de façon homogène ainsi que pour être en cohérence avec l'utilisation de la présente étude dans la logique de reproductibilité.

Corrélation avec les habitats

Les priorités sont regroupées

- **niveau 1 : zones noyaux de la trame verte** : ensemble des sites identifiés comme tels selon la méthodologie nationale.
- **niveau 2 : maillage complémentaire de la trame verte** : dans les régions dominées par des matrices agricoles ou urbaine, il est proposé de retenir tous les espaces forestiers et agricoles extensifs présents, au-delà d'une surface minimale de 10 ha d'un seul tenant. Dans les régions dominées par les espaces forestiers ou extensifs, il conviendra de se référer à un niveau secondaire d'identification des éléments constitutifs de la trame verte, s'il a fait l'objet d'une méthodologie propre. Dans le cas contraire, ce niveau de croisement ne sera pas appliqué.

Corrélation avec les espèces prioritaires

On définit par espèce prioritaire, dans le cadre de cette étude, toute espèce qui bénéficie de l'ensemble des critères suivants, à l'échelle régionale :

- aire de présence localisée
- espèce patrimoniale et fortement menacée, au moins régionalement
- fortement sensibles aux impacts générés par les routes et autres infrastructures.

La liste des espèces prioritaires doit donc être établie pour chaque région. Ces espèces nécessitent la mise en place de mesures particulières et optimales de réduction d'impacts, et une analyse poussée permettant de compléter / améliorer la franchissabilité du réseau existant.

Des espèces connues pour payer un lourd tribut à la mortalité routière –exemple : Blaireau d'Europe- mais avec une aire de répartition importante, ne sont donc pas retenues. De même, des espèces menacées avec une population faible, mais avec une aire de répartition large –exemple : Lynx-. (Pour ces dernières, il reste souhaitable de trouver des solutions aux points noirs très localisés s'ils sont identifiés.)

Il semble essentiel de déduire la sensibilité de l'espèce aux « impacts générés par les routes et autres infrastructures » à partir des études biologiques existantes, et non d'après les impacts constatés à l'échelon régional. Certaines espèces peuvent être suffisamment localisées dans une région pour ne pas y être directement concernées par un axe routier majeur induisant aujourd'hui un impact sur leur population relictuelle. L'objectif est aussi d'alerter sur des parties de territoires les plus conflictuelles, où un effort particulier doit être réalisé en termes de mesures de réduction d'impact spécifiques, et donc également en cas de projets d'infrastructures.

Le croisement des données peut être réalisé à partir des données de présence des espèces sur la base d'atlas régionaux de répartition disponibles (maillage généralement de 5 x 5 km ou 10 x 10 km). L'utilisation d'atlas est proposée ici, car il s'agit d'un niveau d'information généralement disponible à une échelle régionale, et qui semble suffisant pour assurer ce rôle d'alerte. L'utilisation

d'un maillage impliquera alors de préciser à l'aide d'une analyse de terrain la longueur et l'emplacement des tronçons routiers qui traversent l'habitat de l'espèce cible considérée dans la maille ou les mailles où elle est présente.

Si elle est disponible, le périmètre du zonage précis de l'habitat de l'espèce cible considérée apporte bien évidemment l'information la plus précise et est directement utilisable.

○ **Représentation des points de conflits et de perméabilité**

L'objectif est de localiser, en complément d'une représentation du réseau fragmentant par tronçon (étape 2), un maximum de « points » (tronçons courts), à analyser en priorité dans la mise en place d'une réflexion pour limiter les incidences d'un tronçon ou pour la construction d'ouvrages de franchissement.

Ceux-ci peuvent être de natures différentes : points de perméabilité ; points de conflit ou points noirs.

- **Points de perméabilité** : ouvrages existants permettant déjà -ou pouvant permettre sous réserve d'aménagements complémentaires- le franchissement des routes par la faune. L'objectif est de repérer tous les ouvrages existants, puis de les étudier au cas par cas, afin de préciser leur potentialité et/ou les mesures d'aménagements connexes à réaliser pour assurer ou rétablir une fonctionnalité maximale pour les flux d'espèces.

Les ouvrages de franchissement existants, conçus spécifiquement pour la faune, devraient pouvoir être localisés aisément.

Pour les principaux ouvrages (pont), leur localisation est obtenue par une analyse croisée cartographique. Il est proposé de ne pas retenir les ouvrages de croisement entre deux axes routiers. Même s'il est probable qu'occasionnellement, certains ponts routiers soient utilisés par la faune, il est peu souhaitable d'en accentuer leur fréquentation (ne serait-ce qu'en termes de sécurité routière). Les passages agricoles ou de voie ferrée au-dessus et surtout au-dessous d'axes routiers « équipés », ainsi que tout passage de cours d'eau sous une route, peuvent par contre être considérés comme les principales opportunités pour améliorer la franchissabilité d'un grand tronçon fragmentant. Une amélioration technique peut parfois être suffisante (guide, végétalisation des abords...) et à moindre coût. Ces points de perméabilité ne se substituent pas aux passages spécifiques à faune : leur emplacement est rarement optimal, la conception souvent non idéale pour la faune, et la tranquillité aléatoire (utilisation anthropique). Les infrastructures en projet doivent cependant généraliser la conception de passages « mixtes », en mettant en avant les paramètres favorables à la faune.

Pour les ouvrages de petite dimension (buses, drains,...), s'il n'existe pas de base de données correspondante dans les services de gestion des routes, un recensement sera nécessaire. Dans tous les cas, seule une évaluation individualisée sur le terrain de chaque point de passage potentiel sera à même de préciser l'efficacité éventuelle de l'ouvrage, et l'intérêt d'aménagements complémentaires à y apporter. Dans la plupart des cas, signalons que ces points de perméabilité ne fonctionnent que très occasionnellement en l'état.

- **Points de conflits :** points de rencontre précis entre le réseau fragmentant et les principales continuités écologiques, qu'elles soient existantes ou à recréer, ou les flux connus de déplacements d'espèces. Ces points peuvent être déterminés par :

- **toutes intersections continuité écologique linéaire / réseau routier.** On entend par "continuité linéaire" :

- certaines structures linéaires végétalisées situées dans des matrices peu propices aux déplacements d'espèces (zones agricoles intensives ou urbaines), dont il est estimé qu'elles servent de « support de déplacement » à de nombreuses espèces.

- les points de croisement entre le réseau hydrographique et le réseau routier sont généralement les principaux points d'incidence, les cours d'eau assurant les seules structures linéaires encore assez fonctionnelles dans certaines régions agricoles et a fortiori en zones urbaines.

- d'autres points de croisement sont à considérer, tels les croisements avec d'autres linéaires végétalisés s'ils existent (ex. emprises des voies ferrées), ou encore les espaces naturels résiduels en zones urbanisées ou en zones de conurbation importante (ex. fonds de vallées)

- enfin, tout corridor répertorié dans une logique de conservation/recréation de liaison écologique fonctionnelle -via la méthodologie nationale trame verte et bleue, ou autres études régionales existantes (ex. : propositions de connexions de trame verte et les connexions résiduelles infra-vallée de la trame verte régionale d'Alsace)-.

- connaissances directes de **croisements entre axe migratoire ou de déplacement de la faune et axe routier.** En pratique, ce type de croisement est souvent déterminé par l'observation d'une surmortalité traduisant le passage de la faune à un endroit précis. Différents acteurs de terrain (Associations de protection de la nature, ONCFS, Fédérations des chasseurs...) sont à même d'apporter leurs expertises régionales pour les définir, voire disposent éventuellement de bases de données à ce sujet.

Ces informations sont surtout disponibles pour certains points de passages conséquents d'amphibiens, ou plus localement pour certains passages du réseau hydrographique sous un axe routier, mal calibrés et induisant une mortalité régulière de mammifères semi-aquatiques. Les informations sont plus diffuses concernant les autres espèces, même si le recensement régulier des cadavres ramassés par les services des routes devrait aisément permettre d'identifier certains principaux « points noirs ». Ce travail, au moins sur une période donnée, pourrait constituer un préalable pour augmenter la pertinence des résultats.

Le tableau 4 reprend l'ensemble des points pour lesquels il est nécessaire d'obtenir des informations les plus exhaustives, géoréférencées et faisant l'objet d'une fiche descriptive, pour disposer d'une analyse croisée.

Selon les cas de figure, l'analyse est à restreindre au réseau routier « grands axes » ou au seul réseau principal, pour conserver son intérêt.

➤ **Tableau 4 : Types d'informations à croiser pour déterminer les points complémentaires de description des infrastructures routières existantes et à prendre en compte pour hiérarchiser les tronçons routiers impactants.**

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.		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)		en priorité	autoroutes et grands axes en grillagés	
Passages inférieurs réseau hydro		en priorité	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			réseau routier complet	
points de conflits (potentiels ou existants)				
Points avec mortalité forte et régulière faune	Amphibiens : inventaires généralement compilées 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 déplacements 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 connurbées	études existantes	en priorité	réseau routier complet	
Continuités "naturelles" subsistantes en zones de grande culture	études existantes, souvent lié au réseau hydrographique	en priorité	réseau principal	

○ **Densité**

A l'échelle de certaines espèces, l'augmentation de la densité routière (effet cumulatif) induit un facteur aggravant supplémentaire à la conservation des populations (amphibiens par exemple). L'analyse de la densité apparaît donc comme un attribut supplémentaire à intégrer dans la présente étude.

Cette analyse peut être réalisée selon un modèle simplifié (calcul de surface cumulée ou de longueur cumulée à partir d'une grille de découpage standard du territoire), ou de manière plus complexe, à partir de la superficie des « alvéoles » délimitées par le maillage routier.

L'analyse de la densité reste plus pertinente à l'échelle de la réflexion globale sur la perméabilité des matrices paysagères en général, ou la conservation de populations d'espèces patrimoniales. Il semble en effet difficile de l'appliquer directement à une analyse route par route.

Ceci étant, elle peut permettre de répertorier les "régions naturelles" les moins densément quadrillées en axes routiers, et dont on peut estimer qu'elles ont conservé une fonctionnalité globale qui leur permet de jouer le rôle de grands axes de déplacement à une échelle départementale ou au-delà. Au sein de ces "régions naturelles", la mobilisation pour réduire l'impact de certaines coupures, considérées comme peu prioritaires lors d'une analyse individualisée, peut alors être renforcée.

Application en Alsace

• Choix de représentation

La méthodologie générale proposée vise à hiérarchiser au final le réseau routier en fonction de l'impact estimé généré par chaque type de tronçon.

Le tableau suivant reprend les codes couleurs utilisés dans les cartes de représentation du réseau fragmentant routier au final.

Impact estimé du tronçon routier (ou priorité d'action)	Valeur finale coefficient calculée
majeur	9-11
très important	7-8
important	5-6
assez important	3-4
moindre	2

• Représentation du réseau fragmentant routier (étape 1)

Données "sources"

Les données disponibles sous format géoréférencé, en référence au tableau 3 (page 25), et finalement retenues sont précisées dans le tableau ci-après.

	Disponibilité	Principaux biais	Retenu
Augmentation de la largeur de la chaussée et/ou du nombre de voies	Oui (tout le réseau)		OUI
Augmentation de la vitesse maximale autorisée	Non		NON
Augmentation du trafic routier	Partiel (67)	Données pour routes principales, mais parfois avec tronçons manquants	OUI (67)
"Structure avec obstacles" (murets, mur anti-bruit, etc)	Non		OUI en utilisant la couche « engrillagement grande faune » par défaut
Structure "drainée"	Non		
Engrillagement "grande faune"	Réalisé (67), partiel	Données non exhaustives (plusieurs tronçons manquants)	
structure en remblais	Non		NON
Haies d'accotements	Non		NON
Nuisances sonores	Non		NON
Eclairage	Non		NON

L'absence de disponibilité de certaines données (notamment trafic routier dans le Haut-Rhin) a conduit à restreindre l'application :

- au seul département du Bas-Rhin,
- à la seule cartographie du réseau fragmentant synthétique (toutes espèces).

Calcul des coefficients

Vu les données disponibles, les 3 champs descriptifs utilisés pour affecter des coefficients à chaque tronçon routier sont

- la largeur des routes,
- le trafic routier,
- les axes « équipés »

Le calcul des coefficients reprend la méthodologie proposée en 3.2.2

Coefficients largeurs de routes

Largeur de la chaussée (en m)	Description	Valeur coefficient
<=4 m	Très petite route (piste) bitumée	1
4<>10 m	Inclus toutes les 2 voies normalisées	2
>=10 m	3 voies normalisées et plus	3

Coefficients trafic routier

Trafic (veh./jour)	Description	Valeur coefficient
non connu	Pas de données	1
<=2500	Perméabilité existante	2
2500<>10000	Forte mortalité, perméabilité faible	3
>=10000	Imperméabilité quasi totale	4

Calcul des valeurs des coefficients affectés aux tronçons routiers (addition) :

trafic / largeur	<=4 m	4<>10 m	>=10 m	Axes « équipés »
non connu	2	3	4	7
<=2500 veh/j	2	3	4	7
2500<>10000 veh/j	3	4	5	7
>=10000 veh/j	4	5	6	7

Représentation cartographique réseau fragmentant (étape 1):

trafic / largeur	<=4 m	4<>10 m	>=10 m	Axes « équipés »
non connu	classe 1	classe 2	classe 2	classe 4
<=2500 veh/j	classe 1	classe 2	classe 2	classe 4
2500<>10000 veh/j	classe 2	classe 2	classe 3	classe 4
>=10000 veh/j	classe 2	classe 3	classe 3	classe 4
	Trait simple			Trait double

Cartes associées

- Cartes 1 à 4 reprennent les paramètres choisis sous forme isolée.
- Carte 5A : essai croisement simple « trafic x largeur routes » (non retenu)
- Carte 5 : carte de synthèse : représentation du réseau fragmentant routier simplifié en Alsace (Etape 1)

➤ ANNEXES : CARTE1 à CARTE5**Biais et limites**

- carte des tronçons en grillagés incomplète (tronçons de dépassement avec doublement des voies de la route N420, contournante de Molsheim...)
- trafic routier non disponible sur les petites routes (mais probablement non significatif)

• Représentation du réseau fragmentant routier priorisé (étape 2)

Analyse croisée avec espaces prioritaires

En l'absence de pouvoir assurer une corrélation directe avec la méthodologie de définition de la trame verte et bleue nationale, la cartographie de la trame verte alsacienne, établie par la Région Alsace en 2003, a servi de référence.

L'analyse cartographique suivante est donc limitée à la zone plaine/piémont. Ont cependant été intégrés quelques premiers éléments de l'étude complémentaire sur la trame verte d'Alsace dans les Vosges et le Jura, en premier lieu les connexions infravallées résiduelles, qui identifient les derniers corridors utilisables pour les déplacements de la faune encore subsistants dans les fonds de vallées fortement connubées. Cette étude est cependant en cours de réalisation et demande à être validée.

La cartographie de la trame verte alsacienne s'appuie déjà sur une analyse précise de l'ensemble des couches descriptives en termes d'occupation du sol et de qualification des espaces naturels remarquables (protégés, inventoriés...). La synthèse qui en est faite, pour simplifiée qu'elle soit, offre un niveau de référence paraissant suffisant pour une analyse croisée avec les réseaux d'infrastructures. De plus, le zonage de la trame verte alsacienne en trois catégories (termes utilisés : zones nodales / trame verte secondaire / connexions prioritaires) permet une approche qui semble assez proche du concept qui sera retenu pour l'élaboration de la trame verte et bleue nationale.

Un complément d'information peut être fourni par le croisement de deux autres sources d'informations concernant des données spatiales :

- les aires de reproduction d'espèces prioritaires (selon le réseau d'infrastructures étudié)
- des éléments de calcul de densités routières

Données "sources"

Types de données spatiales à croiser	Sources de données	Cartographie	type de réseau retenu
Identification des espaces prioritaires à l'échelle régionale pour la conservation de la biodiversité	Trame verte Région Alsace : noyaux centraux	Cartes 7	Réseau routier complet
Occupation du sol : surfaces les plus favorables aux déplacements d'espèces : tous boisements ou espaces naturels, ou espaces agricoles non intensifs	Trame verte Région Alsace : maillage complémentaire (TV secondaire)		
zones de présence (reconquête) espèces prioritaires*	Odonat Alsace : Atlas UTM 5x5 km	Exemple carte 9	réseau routier complet
Densité routière	Calculée sur base maillage UTM 5x5 km	Exemples cartes 6 et 7D	réseau routier complet

Mode de calcul des valeurs finales des coefficients affectés aux tronçons routiers (addition) :

Situation du tronçon	Majoration du coefficient réseau fragmentant simplifié	Effet
Hors TV	+ 0	-
TV secondaire	+ 2	+ 1 classe
TV noyaux	+ 4	+ 2 classes *

* + 1 classe seulement pour les tronçons déjà en classe 4 à la fin de l'étape 1.

Valeurs des coefficients finaux par tronçons (addition) :

Coefficient réseau fragmentant (étape 1)	TV noyaux (+ 4)	TV secondaire (+ 2)	hors TV (+0)
7	11	9	7
5 / 6	9/10	7/8	5/6
3 / 4	7/8	5/6	3/4
2	6	4	2

Représentation finale sur les cartes :

Impact estimé du tronçon routier / priorité d'action	Valeur finale coefficient
majeur	9-11
très important	7-8
important	5-6
assez important	3-4
moindre	2

Cartes associées

➤ Cartes 7

➤ **ANNEXES : CARTE7A à 7D****Données chiffrées**

➤ *Longueur totale (en kilomètres) des tronçons routiers priorités identifiés dans chaque classe traversant les constituants de la trame verte régionale actuelle dans le Bas-Rhin*

classe priorité	valeur coeff. final	NOYAUX CENTRAUX	%	TRAME VERTE SECONDAIRE		TOTALE TRAME VERTE	
assez important	4			248,3	49%	248,3	26%
important	5			69,4	14%	69,4	7%
	6	243	55%	74,5	15%	317,5	33%
très important	7	99,7	22%	17,9	4%	117,6	12%
	8	80,7	18%	1,5	0%	82,2	9%
majeur	9	14,6	3%	96,3	19%	110,9	12%
	11	5,4	1%	0	0%	5,4	1%
	TOTAL	443,3		508		951,3	

La carte finale (pour le Bas-Rhin) fait ainsi ressortir plusieurs problématiques :

- Concernant les axes majeurs et autoroutiers, un ensemble de coupures au travers d'espaces naturels est souligné (principalement axes de connexion Ouest-Est): 11 tronçons sectionnants sur l'autoroute A35 ; coupure Ried de la Zorn / Forêt de Brumath / Piémont de Saverne, mais aussi 6 tronçons sectionnant en Alsace Bossue pour l'A4 ; coupure Ried d'Epfig A35 ; coupure bande rhénane au Sud de Strasbourg...

115 km de coupures majeures sont identifiés au total. Elles concernent principalement des axes routiers équipés. Néanmoins, quelques routes départementales à fort trafic, mais non engrillagées, peuvent être surlignées (classe 5) au niveau de leurs traversées en forêts inventoriées (cas des multiples coupures au sein des grands sites forestiers, telle la Forêt de Haguenau).

- au niveau de régions naturelles subsistantes en plaine (grandes zones encore moins densément urbanisées et avec prédominance d'espaces non cultivés : Ried de l'Ill, Bruch de l'Andlau, bande rhénane nord, Piémont Vosges du Nord, et dans une moindre mesure Ried de la Zorn), des coupures transversales sont fréquentes et marquées. Elles réduisent leur capacité de corridors naturels

- au niveau de "régions" naturelles, de coupures longitudinales marquées dans certains massifs, telles la route D20 le long du Rhin au Sud de Strasbourg, ou la route D3 dans le massif de la Lauter.

Biais et remarques

- Certaines routes forestières ouvertes à la circulation situées en zones nodales se retrouvent clairement « surlignées » (cas notamment du massif de Haguenau). Elles représentent une large part des 243 km identifiés dans les zones nodales. En effet, elles apparaissent en catégorie 3, donc au même niveau que des routes départementales fortement fréquentées mais en zones agricoles (ex. N4). Dans ce cas, est soulignée leur localisation particulière plutôt que leur impact réel (faible circulation, emprise réduite). Mais la question de la nécessité de leur maintien sous forme de voie de desserte reste posée.

- La couche SIG des tronçons équipés est incomplète

- La vision générale est déformée par les niveaux d'analyse différents entre plaine et montagne, et demande à être complétée par le croisement avec les espaces prioritaires de la trame verte dans le massif vosgien dès que disponible. La coupure créée par l'autoroute A4 sur l'axe suprarégional Nord-Sud du massif vosgien n'apparaît ainsi pas vraiment prédominante.

- Dans les secteurs dominés par l'agriculture, peu de tronçons prioritaires apparaissent. Seules les traversées de petits massifs boisés sont accentuées localement. C'est pour ce type de routes que le niveau d'analyse consistant à superposer les aires de reproduction des espèces prioritaires (Grand Hamster, Crapaud vert...) offre un niveau d'analyse complémentaire, apte à apporter un niveau de hiérarchisation complémentaire.

- Des secteurs écologiquement importants/riches qui n'ont pas été officiellement identifiés, inventoriés, protégés ou labellisés, pour des raisons diverses et historiques, n'apparaissent donc pas sur les différentes couches cartographiques, ni donc, *à fortiori*, l'impact des réseaux d'infrastructures sur ces secteurs (exemple : Ried de la Bruche).

• Analyse points de conflits et points de perméabilité

Choix données sources

Types de données spatiales à croiser	Sources de données	Cartographie	type de réseau à croiser
points de perméabilité existants			
Passage supérieurs potentiellement aménageables (non routiers)	Localisation simple par croisement couches cartographiques (BD Topo, BD Carthage)	retenu	autoroutes et grands axes
Passages inférieurs non routiers potentiellement aménageables (hors réseau hydro)		retenu	autoroutes et grands axes en grillagés
Passages inférieurs réseau hydro		retenu	réseau routier complet
Passages inférieurs "buses et conduits"	Indisponible	indisponible	autoroutes et grands axes
Passages supérieurs à faune	DIR Est	retenu	réseau routier complet
Passages inférieurs à faune	DIR Est		réseau routier complet
points de conflits (potentiels ou existants)			
Points avec mortalité forte et régulière faune	Amphibiens : Bufo, Conseils Généraux	Principaux sites équipés	réseau routier complet
Points avec mortalité forte et régulière faune	ONCFS – 68 (mammifères)	Sites 68	réseau routier complet
Croisement réseau hydrographique	Localisation simple par analyse croisée cartographique.	retenu	réseau principal x répartition espèces semi-aquatiques prioritaires
Continuités identifiées pour le déplacements de la faune	Si études faunistiques disponibles	indisponible	réseau routier complet
Connexions identifiées à conserver ou recréer (cadre Trame verte nationale)	Trame verte régionale (connexions à préserver en plaine)	retenu	réseau routier complet
Continuités "naturelles" subsistantes en zones conurbées	Trame verte régionale (connexions infra-vallée, en montagne)	retenu	réseau routier complet
Continuités "naturelles" subsistantes en zones de grande culture	Quelle méthode d'identification ?	indisponible	réseau principal

Cartes associées

- Cartes 8 ; Dénombrements des points : *Donneescartes*
- **ANNEXES : CARTE8A à 8D ; *Donneescartes***

Analyse

Sans même présager de leur efficacité, les points de perméabilité hors réseau hydrographique au sein du réseau fragmentant principal restent finalement peu nombreux, dans une logique de réhabilitation pour espérer le franchissement par la grande faune.

La localisation des ouvrages permettant éventuellement le franchissement de la petite et moyenne faune n'est pas disponible. Un recensement de terrain est nécessaire sur tout le réseau équipé pour avoir une idée de la fréquence des ouvrages réhabilitables.

Plusieurs milliers de points de conflit avec le réseau hydrographique sont identifiés. Une priorisation est indispensable, mais il est clair qu'une analyse complète sur tout le réseau principal serait souhaitable à terme. D'une part, il s'agit des principaux points de perméabilité potentiellement aménageables sur le réseau « grands axes ». D'autre part, ils traduisent également le plus souvent le croisement entre corridors végétalisés facilitant le déplacement et réseau routier, et sont donc des points de conflit potentiels forts.

Biais et remarques

- Toutes les continuités naturelles subsistantes dans les différentes matrices paysagères ne sont pas identifiées (ni donc géoréférencées).

- Les points avec mortalité forte et récurrente de la faune ne font pas l'objet d'un recensement exhaustif, même si certains points sont connus par différents réseaux d'acteurs. La mise en place d'une base simple, mais permettant de confronter les données disponibles par de nombreuses sources, permettrait d'obtenir une vision plus fine (et réactualisable) des points noirs à une échelle donnée.

- Ces cartes se révèlent surtout utiles à une échelle d'analyse déjà précise.

- **Choix des espèces prioritaires en Alsace**

➤ *Espèces prioritaires retenues, et cartes à corrélérer selon les espèces*

Regroupement d'espèces	Espèces	Carte de référence à retenir	Réseau à corrélérer
Grande faune	Lynx	Uniquement si croisement routier avec voies de passage récurrentes identifiées	réseau routier principal
Petite faune	Grand Hamster ; Crapaud vert ; Pélobate brun	Aire de présence des noyaux de populations reproductrices (et principales zones de reconquête adjacentes)	réseau routier principal
Faune volante	Petit Rhinolophe ; Chevêche d'Athéna	Aire de présence des noyaux de populations reproductrices	réseau routier principal
Mammifères semi-aquatiques	Castor ; Loutre	Aire de présence des noyaux de populations reproductrices et principal réseau connecté colonisable à terme	Points de perméabilité : croisements réseau routier fragmentant x réseau hydrographique
Faune volante	Milan royal ; Grand-Duc	Aire de présence des noyaux de populations reproductrices	Réseau « électrifié » (et éolien)
Faune volante	Oiseaux nicheurs de grande envergure	Sites régionaux avec forts noyaux de populations reproductrices (dont ZPS)	Réseau « électrifié » (et éolien)

Cartes associées

➤ *Croisements à réaliser selon besoins d'étude. Exemple : carte9*

➤ **ANNEXES : CARTE9**

- **Représentation des densités routières**

Choix de représentation

Une représentation de la densité routière est faite à l'échelle du maillage UTM 5x5 km, en 6 classes.

Les deux techniques de calcul ont été expérimentées : calcul de la densité routière à partir de l'aire du réseau routier, et à partir de la longueur du réseau.

Dans ces deux cas, il a été procédé, à titre de comparaison, à un calcul réalisé :

- à partir du réseau routier,
- à partir du réseau routier élargi à l'ensemble des pistes circulables (pistes forestières et chemins agricoles "non goudronnés").

Cartes associées

➤ *Cartes 6*

➤ **ANNEXES : CARTE6A à 6D**

Analyse et limites

- Le choix du maillage 5x5 km conduit à un biais. L'idéal aurait été un calcul de densité au sein de chaque « maille routière », hors zones urbanisées.

- La présence de zones urbanisées ressort fortement de la carte (voirie importante), tout comme les axes autoroutiers.

- la comparaison entre routes et routes + pistes met nettement en évidence l'existence d'un second réseau, non négligeable, très dense dans certaines régions naturelles, lié au mitage urbain ou à l'ouverture des pistes de plus en plus prononcée. Cette situation est très marquée dans les Vosges du Sud et moyennes, ou encore dans le Sundgau Est.

A l'opposé, les rares secteurs bénéficiant encore d'une densité faible sont : plaine centrale (forêt et plaine de la Harth dans le Haut-Rhin, Ried ello-rhéna dans le sud du Bas-Rhin), forêt de Haguenau et Outre forêt, Vosges du Nord, portion du Sundgau, et dans une moindre mesure Bruch de l'Andlau et Ried de la Zorn.

3.2.3 Le réseau des canaux

Même si, bien souvent, les berges et emprises des canaux et des rivières forment des corridors linéaires importants au sein des espaces agricoles, certains types particuliers d'aménagements des rives peuvent également induire des coupures importantes.

L'utilisation systématique des palplanches sur de longs linéaires de berges rend ceux-ci infranchissables, les animaux, incapables de remonter une fois dans l'eau, se noyant. Dans certaines configurations, les berges bétonnées peuvent induire les mêmes effets.

Lorsque l'utilisation des palplanches est ainsi systématique, l'effet de cloisonnement pour la faune terrestre est donc important. Si la même technique a été utilisée pour les deux berges -ce qui est souvent le cas-, à l'effet cloisonnant s'ajoute une mortalité des mammifères considérée comme non négligeable. C'est donc sur les canaux que des problèmes de mortalité de la faune ont été principalement constatés. En effet, leur aménagement est souvent similaire sur de grandes longueurs de linéaires, et l'utilisation de palplanches quasiment systématique.

Il convient donc d'identifier les tronçons de canaux où les aménagements des berges sont les plus impactants.

Valeur des coefficients affectés selon la nature des berges

	Berge droite	Berge gauche
Berge en palplanches / béton (ou tout autre technique empêchant la remontée des vertébrés)	3	3
Berge en enrochement	1	1
Berge naturelle	0	0

Représentation finale du réseau fragmentant canaux

valeur totale coefficient tronçon (addition)	couleur de représentation	Descriptif	Effet	
6	Classe 3	Palplanches* sur les deux rives	Cloisonnement + mortalité	Linéaires à inclure et à représenter dans le réseau fragmentant régional
3 ou 4	Classe 2	Palplanches* sur une rive	Cloisonnement	
1 ou 2	Classe 1	Enrochement présent sur l'une ou les deux rive(s)	Réduction de la fonctionnalité de corridor biologique du cours d'eau	Linéaires hors réseau fragmentant régional
0	Classe 0	Rives naturelles		
-		Champs non renseignés		

*ou toute technique de maintien des berges empêchant de manière similaire la remontée de la faune.

L'aménagement des canaux posant problème est relativement aisé, et assez peu coûteux. Il s'agit d'arrimer sur les berges, à intervalles réguliers, des remontées utilisables par les différents mammifères.

Ces solutions ont été testées localement, et ce dès 1968 par la Fédération Départementale des Chasseurs de l'Oise (Braconnier, 2006) et ont montré leur efficacité. Ces années d'expérimentation ont permis d'aboutir aujourd'hui à des structures métalliques relativement faciles à poser (120 kg) et durables.

➤ Document 5 : Synthèse de l'historique des projets de remontées faune sauvage sur le canal de la Marne au Rhin dans le département du Bas-Rhin de 1968 à 2006 ((Braconnier, Fédération Départementale des Chasseurs du Bas-Rhin, 2006)

➤ ANNEXES : DOC5

Le coût décrit, (environ 250 euros / remontée en 2006), permet d'envisager la « neutralisation » des tronçons à problème pour des sommes de l'ordre de 1500 € par kilomètre linéaire de canal (sur la base de 1 remontée / 500 m de linéaire de berge, soit 4 remontées à installer par kilomètre linéaire de canal).

En dehors des moyens nécessaires pour la pose des remontées, elles demandent surtout la mise en place d'une concertation avec l'organisme en charge de la gestion et de la sécurité du canal, ainsi qu'un suivi régulier mais léger permettant de s'assurer de l'efficacité dans le temps de toutes les remontées, et l'éventuel remplacement de celles en mauvais état.

Application en Alsace

Historique

La plaine d'Alsace compte quelques centaines de kilomètres de canaux, parmi lesquels se distingue l'axe principal formé par le canal du Rhône au Rhin puis le canal de la Marne au Rhin (L'ensemble forme un corridor majeur de plus de 170 km à travers une large partie de la plaine d'Alsace. La conservation de la qualité de cette trame verte fait notamment l'objet de mesures spécifiques sur sa partie haut-rhinoise par le Conseil Général du Haut-Rhin).

Braconnier (2006) synthétise l'historique de l'investissement engagé par la Fédération Départementale des Chasseurs du Bas-Rhin sur cette problématique. Même si les chiffres restent partiels, la mortalité constatée sur plusieurs tronçons est conséquente. Les premiers essais de mise en place de dispositifs de remontée pour la faune datent de 1971.

L'équipement par des dispositifs de « cinquième génération » sur l'ensemble des linéaires à problème dans le Bas-Rhin (canal du Rhône au Rhin, canal de la Marne au Rhin, canal des houillères de la Sarre) est aujourd'hui envisagé. Les 40 premiers dispositifs ont été posés en 2006, financés en partie par la politique trame verte de la Région Alsace.

Choix des sites retenus

Les canaux, au sens premier, ont été retenus.

Les cours d'eau "canalisés" n'ont fait l'objet d'une carte que pour information. Les principaux aménagements les plus préjudiciables se situent principalement en milieu urbain (ou sur des linéaires restreints).

Données sources

Les canaux ont été sélectionnés par leur toponymie dans BD Carthage (Le Rhin canalisé et le Grand Canal d'Alsace ont donc été retenus dans ce cadre).

Les données de la qualité physique du milieu (bases Qual_phy et Mil_phy de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse) assurent la description, par tronçons, d'un ensemble de paramètres des principaux cours d'eau du bassin Rhin-Meuse, dont le type d'aménagement des berges (pour chaque rive), et séparent les attributs : rive naturelle ; enrochement ; béton ou palplanche.

Valeur affectée des coefficients

	NATURE_D_R	NATURE_D_1
BETON OU PALPLAN	3	3
ENROCHEMENT	1	1
NATURELS	0	0
vides	0	0

Choix de représentation

Une carte a été réalisée pour l'ensemble du réseau hydrographique.

Une carte ne retenant que les canaux est proposée au final.

4 classes ont été retenues. Pour information, les berges enrochées ont été distinguées en complément.

Les classes prioritaires concernent les canaux aménagés avec palplanches sur les deux rives (mortalité + cloisonnement) ou sur une seule rive (cloisonnement). Ces deux classes (3 et 4) les plus impactantes sont à retenir dans la représentation du réseau fragmentant global.

valeur coeff. totale = NATURE_D_R + NATURE_D_1	couleur de représentation	Légende
6	Classe 4	Béton ou palplanches sur les deux rives
4	Classe 3	Béton ou palplanches sur une rive
3		
2	Classe 2	Enrochement présent sur une ou deux rives
1		
0	Classe 1	Rives naturelles
-		
		Champ non renseigné

Cartes associées

Cartes 10

➤ ANNEXES : CARTE10 et CARTE10A

Analyse

La sélection des canaux par toponymie fait apparaître quelques « oublis ».

Les bases de données Qual_phy et Mil_phy (Agence de l'Eau Rhin-Meuse) n'assurent la description des rives que pour les principales rivières. Les canaux n'y ont pas été décrits. Seuls ressortent alors sur la carte10 les tronçons du Rhin canalisé, aux rives bétonnées.

D'autre part, les bases de données Qual_phy et Mil_phy décrivent, sous forme regroupée, les rives bétonnées ou en palplanches, ne permettant pas de distinction précise.

Certains types de berges bétonnées, en pente, ne constituent pas nécessairement un obstacle infranchissable pour la faune. Des possibilités de remontées régulièrement espacées existent sur ce type de cours d'eau, qui laissent à penser que les impacts sont moindres par rapport aux canaux en palplanches. La mise en place de grillages « d'accroche » sur les berges bétonnées du Rhin n'a semble-t-il pas encore été réalisée. Il est prévu cependant d'améliorer la facilité de remontées des animaux (en augmentant la « rugosité » de la surface bétonnée par le rajout de pierres et encoches) sur des sites particuliers, tel le polder d'Erstein, afin d'éviter toute noyade d'animaux stressés lors des inondations du site.

Une autre source descriptive est donc à trouver pour les canaux. Elle devrait cependant pouvoir être facilement réalisée et digitalisée, le niveau de description nécessaire étant restreint d'une part, les techniques d'aménagement utilisées étant les mêmes sur de longs linéaires d'autre part. Elle doit également permettre d'assurer la distinction entre les techniques d'aménagement (palplanches ou béton non confondues).

La carte des cours d'eau (carte10A) fait également apparaître divers tronçons béton/palplanches de longueurs non négligeables. Ceux-ci sont le plus souvent situés en milieu urbain, mais il serait important d'estimer, si possible, l'impact de tous les tronçons hors zones urbaines.

3.2.4 Le réseau des voies ferrées

Le trafic ferroviaire peut être considéré comme moins impactant que le trafic routier, même si les collisions avec la faune terrestre ou volante sont régulières. L'augmentation de la vitesse des trains est l'un des principaux facteurs qui accentuent les risques de mortalité par collision.

Les effets fragmentants générés par le réseau ferré sont principalement créés par les linéaires de voies engrillagés. A ce titre, les liaisons grande vitesse (LGV) constituent un cas spécifique particulièrement impactant. Les liaisons grande vitesse sont généralement conçues pour être « hermétiques » au passage de la grande faune (et des humains !). Leurs constructions doivent s'accompagner alors de la création de passages à faune efficaces et réguliers, de facture et densité au moins similaires à ceux préconisés pour les axes autoroutiers.

Les priorités correspondent aux traversées urbaines, qui constituent déjà en elles-mêmes des barrières pour la faune. D'autre part, la législation oblige à l'équipement sur 20 m de part et d'autre des passages à niveau. Les croisements, ponts... sont donc presque systématiquement engrillagés, mais sur des linéaires trop courts pour être considérés comme des véritables coupures écologiques.

En dehors de ces zones, les politiques d'engrillagement des voies ferrées (hors LGV) semblent variables et plus ou moins accentuées selon les régions. Le pourcentage de voies clôturées peut être relativement faible (pour l'instant) au regard du linéaire total, à l'exemple de la région Alsace.

Cependant, contrairement au grillage standard « grande faune » utilisé pour les axes autoroutiers, les grillages utilisés pour les clôtures défensives peuvent être à mailles fines, donc également « hermétiques » pour une partie de la petite faune. Les effets fragmentants en sont accentués, et l'utilisation systématique de grillages satisfaisant au mieux le passage de la petite et moyenne faune (espaces adaptés au pied du grillage) et permettant également le passage des grands ongulés, est nécessaire.

Une expérimentation récente est en cours et une proposition de clôtures abaissées et allégées a été faite par le Parc Naturel Régional de l'Oise-Pays de France. « *Notre étude a montré qu'il faut diminuer la hauteur de la clôture à 1,2 m en laissant libre par un dessous un passage de 40 cm. Les cerfs peuvent sauter par au-dessus, les faons et les chevreuils se glisser en-dessous* »

- Sources : <http://blog-petitechroniquedelaterre-tf1.lci.fr/article-23087656.html>



Application en Alsace

Choix de représentation

Pour information, l'ensemble des voies ferrées existantes a été représenté. Tous les tronçons en grillagés ont été représentés, sans hiérarchisation (différents types d'en grillage confondus).

Choix données sources

extrait de la base (nationale) SNCF / RFF / RGI

Cartes associées

carte 12

➤ ANNEXES : CARTE12

Analyse

Les tronçons grillagés concernent presque exclusivement les traversées urbaines, que complètent des petits linéaires ponctuels au niveau des croisements routiers, ponts, passages à niveaux....

Deux exceptions existent cependant, au niveau du massif du Dockenberg à Carspach (68) et le bois de Geudertheim (67), et demanderaient une analyse particulière pour juger de leurs effets.

- *linéaire ferré en grillagé en forêt (Geudertheim-67), avec grillage à mailles serrées*
(photo L. Waeffler, LPO Alsace)



D'autre part, deux projets de LGV sont en phase avancée de réalisation. Les futurs tracés n'ont pas été représentés ici, mais conduiront à créer deux nouvelles coupures majeures de plusieurs dizaines de kilomètres dans le sud du Haut-Rhin et dans le nord du Bas-Rhin. Dans le cas de la ligne TGV Est, le passage des voies par un tunnel d'environ 4 km devrait éviter de trop accentuer la coupure majeure déjà créée par l'autoroute A4 dans les échanges Nord-Sud au sein du massif vosgien.

3.2.5 Le réseau des lignes électriques

Plusieurs réseaux peuvent être distingués :

- Le réseau de transport comprend les lignes électriques "HTB", de tension supérieure à 50 000 volts. Il regroupe les lignes à Haute Tension (HT) et Très Haute Tension (THT).
- Le réseau de distribution comprend, quant à lui, les lignes de Moyenne Tension (MT) et Basse Tension (BT) (Tension < 50 000 volts).
- Enfin, l'alimentation électrique des trains (ou lignes aériennes de traction électrique, constituées par les lignes de contact et les caténaires), crée un troisième réseau, de plus basse tension.

Les acteurs en charge de ces différents réseaux (et donc de leur neutralisation si nécessaire) sont différents :

- Réseau de Transport d'Electricité (RTE) pour le transport ;
- Electricité Réseau Distribution France (ERDF) et Electricité de Strasbourg pour la distribution ;
- Réseau Ferré de France (RFF) pour les lignes aériennes de traction électrique

Les lignes électriques peuvent générer une mortalité sur la faune volante, par collision ou, dans certaines configurations, par électrocution. Ce phénomène a relativement été bien étudié, surtout pour l'impact des lignes électriques moyennes à très haute tension sur les oiseaux . Il reste peu approfondi en ce qui concerne les voies ferrées, et l'impact éventuel sur les chiroptères.

La mortalité des oiseaux est favorisée :

- pour l'électrocution, par certains types de pylônes des lignes moyenne tension ;
- pour la collision, par l'emplacement des câbles. Les sites à risques sont principalement observés lorsque des lignes électriques, principalement de transport, coupent des axes migratoires ou des couloirs de déplacement « naturels » tels les cours d'eau. (cf DOC4).

L'équipement des tronçons des lignes de transport et de distribution d'électricité par des dispositifs spécifiques (visuels, isolants, reposoirs, ...) est réalisé progressivement dans beaucoup de régions, au moins dans les sites les plus sensibles.

Seule une analyse régionale qui croise les données techniques spécifiques à chaque type ligne, avec les connaissances de l'avifaune locale, est à même de définir les zones les plus sensibles et les plus impactantes, à équiper en priorité. Cette analyse doit intégrer :

- les principaux couloirs de migration et de déplacement de l'avifaune à un échelon local
- les aires de reproduction d'espèces rares particulièrement sensibles à cette problématique (ex. selon les régions : Aigle de Bonelli, Vautour moine, Milan royal, Cigogne noire, Grand-Duc d'Europe...) ou, plus généralement, les aires de conservation prioritaires à l'échelon régional pour les oiseaux de grande envergure.

Enfin, il est nécessaire, pour obtenir un aperçu d'une situation régionale, d'y superposer l'ensemble des sites déjà équipés de dispositifs "anti-collisions" et/ou "anti-électrocution.

Application en Alsace

En Alsace, le recensement des principaux points sensibles avifaune / lignes électriques a été réalisé dans les années 1990.

Concernant les problèmes d'électrocution, une étude de la Ligue pour la Protection des Oiseaux - délégation Alsace (1993) recense les problèmes constatés sur les lignes moyenne tension.

Une seconde étude a été engagée sur les risques de collision sur le réseau de transport d'électricité (AMBE, 1994, puis LPO Alsace, 1997).

Ces études ont servi de base de travail à la concertation avec les gestionnaires des lignes électriques, et la mise en place de dispositifs spécifiques sur la plupart des sites prioritaires.

Choix de représentation

L'ensemble du réseau de transport électrique a été représenté, par catégories de lignes, ainsi que le réseau de voie ferrées électrifiées.

Le réseau de distribution n'a pu être représenté.

Les sites prioritaires répertoriés en matière de collision des oiseaux (LPO Alsace, 1997) ont été reportées schématiquement sous forme de points. (données non géoréférencées au moment de l'étude ; se reporter aux annexes cartographiques de l'étude pour identifier précisément les linéaires concernés).

Choix données sources

BD Topo IGN

LPO Alsace

Cartes associées

Carte 11

Biais et limites

La carte est surtout informative.

Divers éléments doivent compléter cette carte, pour obtenir une vision globale de la situation sur l'impact des lignes électriques sur l'avifaune, en premier lieu :

- le réseau de distribution d'électricité et les points sensibles en matière d'électrocution ;
- la localisation des lignes et pylônes déjà équipés de dispositifs "anti-collisions" ou "anti-électrocution (indisponible sous couche géoréférencée) ;
- en complément des périmètres des Zones de Protection Spéciale (sites Natura 2000 définis au titre de la directive "Oiseaux"), les zones de reproduction d'espèces menacées en Alsace et particulièrement sensibles, tels le Milan royal ou le Grand-Duc d'Europe.

Enfin, rappelons que les impacts potentiels générés par le réseau de lignes aériennes de traction électrique n'ont pas été étudiés.

3.3 Les mesures d'atténuation d'impacts

Plusieurs guides techniques de référence sur la construction des passages à faune sont disponibles, élaborés notamment par le Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), organisme dépendant du Ministère des Transports. Même si la connaissance recueillie à partir de suivi des dispositifs réalisés progresse chaque année, et conduit de nombreux auteurs à proposer des améliorations (parfois importantes), soulignons certains de ces guides, qui permettent de balayer l'éventail des situations techniques.

SETRA, 1993 - Passage pour la grande faune - Guide technique. 124 p.

<http://catalogue.setra.equipement.gouv.fr/document.xsp?base=notices&id=Dtrf-0000753>

SETRA, 2005 - Guide technique: Aménagements et mesures pour la petite faune. SETRA, Bagneux. 250p.

<http://catalogue.setra.equipement.gouv.fr/document.xsp?base=notices&id=Dtrf-0003954>

SETRA, 2007 - Rapport COST 341 Fragmentation des habitats due aux infrastructures de transport : Manuel européen d'identification des conflits et de conception de solutions. SETRA, Bagneux. 190 p.

<http://catalogue.setra.equipement.gouv.fr/documents/Cataloguesetra/0002/Dtrf-0002651/DT2651.pdf>

SETRA, 2008 - Routes et passages à faune - 40 ans d'évolution. 55 p.

<http://catalogue.setra.equipement.gouv.fr/documents/Cataloguesetra/0004/Dtrf-0004074/DT4074.pdf>

3.3.1 Les mesures supprimant l'origine des impacts

Les infrastructures routières étant les plus impactant pour la faune, il pourrait être envisagé de supprimer des axes routiers les plus impactants notamment dans un contexte de réchauffement climatique et de surconsommation de l'espace.

Des mesures au moins temporaires peuvent aussi être envisagées, notamment au moment de la migration des espèces, par exemple :

- fermeture d'axe routier durant la migration des amphibiens (cas en Alsace) ;
- arrêt d'éoliennes pendant la migration de chauve-souris (cas en Allemagne)

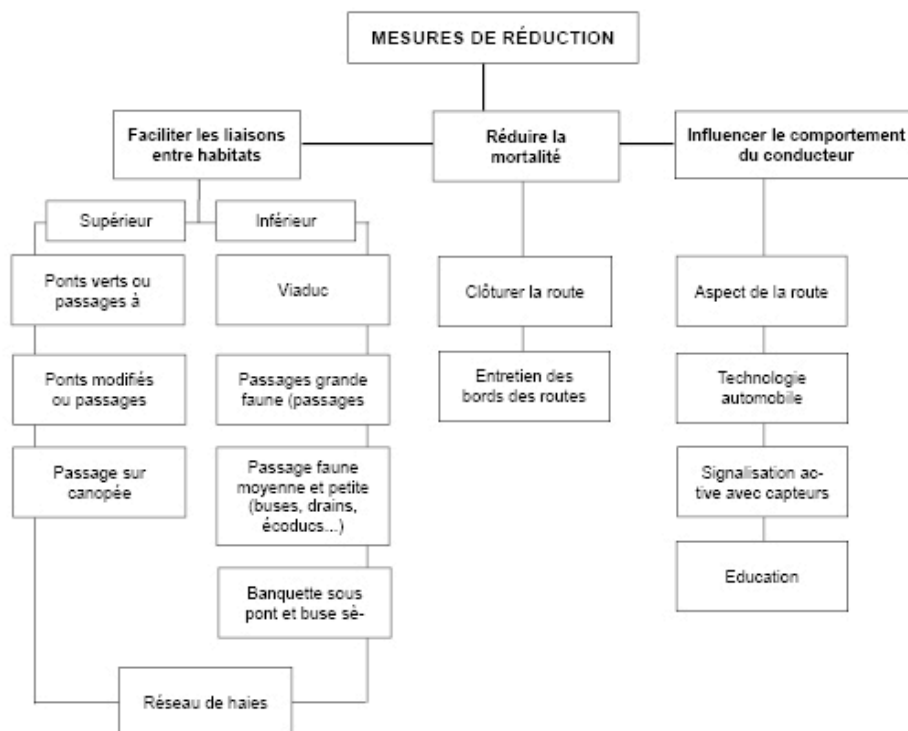
3.3.2 Mammifères

Ainsi que mentionné précédemment, les structures linéaires créent de nombreuses contraintes à la faune sauvage en termes de mortalité ou de cloisonnement.

Les collisions entre véhicules et faune sauvage sont devenues un problème de santé publique. Aux Etats-Unis, plus de 200 personnes meurent au volant chaque année après collision avec de grands mammifères (Donaldson 2006). Afin de limiter ces accidents, il est devenu automatique, aux abords des routes à trafic dense ou/et à vitesse maximale autorisée élevée, de poser des grillages. Ces barrières empêchent les animaux d'accéder à la chaussée ou aux rails et limitent les accidents de manière efficace. Cependant, confinées d'un côté ou de l'autre de la route, les populations ne peuvent plus interagir, ce qui provoque, dans certains cas, quand l'effectif est trop réduit, des croisements consanguins menant à une dépression génique, voire à la disparition de l'une ou l'autre population.

Afin de pallier le cloisonnement des populations et donc des stocks d'allèles, il est impératif d'équiper les infrastructures existantes de dispositifs permettant la traversée des individus en toute sécurité (cf. figure 1).

➤ *Figure 1 : Mesures de réduction des impacts induits par une infrastructure linéaire sur les mammifères (d'après Donaldson 2006 et Carsignol 2005).*



Si l'étude en question vise effectivement à préserver ou recréer les liaisons entre des habitats naturels fragmentés par des infrastructures existantes, on ne peut évincer que pour l'application de l'atténuation des impacts, la composante sociale de la problématique est à prendre en compte, notamment parce qu'elle impulse les décisions (sécurité routière)

Efficacité des mesures de réduction des impacts

Sur le panel de mesures existantes pour les mammifères, certaines mesures ont été testées comme étant réellement inefficaces (Donaldson 2006). Il semble tout de même nécessaire de les mentionner :

- Les sifflets à ongulés,
- Les silhouettes de daims, cerfs... en attitude d'alerte postées au bord des routes,
- Les miroirs ou réflecteurs posés en bord de route.

D'autres mesures ont un effet limité, et peuvent apparaître comme étant inefficaces ou demandent des recherches supplémentaires (Donaldson 2006) :

- L'illumination des bords de routes (ne concerne pas toutes les espèces),
- La limitation de vitesse des véhicules et la signalisation passive du passage d'animaux (apparemment inefficace),
- La gestion des abords végétalisés (plantes à faible appétence) et la création de zones de nourrissage éloignées du bord de la route,
- La réduction des hardes ou populations de certaines espèces,
- Les répulsifs (faible efficacité et sur un temps limité),
- La configuration de la route,
- Les équipements de détection automatique installés dans les automobiles,

- La signalisation active,
- L'éducation du public.

Cependant, deux mesures sont reconnues comme étant très efficaces pour limiter la mortalité par collision (Donaldson 2006). Il s'agit des grillages posés en bord de route alliés à la présence de passages à faune. Les spécificités de ces aménagements sont détaillées ci après.

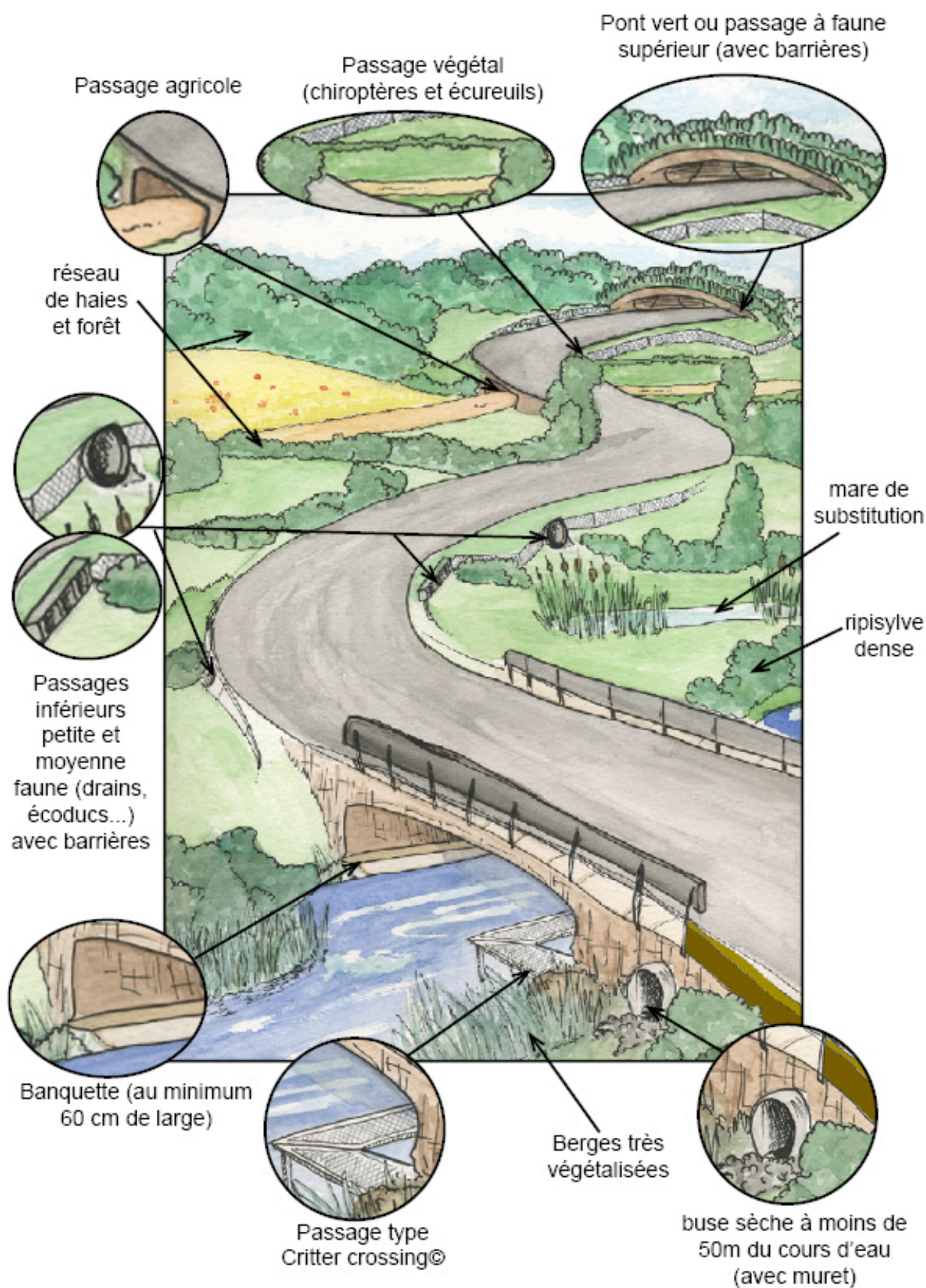
Première précaution : Une diversité d'espèces entraîne une diversité de passages

L'écologie de l'animal aura une influence sur ses préférences et comportements. Les animaux occupant ou chassant dans des galeries étroites, emprunteront plus facilement les buses de faible diamètre et opaques (c'est-à-dire que l'animal ne peut pas en voir le bout, par exemple). Ainsi, l'utilisation d'un passage par une espèce dépend non seulement de son dimensionnement, ce qui semble le facteur dominant pour une majorité d'espèces, mais également des caractéristiques propres de l'espèce (Mata et al. 2005, 2007 ; Ng et al. 2004 ; Waechter 2005).

Il existe plusieurs types de dispositifs de franchissements :

- Les franchissements supérieurs de type pont vert ou passage à faune végétalisés, destinés principalement à la grande faune (ongulés, grands carnivores...). Les dimensions larges du passage, l'ouverture sur le ciel et la végétalisation de la structure font que les grands animaux s'y engagent sans difficulté (Mata et al. 2005, 2007).
- Les franchissements inférieurs, spécifiques ou non, de type crapauduc/écoduc, drains, passages agricoles, buses, banquettes...
- Les franchissements pour chiroptères et/ou écureuils (système de haies ou fil tendu).

Tous ces franchissements, bien que de configurations différentes, requièrent néanmoins certaines caractéristiques similaires.



➤ Figure 2 : Différents types de passages à faune intégrés au paysage (dessin : Gaëlle CAUBLOT, GEPMA).

Deuxième précaution : les barrières, une installation essentielle au bon fonctionnement des passages à faune

Les passages inférieurs aussi bien que supérieurs doivent être équipés de barrières d'au minimum 1m10 de hauteur pour les plus petites espèces, et enterrées sur une trentaine de centimètres (Dodd, Barichivich et Smith 2004). Les barrières guident alors efficacement les animaux vers les entrées des structures de franchissement (drains, ponts, passages à faune ...) (Mata et al. 2005).

Les barrières électriques, moins visibles et onéreuses que les grillages à grande faune, peuvent être efficaces, si l'animal reçoit un choc assez puissant, il ne traversera plus la route à cet endroit. Néanmoins, cette technique demande une forte implication en termes de suivi (en cas de coupure de courant, il devra être rétabli le plus rapidement possible) (Leblond et al. 2007).

Il existe différents types de barrières adaptées aux différents gabarits : des grillages larges anti-ongulés aux filets à maille fine bloquant les micromammifères. Un filet à maille large dans sa partie supérieure puis diminuant vers la base est une solution mixte permettant d'interdire l'accès à un large panel d'espèces (SETRA 2006, Carsignol 2005).

Troisième précaution : La végétalisation du passage et la proximité du couvert : deux facteurs de franchissement majeurs

Pour la plupart des espèces, la présence de couvert végétal aux abords de l'entrée du passage est une condition de la traversée. Ce couvert permet de les dissimuler aux yeux de leurs prédateurs ou de les guider plus facilement vers l'entrée des passages, surtout si le passage est situé à proximité de l'habitat (forêt, mare etc) (cas de la genette, Ascensao et Mira 2007 ; cas des ongulés, Kleist, Lancia et Doerr 2007 ; Clevenger et Waltho 2005 ; Mata et al. 2005 ; Rodriguez, Crema et Delibes 1996 ; cas des micromammifères, McDonald et Cassady 2004 ; Yanes, Velasco et Suarez 1995 ; Xia et al. 2007).

De même, la végétalisation ou naturalité des passages à faune supérieurs est un gage d'efficacité (Bobbé 1999). La distance au couvert et la végétalisation de l'entrée sont des facteurs déterminants dans la facilité de passages des ongulés (Clevenger et Waltho 2005). Ainsi, une réhabilitation de l'habitat à proximité des passages doit être envisagée après chaque période de travaux (Ng et al. 2004).

Par extension, des haies représentent des corridors favorables pour les petits et moyens mammifères, les carnivores (Lynx...), les ongulés, les chiroptères (création de passages surplombant la route, de type câble végétalisé tendu entre 2 haies)..., à développer ou à maintenir en périphérie des passages (cf. figure 2).

La taille de l'animal : un facteur généralement déterminant dans le choix du passage

Dans la majorité des cas, les dimensions de l'animal vont influencer sur les dimensions du passage recherché : plus l'animal est de grande taille, plus les dimensions du passage devront être élevées. Les grands mammifères (carnivores et ongulés) passent sous les routes à condition que les passages soient très larges (minimum 7m de large et 4m de haut, type passage agricole), hauts et courts (Clevenger et Waltho 2005).

Ainsi, l'aspect structurel des passages est le plus déterminant. La mise en place de passages de différentes tailles est recommandée, plutôt que la pose de quelques passages de grande taille, éloignés (Mata et al. 2005, Yanes, Velasco et Suarez 1995).

A partir de l'écologie des animaux, il a été établi d'après une analyse bibliographique, dans le tableau ci-dessous les dimensionnements minimaux préconisés

➤ *Tableau 3 : gabarits des passages à faune.*

<div> <div>Espèces cibles</div> <div>Dimensions des ouvrages d'atténuation d'impacts</div> </div>	Ongulés	Ours	Petits mammifères	Blaireau	Hérisson	Canidés	Mustélidés	Lagomorphes	Félins	Semi-aquatiques	Chiroptères
longueur min	57m	14m		40m	33m	20m	80m	66m		20m	
largeur min	20m	8m	0,2m	1m	1m	1m	1,8m	4m	0,5m	0,6m	
hauteur min	4m	3m	0,2m	1m	0,8m	1m	1,8m	4m	0,5m	0,6m	
dist.max. entre passages			0,2km	1km	0,6km	3km	5km	2km	1km	0,5km	4km
blocs de pierre	0	0	1			0			0	0	
cours d'eau	1	1	1	1			1	0		1	1
végétation de l'entrée	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
couvert à proxim.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
passage supérieur	+++	+++	++	++	+	+++	+	+++	+++	+	+++
passage inférieur	+	++	+++	+++	+++	++	+++	+	+++	+++	++

<i>Très favorable</i>	+++
<i>Moyennement favorable</i>	++
<i>Peu favorable</i>	+
<i>Favorise le passage</i>	1
<i>Indifférent</i>	0

D'autre part, la courbe ci-dessous établie par la station ornithologique suisse de Sempach, référence du guide technique *Aménagements et mesures pour la petite faune* (SETRA, 2005), précisent que sur le suivi de la fréquentation de 22 passages à faune de 8 à 200 m de largeur par vidéosurveillance infrarouge a permis de démontrer que : d'une part, « les ouvrages inférieurs à 20 m de large n'avaient qu'une efficacité limitée, et seraient sous-dimensionnés » et d'autre part, « les ouvrages compris entre 20 et 50m de largeur montrent une efficacité satisfaisante pour les ongulés ».

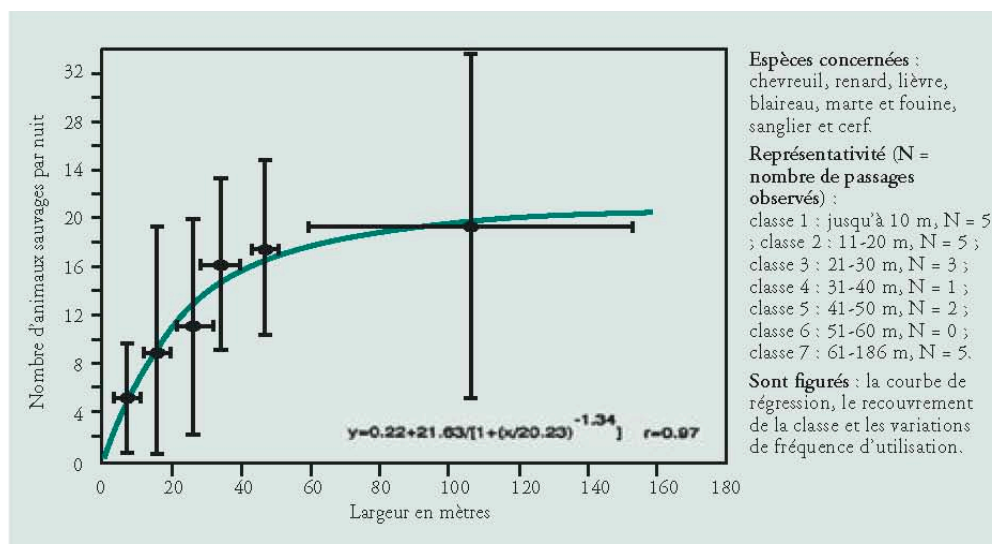





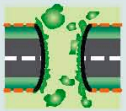




Figure 126 - Nombre moyen d'observations d'animaux par classe de largeur d'ouvrage au printemps – Source : d'après PRIETIER et al. (1997)

Seuls les viaducs et les tranchées couvertes maintiennent la totalité des flux biologiques alors que les ouvrages de type I à VI (cf. page suivante) ne rétablissent QU'UNE partie des flux et sont plutôt réservés à des groupes d'animaux déterminés (SETRA, 2005). Par ailleurs, la taille d'une tranchée couverte dépend des considérations du projet, mais si l'on souhaite restituer les situations paysagères existantes nécessaires à la faune, une couverture minimum de 80m est nécessaire.

➤ page suivante : typologie des passages utilisables par la faune (SETRA, 2005)

Type de passage		Caractéristiques	Catégorie de faune				Type de déplacement
			Petite faune terrestre à tendance héliophile et thermophile évitant les milieux souterrains : batraciens, reptiles, micro-mammifères	Petite et moyenne faune utilisant les passages souterrains ; renards, mustélidés, micro-mammifères	Moyenne et grande faune	Grande faune	
Passage simple		Type I : conduit ou simple dalot Buse Ø 400 à 2 000	Aléatoire	Optimale	-	-	Locaux, dispersés
Passage spécialisé (amphibiens)		Type II : passage à batraciens Passages multiples associés à un dispositif de collecte	Optimale	Possible	-	-	Locaux concentrés
Passage mixte		Type III : passage hydraulique mixte de petite dimension Pont cadre ou ovoïde associé à un marchepied	Possible	Optimale	Possible	-	Locaux, concentrés
Passage agricole ou forestier		Type IV : passage agricole ou forestier dimensions minimales PI ou PS à usage mixtes (dimensions réduites 1 < 8 m)	Aléatoire	Optimale	Possible	Aléatoire	Locaux, concentrés
Passage inférieur grande faune		Type V : passage inférieur grande faune PI 8 < 1 < 12 m	Possible	Optimale	Optimale	Possible	Locaux, denses ou régionaux moyens
Passage supérieur grande faune		type VI : écopont, pont vert, pont végétalisés PS 12 < 1 < 25 m	Possible	Optimale	Optimale	Possible	Locaux à régionaux, échanges moyens concentrés
Viaduc		Type VII : passage sous viaduc Viaduc H > 8 m L > 25 m	Possible	Optimale	Optimale	Optimale	Régionaux, échanges importants concertés
Faux tunnel		Type VIII : couloir écologique Tranchée couverte	Optimale	Optimale	Optimale	Optimale	Régionaux, échanges importants dispersés

Quatrième précaution : Les mouvements des individus : un facteur essentiel dans le bon positionnement des passages

Les animaux présents avant l'implantation des infrastructures ont tendance à emprunter les mêmes chemins, traversant ainsi les routes ou rails. Il est alors impératif de placer les structures de franchissement sur ces routes ou à proximité, pour une plus grande efficacité (Bobbé 1999). Avec l'accoutumance, les animaux emprunteront les passages de plus en plus régulièrement (Donaldson 2007).

La détection des passages n'est pas aussi aisée, d'une espèce à l'autre. En effet, celle-ci dépend largement de la propension de l'animal à s'éloigner du centre de son aire vitale, les animaux possédant une aire vitale de petite taille nécessitant un plus grand nombre de passages (McDonald et Cassady 2004). De même, la distance de l'entrée du passage à l'infrastructure cloisonnante peut avoir une influence sur la facilité de traversée de certaines espèces (cas des micromammifères : McDonald et Cassady 2004, Mata et al. 2007).

La fréquentation humaine a un impact négatif sur la traversée des animaux, il faut alors veiller à ne pas placer le passage trop près d'habitations ou de zones fréquentées (Rodriguez, Crema et Delibes 1996).

Les passages sous les ponts : organisés pour empêcher les collisions et la noyade

La mise en place de banquettes, critter crossing et/ou de buses sèches sous les ponts couplées à un muret permettra de réduire la mortalité des mammifères (en particulier les mammifères sub-aquatiques) en facilitant leur passage sous les routes (cf. figure 2). La buse doit néanmoins être située à moins de 50 m du cours d'eau, la banquette doit avoir une largeur d'au moins 60 cm. Ces structures doivent se situer au-dessus de la limite des crues décennales afin de rester efficaces. Le muret sert à guider les animaux vers les entrées des buses ou banquettes sans qu'ils soient menacés par la circulation routière. Il est essentiel que le muret soit opaque et haut d'au moins 1m10, avec un bord supérieur recourbé et enterré sur plusieurs dizaines de centimètres (Philcox, Grogan et Macdonald 1999, Underhill, Angold et Sangwine 1999, Donaldson 2007).

Il est à noter que les passages inférieurs couplés à un cours d'eau sont plus efficaces, le ruisseau servant de guide naturel aux espèces (Donaldson 2007, cas des chiroptères Underhill, Angold et Sangwine 1999).

Les canaux : des pièges à grands mammifères

Concernant les canaux, la mise en place de structures permettant aux animaux de s'échapper doit être prise en compte. Des radeaux-échelles fixes en métal ou plastique recyclés, posés tous les 500m et couplés à un bouquet de phragmites devraient permettre de limiter les noyades (cf. DOC5, Braconnier 2006).

Conclusion

Afin de garantir un passage homogène du plus grand nombre d'espèces de part et d'autre d'infrastructures linéaires, il est nécessaire de prévoir suffisamment de passages tout au long du linéaire, de tailles différentes, adaptées à différentes espèces (Mata et al. 2005, 2007, McDonald et Cassady 2004). Plus les espèces seront de petites tailles, plus les passages devront être rapprochés (mustélidés, un passage tous les 1 à 5 km ; grands carnivores, un passage tous les 1 à 17 km ; hérisson, un passage tous les 0,2 à 0,6 km, Waechter 2005). Les écureuils franchissent les routes par les frondaisons, en général. Les passages doivent obligatoirement être doublés d'une barrière empêchant les animaux d'accéder à la route, et les guidant vers l'entrée du passage (Waechter 2005).

De même, en règle générale, plus les espèces sont de petite taille, plus elles auront tendance à emprunter des passages inférieurs et étroits. Par exemple, un cerf traversera principalement une autoroute par un pont vert ou un passage à faune supérieur alors que la fouine empruntera un passage étroit, comme un goulet d'écoulement passant sous la route.

Cependant, la présence d'un passage à faune ne garantit en aucun cas qu'il sera emprunté par les espèces pour lesquelles il est désigné (cas du grand Hamster : Kayser 2004, Jordan 2004, Weinhold 2004). Tout passage à faune nécessite un suivi afin de vérifier s'il est effectivement utilisé, particulièrement lorsqu'il est construit pour une espèce sensible. Dans le cas contraire, une amélioration structurale doit être envisagée.

3.3.3 Amphibiens/ reptiles

Plusieurs solutions techniques sont applicables pour réduire l'impact des infrastructures linéaires de transports sur les amphibiens et les reptiles.

Les passages à petite faune

Les passages à petite faune consistent à placer des tunnels sous les routes afin de permettre le transit des petits vertébrés ou des invertébrés terrestres sous la route. Les recommandations techniques concernant ces dispositifs sont exposées dans les références suivantes : Frey & Niederstraßer 2000, Mouget 1996, Percsy 2005, Ryser 1989, Verkehrsministerium Baden-Württemberg 1991. S'ils sont bien conçus, les passages à petite faune sont très utilisés par les espèces d'amphibiens migrantes, tels le Crapaud commun, la Grenouille rousse, la Grenouille agile, le Triton alpestre, le Triton palmé, ...

➤ Passage à petite faune (contournement de Molsheim, Bas-Rhin) © V. Michel, BUFO

Un profil rectangulaire aurait été préférable à un tuyau rond pour plusieurs raisons :

- *la surface de parcours plus plate et large aurait assuré une meilleure guidance pour les amphibiens ;*
- *le raccord entre les barrières et le tunnel aurait été plus aisé*
- *le microclimat aurait été plus constant*
- *l'entretien aurait été moindre et la dégradation dans le temps moins rapide*

Au niveau du raccord entre les barrières et le tunnel, il est toujours préférable que les barrières arrivent à niveau et sur le même plan que l'entrée du tunnel. Pour un passage d'une longueur égale à 20m, il est conseillé d'utiliser un tunnel rectangulaire de section 100 x 75 cm.



Il a été montré que les serpents utilisent des passages à petite faune installés sous des voies ferrées à grande vitesse (Rodriguez et al. 1996). Percsy (2005) propose le schéma d'un passage à amphibiens disposé sous les rails de voie ferrée. Ces passages sont des structures en "U" qui sont disposées en parallèle aux traverses, au niveau d'axes de migration identifiés. L'auteur indique que ce type de dispositif est adapté aux voies de chemin de fer peu larges et à faible trafic.



Figure 7.76 - Pour les amphibiens et autres petits animaux, une buse peut être posée sous la voie ferrée, lorsqu'il est impossible d'installer un tunnel plus large (photographie de l'auteur).

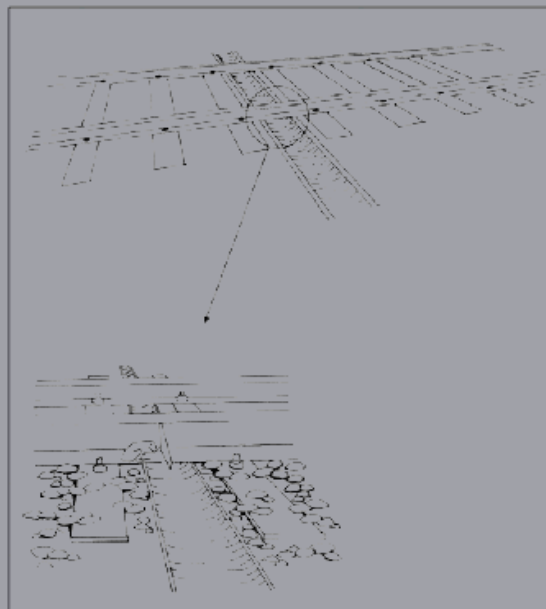


Figure 7.77 - Une cloison en feuille d'acier oblige les amphibiens à sauter dans le couloir qui passe sous la voie ferrée (d'après Müller & Berthoud, 1996).

Les dispositifs de protection temporaire

Afin de réduire l'impact de la mortalité routière des amphibiens, il est possible de mettre en place le long des routes des dispositifs de protection temporaire. Ces derniers consistent en la pose de barrières sur le bas-côté des routes, qui sont jalonnées de pièges-seaux enterrés contre la barrière et espacés régulièrement le long du tronçon protégé. Divers types de matériaux et de configuration sont envisageables, selon la situation de la portion de route concernée. De plus amples explications et illustrations se trouvent dans les références suivantes : Frey & Niederstraßer 2000, Percsy 2005, Verkehrsministerium Baden-Württemberg 1991.

Notons que de tels systèmes requièrent la mobilisation de moyens humains journaliers, durant tout le temps où les barrières sont en place le long des routes. Dans certaines régions, ce type de mesure permet de réduire l'impact de la mortalité routière sur les populations reproductrices d'amphibiens précoces.

Exemples en Alsace

Les premiers dispositifs de protection temporaire ont été mis en place en Alsace dès la fin des années 1980 dans le Haut-Rhin, et se sont étoffés progressivement. Les Conseils Généraux financent les dispositifs, en partenariat avec différentes associations notamment la Ligue pour la Protection des Oiseaux - délégation Alsace, qui assurent la mobilisation en vue d'assurer le transfert quotidien des amphibiens, pendant un période d'un mois environ. Aujourd'hui, 20 sites sont équipés chaque printemps dans le Bas-Rhin (maximum du 32 862 amphibiens ramassés en 2000) et 24 sites équipés dans le Haut-Rhin (43 364 amphibiens ramassés en 2007).

- *Filet de protection temporaire (Munchhausen, Bas-Rhin) nécessitant un ramassage quotidien*
© JP Vacher, BUFO



L'aménagement des structures connexes

L'aménagement de systèmes de protection ou d'échappatoires dans les diverses structures connexes aux routes a été conçu. Il s'agit principalement de grilles pour limiter l'accès à la petite faune à des regards, caniveaux, ... ainsi que de rampes pour s'échapper de bassins de rétention, de fossés bétonnés, ... De plus amples descriptions sont données dans les références suivantes : Frey & Niederstraßer 2000, Percsy 2005, Ryser 1990, Verkehrsministerium Baden-Württemberg 1991.

- *La signalisation des sites de passages migratoires d'amphibiens est un premier élément des dispositifs à mettre en place. (Munchhausen, Bas-Rhin) © JP Vacher, BUFO*



3.3.4 Espèces volantes

LES MESURES D'ATTENUATION D'IMPACT DU RESEAU ROUTIER

Le principe initial est d'éviter toutes nouvelles créations de réseau routier dans les secteurs naturels remarquables (ZNIEFF, ZPS, Ramsar, PNRBV, RNN, RNR, etc.)

Sur les routes existantes, la diminution des collisions est surtout liée à des choix de plantations spécifiques de haies sur les emprises, qui guident les oiseaux et chiroptères et les incitent à utiliser des trajectoires avec un risque faible. Les mesures à préconiser sont donc très différentes et complémentaires de la mise en place d'ouvrages de franchissement pour les vertébrés terrestres.

La morphologie du terrain

Suivant le contexte géographique et les milieux traversés, les chaussées routières seront construites en déblai, en remblai ou à niveau.

La **chaussée en remblai** présente deux cas de figures :

- Si l'espace entre la chaussée et la haie est supérieur à 15 mètres : la largeur de cet espace permet aux rapaces de chasser, mais les canalise de chaque côté de la route, les exposant ainsi aux dangers du trafic. Cet aménagement est difficile à intégrer dans une zone où il n'y a ni haies, ni rideau d'arbres, ni bosquets.
- Si l'espace entre chaussée et haie est inférieur à 4 mètres, il faut éviter de planter des essences favorables aux passereaux, (arbustes à baies ou épineux), le mieux est de privilégier des espèces de plantes rampantes peu attractives qui font perdre à cet espace son intérêt comme terrain de chasse.

La chaussée en remblai est un aménagement plutôt défavorable à l'avifaune.

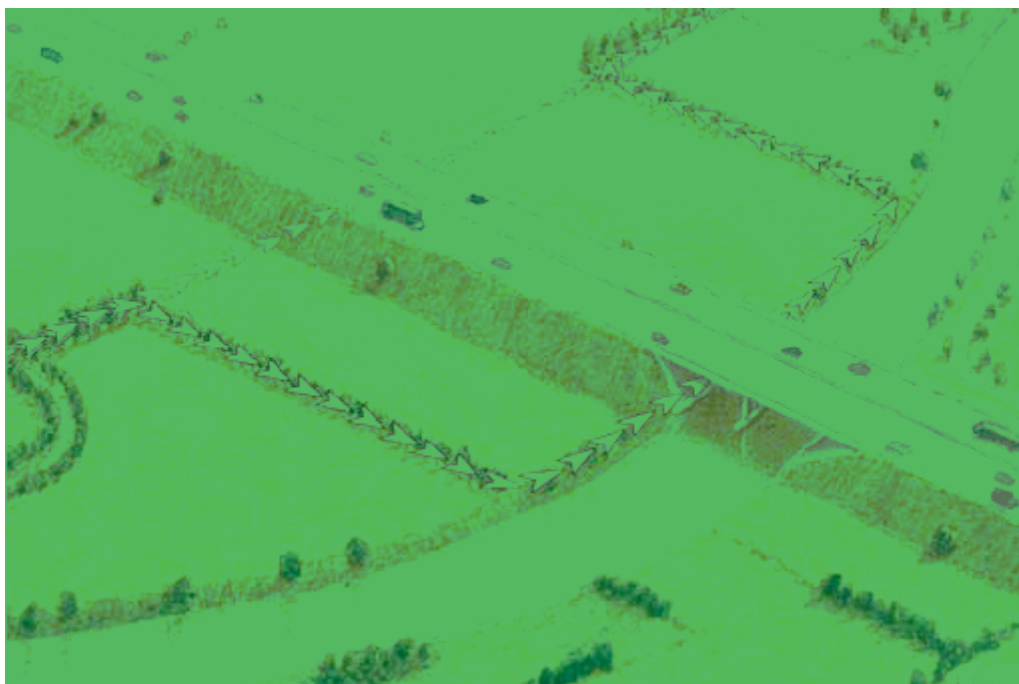
Sur une **chaussée en déblai**, on peut procéder à différents aménagements :

- plantations d'arbustes rampants sur toute la hauteur du talus : ces plantations réduisent presque totalement la présence des rapaces nocturnes et ne favorisent pas la nidification des passereaux.
- Talus sans plantations d'arbustes : ce type d'aménagement attire les rapaces et est dangereux pour eux, il faut donc y pratiquer une fauche tardive qui ne favorise pas la capture de proies (micromammifères).
- Aménagement mixte : il comprend une plantation d'arbustes à au moins 15 mètres de la voie de circulation (arbustes de plus 4 mètres de hauteur); les oiseaux traversant la route peuvent ainsi éviter la zone dangereuse.
-

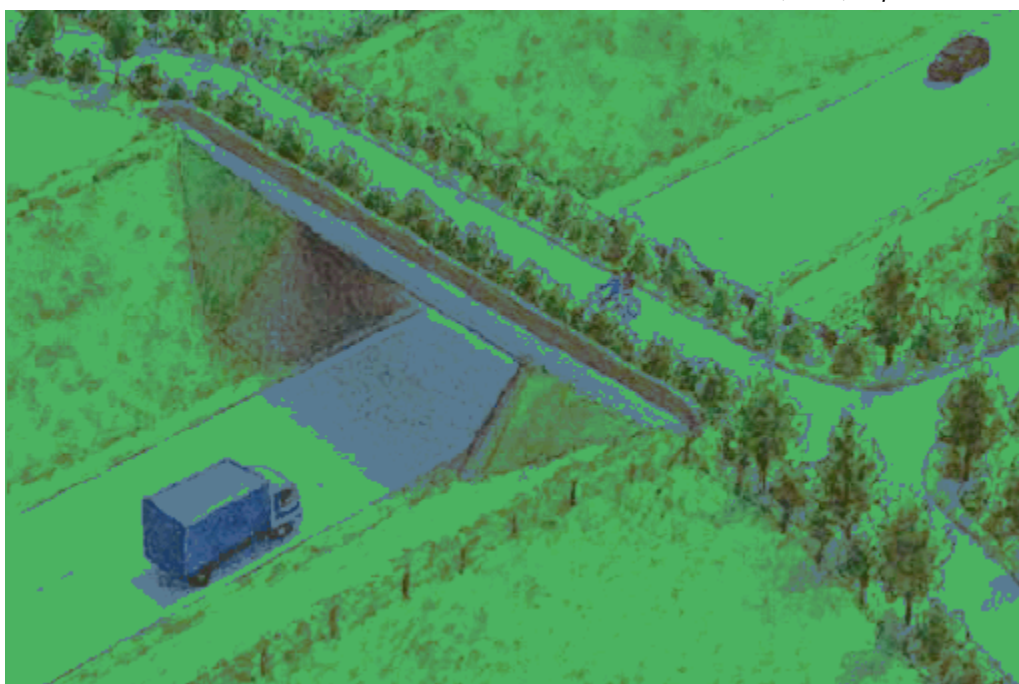
La **chaussée à niveau** peut être une zone de danger pour l'avifaune. Les échanges s'y font souvent à la hauteur de la voie et donc à portée des véhicules. De ce fait, les plantations dans ces zones nécessitent une étude approfondie. Elles doivent obliger les oiseaux volants à proximité du sol (rapaces nocturnes en chasse) à élever leur trajectoire au-dessus du gabarit d'espace libre. La hauteur des haies dépendra de la distance les séparant. Cette hauteur doit mesurer au minimum 4 mètres (hauteur des grands camions).

Tous ces aménagements doivent toujours respecter les deux règles suivantes :

- Obliger les oiseaux à voler au-dessus du gabarit d'espace libre,
- Éviter d'attirer les oiseaux aux abords de la chaussée.



➤ Source : National Road Authority, *Best Practice Guidelines for the Conservation of Bats in the Planning of National Road Schemes*,
<http://www.nra.ie/Publications/DownloadableDocumentation/Environment/file,3487,en.pdf>



Engrillagement

Le meilleur positionnement d'un grillage le long des routes doit être fait au pied d'un déblai (avec zone de chasse à l'extérieur du grillage) mais encore suffisamment loin de la chaussée pour permettre l'envol d'un oiseau piégé vers les côtés, et donc à au moins 5 mètres du flux circulatorioire des voitures.

Une clôture placée juste au sommet du talus d'une route en déblai est aussi un bon compromis avec des zones de friches favorables rendues accessibles à l'extérieur du grillage. Dans tous les cas il faut éviter l'installation de grillage juste contre la chaussée (PNRVN, 2006).

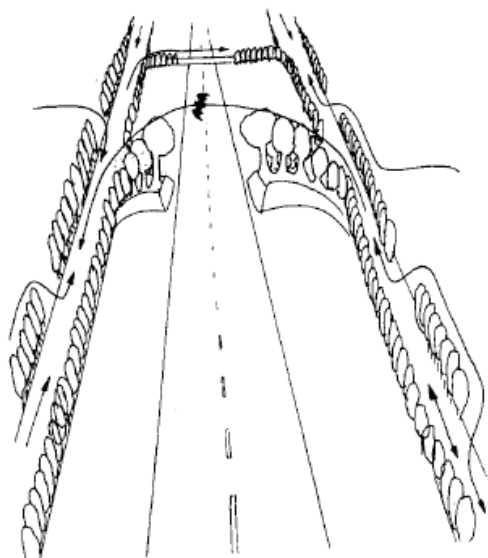
Murs anti-bruit

Ne pas installer de panneaux vitrés sur ce genre d'ouvrage, ou équiper tous les panneaux vitrés de silhouettes ou lignes opaques autocollantes pour neutraliser la vitre et la soustraire aux risques de collision.

Haies d'accotements

- les plantations d'arbustes ou de haies ne doivent pas être effectuées sur les banquettes de talus. On y privilégiera plutôt l'installation d'essences rampantes ou de prairies à fauche tardive (milieu défavorable à la chasse des rapaces) pour éviter ainsi de créer des zones attractives pour la nidification et la chasse à proximité immédiate du flux de véhicules (cf. plaquette « Protéger et gérer les haies le long des routes et des chemins » LPO ALSACE/CG67).
- les essences d'arbres ou d'arbustes de la fruticée ne sont pas à planter le long de la chaussée puisque trop attractives pour les oiseaux (zones d'alimentation, de refuge ou de nidification). Par contre, il est recommandé de les planter en sommet de talus, à plus de 15 mètres du bord de la chaussée. Cet aménagement permettra une élévation de la hauteur de survol de chasse des rapaces nocturnes et diminuera ainsi les risques de collisions avec des véhicules.

➤ Source L. Arthur et M. Lemaire (1999) in *Aménagements pour la petite faune*, SETRA (juin 2005)



Vitesse et trafic

Trafic élevé et vitesse maximale autorisée étant deux facteurs augmentant les risques de collisions, leur réduction sur les tronçons de route les plus meurtriers limiteraient les impacts au niveau des oiseaux mais aussi des chiroptères.

Eclairage

Ne pas utiliser de structure d'éclairage à faisceaux lumineux omnidirectionnel ou orienté vers le ciel. L'angle d'éclairage doit être directionnel et exclusivement dirigé vers le sol ou les côtés.

LES MESURES D'ATTENUATION D'IMPACT DES LIGNES ELECTRIQUES

Il est nécessaire d'assurer la neutralisation en priorité :

- pour les lignes de distribution d'électricité, tous les pylônes moyenne tension induisant un risque d'électrocution (isolation des câbles ; obturation systématique des poteaux creux) ;
- pour les lignes de transport d'électricité, des tronçons à risque en matière de collision. Les dispositifs homologués actuellement sont la pose de spirales colorées associée éventuellement à la pose de silhouettes de rapaces. Ils sont considérés comme efficaces pour diminuer le risque. La technique consistant à installer des panonceaux mobiles rayés sur les câbles dangereux, ne s'est pas toujours révélée efficace (HECKER et al., 1992).
- progressivement, et si la configuration le permet techniquement, mise en souterrain des lignes les plus problématiques, notamment dans les zones naturelles remarquables.

LES MESURES D'ATTENUATION D'IMPACT DES CHAMPS D'EOLIENNES

Peuvent être préconisées :

- la mise en place de silhouettes de rapaces sur chaque éolienne ;
- la neutralisation des tronçons de lignes de transport d'électricité perpendiculaires au parc éolien, sur les zones où un risque pour l'avifaune est avéré ;
- l'arrêt des machines, aux principaux horaires de vol (chauve-souris) ou aux périodes de passages (migration automnale pour les oiseaux) selon des études de sensibilité spécifiques à définir selon l'emplacement du site éolien.

Il serait en outre indispensable, pour les espèces sédentaires sensibles comme le Grand Tétrás, afin de compenser la perte d'habitat et la fragmentation des populations, de proposer, en mesures compensatoires, des surfaces de forêts gérées favorablement et de créer des couloirs favorisant les échanges en conséquence (LPO Alsace, 2006).

3.3.5 Catalogue des passages à faune

Le tableau suivant reprend les principaux types de passages à faune

➤ Document 6 : catalogue des passages à faune

➤ **ANNEXES : DOC6**

Dans la plupart des cas, ne sont réellement efficaces que les passages à faune réellement conçus avec le seul objectif de permettre le franchissement des espèces. Une fréquentation humaine trop régulière des passages à grande faune, est en effet souvent un facteur y limitant l'engagement des animaux.

Les passages mixtes, qui permettent à la fois le passage des espèces et des hommes, représentent néanmoins un facteur d'économie financière, et peuvent localement être envisagés, sous réserve :

- d'une part qu'ils soient réservés à une fréquentation humaine faible et ponctuelle,
- d'autre part qu'ils soient aménagés / végétalisés de manière à être efficaces.

Ces passages mixtes concernent donc avant tout :

- les passages inférieurs (la végétalisation de passages supérieurs non prévus dans ce sens s'avérant complexe) ;
- de types ferroviaires ou pistes agricoles / forestières (trafic et nécessité de sécurisation des ponts routiers)
- de gabarit suffisant, afin de pouvoir réserver un espace végétalisé
- idéalement situés (sur des voies de déplacements).

En pratique, cela signifie que, sur un axe existant, où les ouvrages de franchissement ont tous été conçus selon des normes purement techniques, seuls certains types de passages inférieurs sont à même d'être réellement aménagés a posteriori pour servir de passages mixtes efficaces.

Aussi, l'amélioration de passages existants n'est-elle raisonnablement envisageable que sous réserves. Le tableau suivant reprend les potentialités les plus fortes à partir des principaux attributs de description des ouvrages de franchissement :

ANALYSE DES POINTS DE PERMÉABILITÉ

	Objet "franchi"	Objet "franchissant"	Possibilité de		facteurs favorisants					
REGROUPEMENT TAXO			l'objet franchi est inférieur	l'objet franchi est supérieur	plus la largeur (ou diamètre) augmente	plus la hauteur augmente	plus la longueur "souterraine" est réduite	présence d'une pente	présence banquettes	présence "guides" végétaux
		type								
grande faune	ROUTE	route goudronnée	1	1	?	?	?	0		++
		chemin exploitation	2	2	?	?	?	0		++
		passage faune supérieur		2	++	++		0		++
		VF	?	?	?	?	?	?		?
		"drains" < 200 CM	1		++		++	0		++
		"buse"	0							
		cours d'eau	1		0	0	++	0	++	++
		VOIE FERREE ENGRILLAGÉE	route	1	1	++	++	++	0	
	chemin exploitation, piste		2	2	++	++	++	0		++
	passage faune aménagé			2	++	++	++	0		++
	VF		?	?	?	?	?	0		?
	petite faune mammifères	ROUTE	cours d'eau	1		0	0		0	++
route			1	1	?	?	?	?		?
chemin exploitation			2	2	?	?	?	?		?
passage faune supérieur				2	0	0		?		++
VF			1	1	0	0	?	?		++
"drains" < 30 CM			2		+	+	++	?		++
"buse"			2		+	+	++	?		++
cours d'eau			1		0	0	++	0	++	++

DETAILS : POINTS DE CONFLIT TRAME BLEUE / TRAME GRISE

		Objet "franchi"	Objet "franchissant" = tout lit cours d'eau ou fossé (inférieur)	facteurs répulsifs							
			type passage	plus la largeur (ou diamètre) diminue	plus la hauteur diminue	plus la longueur "souterraine" est grande	plus le courant est fort	présence seuil	absence banquettes	absence "guides" végétaux	absence de buse sèche
mammifères semi-aquatiques	ROUTE	pont "standard"		?	?	?	++	+	++	++	++
		gabarit "bas"		?	?	?	++	+	++	++	++
		buse "humide"		++		++	++	/	/	++	++
		buse noyée		?		?	?	?	?	?	++

	impossible (ou exceptionnel)	0
FRANCHISSEMENT	possible mais difficile	1
	possible généralement	2

FACTEURS	favorable	+
FAVORISANTS	très favorable	++

Les coûts élevés de construction de passages à faune sont encore plus élevés dès lors qu'ils n'ont pas été intégrés dans la construction de l'infrastructure, ce qui plaide pour l'étude approfondie de tous les points de perméabilité existants.

Les bases de données répertoriant les caractéristiques de tous ces points n'étant pas disponibles (sauf peut-être localement ?), seule une analyse de terrain par un expert est à même de fournir les descriptions techniques de chaque ouvrage, et une estimation d'efficacité des possibilités d'aménagements en regard des coûts nécessaires. Le temps nécessaire pour réaliser une telle base descriptive exhaustive est estimé au mieux à environ 20 km / jour, d'après l'expérience sur une étude similaire en cours sur le réseau autoroutier de l'Est (Carsignol, *comm. pers.*).

Dans le cas d'infrastructures en projet, la logique de concevoir tous les passages potentiels comme des passages mixtes est indispensable. Elle permet de jouer, pour chaque ouvrage, sur les paramètres favorisant son utilisation par la faune, en premier lieu le gabarit et l'emplacement. Cette stratégie ne supprimera pas la nécessité de concevoir sur certains points stratégiques des passages à faune spécifiques, mais devrait améliorer la perméabilité d'ensemble de la voie considérée. Elle est cependant restreinte à la petite et moyenne faune en grande partie.

3.3.6 Eléments de densité de passages à faune

L'un des principaux objectifs sous-tendus par la phase de priorisation des impacts du réseau n'est pas seulement d'assurer le repérage des principaux sites sensibles. C'est aussi d'y associer des pistes de réflexion visant à équiper avec des densités optimales les sites dits sensibles.

Cette question est également délicate et varie selon que l'on s'adresse aux espèces à grand rayon d'action, à des espèces plus ou moins mobiles... Mais quelques principes généraux peuvent servir de référence (SETRA) :

- Pour la grande faune, en milieu boisé ou dans des secteurs à forte diversité, une possibilité de passage doit être assurée tous les 2 kilomètres. 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 (+ 20 % environ).
- Pour la petite faune, une possibilité de passage tous les 300 m, voire moins, peut être recommandé en fonction de la vulnérabilité de l'espèce et du site notamment. Le projet global doit également tenir compte des ouvrages agricoles, forestiers ou hydrauliques assez bien utilisés par la petite faune.
- Enfin, pour certains ouvrages de franchissement très spécifiques, des densités plus élevées peuvent être nécessaires (cas des crapauds par exemple, ou une efficacité nécessite un passage tous les 20 m environ).

3.4 Perspectives et scénarii d'interventions

La mobilisation de tous les acteurs régionaux, gestionnaires privés ou publics d'infrastructures, et gestionnaires « environnementaux » en général, en faveur d'un plan d'ensemble visant à limiter au maximum les impacts fragmentants générés par les infrastructures, est nécessaire.

La densité atteinte par le réseau d'infrastructures étant aujourd'hui très importante, la représentation priorisée du réseau fragmentant et des divers types de points de conflits connus, telle que proposée dans la présente étude, ne conduit qu'à une première analyse globale identifiant un ensemble de sites et d'axes les plus conflictuels. Même en se limitant aux premiers niveaux de priorité, cela représente des dizaines de kilomètres de linéaires conflictuels, dans des configurations souvent différentes, et pour lesquels il serait nécessaire d'engager des démarches particulières.

La multiplicité des types d'infrastructures en jeu, des acteurs gestionnaires, les configurations particulières des sites..., plaident plutôt en faveur d'une multiplicité de plans d'action particuliers, en concertation pleine et entière entre les gestionnaires des équipements et les spécialistes de la faune concernés.

Il est souhaitable néanmoins de trouver un moyen de donner à ces déclinaisons une résonance d'ensemble. Pour être les plus efficaces possibles, et également sur le long terme, toutes les réalisations envisagées doivent trouver une cohérence et un prolongement au sein des autres logiques d'aménagement du territoire, en premier lieu une adéquation avec les principes et priorités de la trame verte nationale et ses déclinaisons régionales ou locales, et une maîtrise foncière des "abords" de ces réalisations.

Selon qu'ils mettent en jeu des réalisations d'ingénierie lourde (constructions de passages à faune nécessaires), ou au contraire des interventions plus « légères » visant à restaurer des passages existants, réorienter / améliorer des mesures de gestion des emprises, mobiliser diverses ressources en faveur d'une amélioration diffuse et globale de la perméabilité du réseau fragmentant, deux principaux niveaux d'analyse sont à mener simultanément.

Les niveaux de priorité permettant de répertorier les linéaires les plus sensibles du réseau fragmentant ne visent pas seulement à repérer les sites nécessitant le plus rapidement des démarches d'analyses techniques puis la mise en place effective de réponses adaptées, mais permettent d'engager également des niveaux d'ambition plus ou moins élevés (en termes de densité de passages par exemple).

Le tableau suivant reprend un ensemble d'analyses à mener et d'objectifs à atteindre selon les types d'infrastructures et le niveau de priorisation estimé pour le réseau fragmentant existant.

Sites d'application	configuration minimale proposée	configuration optimale proposée
réseau principal		adapter le tracé de manière à conserver non fragmentés les noyaux d'habitats patrimoniaux
réseau "grands axes équipés", toutes zones	- application systématique de grillages petite faune en complément grillage grande faune	- utilisation systématique de grillages petite faune en complément grillage grande faune
réseau "grands axes équipés" x zones noyaux trame verte (tronçons classe 5, coeff.11)	- 1 passage à faune fonctionnel tous les 300 m (types 1 à 3), dont au moins un passage type 1 fonctionnel par tronçon majeur - si priorité espèces, passages types 3 spécialisés en nombre adapté	au moins un passage type 1 fonctionnel tous les 300 m +, si priorité espèces, passages types 3 spécialisés en nombre adapté
réseau "grands axes équipés" x trame verte secondaire (tronçons classe 5, coeff 9)	- 1 passage à faune fonctionnel tous les 300 m (types 1 à 3), dont au moins un passage type 1 ou 2 fonctionnel par tronçon majeur - si priorité espèces, passages types 3 spécialisés en nombre adapté	au moins un passage type 1 fonctionnel tous les 300 m +, si priorité espèces, passages types 3 spécialisés en nombre adapté
réseau "grands axes équipés" hors trame verte (tronçons classe 4)	- 1 passage à faune fonctionnel type 1 ou 2 tous les points de croisement avec connexions régionales prioritaires - si priorité espèces, passages types 3 spécialisés en nombre adapté	au moins un passage type 1 ou 2 fonctionnel tous les 300 m +, si priorité espèces, passages types 3 spécialisés en nombre adapté
réseau "grands axes équipés" : bassins et drains	- étudier les sites à risques pour la faune, - réaliser les aménagements complémentaires pour réduire les risques	- réaliser tous les sites dans une logique de réduction des risques et de mise en place de biotopes complémentaires à proximité
réseau "grands axes équipés" : points de perméabilité	- étudier la potentialité de l'ensemble des points de perméabilité, - réaliser les aménagements complémentaires pour chaque point favorable	- construire tous passages (hors croisement routier) comme passages "mixtes"
réseau principal : points de croisement réseau hydrographique	- étudier la potentialité de l'ensemble des points de croisement réseau hydrographique - réaliser les aménagements complémentaires pour chaque point favorable - mise en place de protections sur tous les sites conflictuels dans les aires de présence castor/loutre	- construire tous passages comme passages "mixtes" - mise en place de protections systématiques sur tous les sites conflictuels
réseau principal x priorités espèces ou habitats	- si priorité espèces petite faune, étudier la possibilité aménagement petite faune avec passages type 3 spécialisés - si priorité espèces faune volante, étudier la potentialité de la gestion de la végétation des emprises de manière à réduire les impacts avec la faune volante, principalement sur les tronçons en remblais	- si priorité espèces petite faune, passages type 3 spécialisés en nombre adapté - 'si priorité espèces faune volante, passages type 4 spécialisés en nombre adapté ou plantation/gestion de la végétation des emprises de manière à réduire les impacts avec la faune volante - si trame verte, protection petite faune en lien avec passages type 3 spécialisés et/ou passages mixtes en nombre suffisant
réseau départemental : emprises	- étudier la potentialité de la gestion de la végétation des emprises de manière à réduire les impacts avec la faune volante, principalement sur les tronçons en remblais	- réaliser les plantations et la gestion de la végétation des emprises de manière à réduire les impacts avec la faune volante
réseau routier x corridors migration amphibiens	- équipement des principaux sites avec ramassage annuel ou passages type 3, ou fermetures temporaires des voies si possible	- si possible, corrélation des passages de type 3 avec connaissances sites de passages
pistes ouvertes à la circulation x zones noyaux trame verte	- étudier la possibilité de fermeture à la circulation permanente	Ne pas ouvrir à la circulation permanente
réseau ferré LGV et grillagés, en zones trame verte	1 passage à faune fonctionnel type 1 ou 2 tous les 300 m	au moins un passage type 1 fonctionnel tous les 300 m
réseau ferrés LGV et grillagés, toutes zones	- au moins un passage type 1 ou 2 fonctionnel tous les points de croisement avec connexions régionales prioritaires - si nécessaire, remplacement par des grillages perméables petite faune	- au moins un passage type 1 ou 2 fonctionnel tous les 300 m - utilisation systématique de grillage perméable petite faune - si priorités amphibiens, intégration systématique de structures en U pour amphibiens en nombre adapté
réseau de canaux, linéaires prioritaires, toutes zones	équipement de l'ensemble des linéaires considérés par des remontées à faune	
réseau de lignes de transports et distribution d'électricité	équipement de l'ensemble des tronçons répertoriés dans le cadre d'une étude des priorités régionales	
réseau routier classe 1, réseaux canaux, voies ferrées, linéaires transports d'électricité en forêt : emprises	- assurer la gestion de la végétation des emprises de manière à conserver au maximum leur rôle de corridors biologiques	- assurer la végétalisation des emprises et sa gestion de manière à favoriser au maximum leur rôle de corridors biologiques - éviter de favoriser tout risque de dispersion d'espèces allochtones

REFERENCES

Types de passages à faune	catégories	correspondance réf SETRA
éco pont, viaduc, tranchée couverte	type 1	VI, VII, VIII
passage inférieur grande faune "fonctionnel"	type 2	(III),(IV), V
passage inférieur petite faune "fonctionnel"	type 3	I à IV
passage supérieur petite faune (écuroducts, ponts végétalisés à chiros)	type 4	
passages "mixtes"	adaptés/conçus pour permettre le passage véhicules (agricoles, trains) ou de l'eau (pont), en même temps que celui des animaux	

Types de réseaux	
réseau "grands axes équipés"	correspond à l'ensemble des axes "équipés" (grillage grande faune et/ou murets-murs et/ou réseau drainage)
réseau principal	correspond à l'ensemble des axes de classe 3 + 4 (carte 5), soit axes équipés + routes "nationales" ou départementales à fort trafic
réseau départemental	correspond à l'ensemble des axes de classes 2 à 4 (carte 5), soit axes équipés + routes "nationales" + principales routes départementales
réseau routier régional	correspond à l'ensemble des axes circulables et macadamisés : classes 1 à 4 (carte 5)

L'engagement de toutes les actions ne nécessitant pas d'ingénierie lourde et de constructions d'ouvrages est un minimum. Les points suivants sont à étudier :

- 1 - L'analyse de tous les points de perméabilité existants des grands axes équipés, à perméabilité faible ou nulle (y compris passages à faune anciens dont l'efficacité n'a jamais été étudiée, ou pour lesquels les conditions environnantes ont été modifiées de manière à perturber leur efficacité). Sur tous les points favorables retenus : mise en place systématique de mesures d'amélioration et de gestion préconisées, et amélioration des habitats connexes
- 2 - L'analyse des points de mortalité connus, sur tous les axes du réseau fragmentant routier, classe 2 à 5, afin d'assurer, si cela est possible, leur neutralisation : système temporaire de ramassage si aucun passage utilisable (mortalité d'amphibiens) ; équipements avec grillages adaptés (mortalité petite et moyenne faune, croisement réseau hydrographique) ; adaptation de la végétalisation et gestion courante des emprises (et au-delà si nécessaire) en conséquence (mortalité faune volante).
- 3 - L'analyse des bassins routiers et collecteurs, à équiper si problèmes constatés
- 4 - La cohérence de gestion des parcelles adjacentes à tous les passages restaurés, avec le maintien ou la recréation de corridors végétalisés,
- 5 - L'analyse des linéaires en grillagés (conséquents) des voies ferrées, et la modification si nécessaire des treillis de manière à assurer la perméabilité pour la petite et moyenne faune.
- 6 - Adaptation systématique de gestion des emprises, dans une logique de moindre risque pour les axes routiers, et de conservation des corridors pour les autres.
- 7 – L'équipement progressif de tous les linéaires de canaux mortifères
- 8 – L'équipement progressif de tous les linéaires électriques mortifères

Mais l'application systématique de toutes préconisations et réhabilitations les plus favorables dans ces cadres, restera probablement insuffisante à l'échelle de certaines coupures majeures d'importance au moins départementale. Seule la construction de passages spécifiques, en fonction des espèces considérées, sera à même de rétablir une continuité sur ces points sensibles. Si, dans certains cas, leur réalisation demandera parfois de saisir des opportunités, le plus souvent, elle nécessitera, en regard des coûts, un engagement partagé des acteurs régionaux.

Etats des lieux en Alsace

En référence aux 8 points préconisés ci-dessus, quelques points de synthèse concernant des applications ou réalisations en cours en Alsace.

1 – Une étude est actuellement en cours sur ce sujet par le SETRA, et devrait couvrir tous les passages de l'ensemble du linéaire autoroutier d'Alsace (la totalité des grands axes routiers équipés n'est donc pas concernée). Néanmoins, les modalités de mise en œuvre des préconisations techniques à réaliser, en regard des passages les plus opportuns, demanderont à être précisément établies, et les acteurs en charge de leur réalisation définis.

2 – N'a pas fait l'objet d'une étude généralisée. Certains types de points noirs sont assez bien suivis depuis des années (forte mortalité d'amphibiens, mortalité de Castors...) et font l'objet – pour les plus importants – de mesures adaptées, généralement reconduites dans le temps et dont il faut assurer la pérennité. Les autres points de mortalité font l'objet de connaissances plus locales ou d'études très ponctuelles (Blaireau, grande faune, Putois, rapaces, Grand Hamster...), qui gagneraient à être synthétisées sous forme d'une base unique (et étoffée par la notation des ramassages de cadavres par les services gestionnaires).

3,4,5 – N'ont pas fait l'objet d'études particulières à notre connaissance.

6 – Des politiques de fauches tardives ou différenciées sont menées depuis quelques années par les Conseils Généraux sur une partie de leur réseau en gestion (100 kilomètres dans le Bas-Rhin par exemple).

7 – Si les financements sont disponibles, et toutes les autorisations obtenues, l'équipement de tous les linéaires mortifères est envisagé par la Fédération Départementale des Chasseurs du Bas-Rhin récemment. Récemment, les 15 premiers kilomètres ont déjà été (partiellement) équipés.

8 – Un engagement de RTE avec la Ligue pour la Protection des Oiseaux - délégation Alsace détermine les bases de projets de neutralisation des principaux sites sensibles.

Les principales ruptures générées par les grands axes de type autoroutier et priorisées en plaine bas-rhinoise (cf. CARTE5), pour lesquelles la mise en place d'au moins un passage à grande faune spécifique peut être considéré comme un minimum de réalisation à obtenir à terme. Toutefois, il convient d'attendre la méthodologie qui sera adoptée au niveau national dans le cadre de la trame verte et bleue concernant l'identification des discontinuités ainsi que le géoréférencement des données nécessaires à leur identification.

La présente étude répertorie cependant les premières indications suivantes :

Autoroute A4 : 7 points principaux à équiper : 4 traversées forestières en Alsace Bossue ; traversée du piémont de Saverne ; traversée du Ried de la Zorn ; traversée de la forêt du Grittwald,

auxquels se rajoute la coupure depuis longtemps identifiée du passage de Saverne, au point le plus rétréci de la chaîne des Vosges, qui interrompt un corridor écologique majeur d'intérêt supranational, notamment pour des populations de grande faune (Lynx, Cerf). Un ambitieux projet de restauration de la continuité écologique a été proposé par le CETE de l'Est, en profitant de l'opportunité du futur chantier du TGV Est, qui devrait franchir la chaîne des Vosges par un tunnel de 7 km à proximité. Les matériaux disponibles suite à ces travaux permettraient de réaliser une tranchée couverte d'au moins 150 m de largeur exploitable pour l'ensemble de la faune. Le coût estimé est d'environ 7,5 M d'euros.

Autoroute A35 : 4 à 6 coupures majeures, dont l'une (Seltz) concerne un corridor d'importance supranational, répertorié comme l'un des 3 corridors transfrontaliers.

N353 : 1 coupure du couloir rhénan

CD500 – A35 : Ried du Dachsbach ; Ried de la Kirneck ; Ried de la Scheernetz

Les grands passages existants « réaménageables » sont assez peu nombreux sur ces axes, et seuls 3 points font l'objet de passages à faune répertoriés comme tels.

A l'échelle des principaux corridors formés par les régions naturelles, 5 coupures peuvent être distinguées ; A4 passage de Saverne (Vosges du Nord <--> Vosges moyennes) ; A4 Alsace Bossue (Forêt de Sarre-Union <--> Ried de la Sarre) ; A35 Ried de la Zorn (Vosges <--> Rhin) ; N353 Illkirch (axe rhénan) ; A35 Ried de la Scheernetz (Vosges <--> Bruch de l'Andlau), seul site équipé d'un passage supérieur grande faune spécifique.

4 Trame bleue et continuité des milieux aquatiques

4.1 Particularités de la « trame bleue »

La Trame bleue est « formée des cours d'eau et masses d'eau et des bandes végétalisées généralisées le long de ces cours et masses d'eau ».

La gestion des risques, la nécessité de préserver une ressource majeure, la part de biodiversité forte spécifique aux zones humides... autant d'approches qui ont conduit à l'existence d'une multitude d'acteurs et d'organismes spécialisés dans la gestion de l'eau et la protection des écosystèmes aquatiques, à différents niveaux, ainsi qu'à la définition de multiples dispositifs (programmes de surveillance plans de restauration, réglementations et législations nombreuses,...) pouvant conduire à une redondance des dispositifs, une articulation complexe entre les programmes et les acteurs.

La trame bleue reste un milieu de forte interaction avec la trame verte. Sa part « terrestre » forme plus qu'un complément à la trame verte. Par sa nature même, arborescence ininterrompue traversant nos espaces forestiers, agricoles ou urbains, le réseau hydrographique peut d'abord être vu comme le fondement même de la trame verte. Certes, certaines régions peuvent être naturellement peu marquées par ce maillage, d'autres telles les grandes vallées alluviales se sont construites autour de ces contraintes. Mais, à des échelles différentes, un réseau de fossés ou une grande rivière et son champ d'inondation, structurent des corridors linéaires et matérialisent des supports concrets favorisant les connexions biologiques entre les différents habitats.

L'identification de la trame verte à l'échelle du territoire n'est pas si aisée. Dans bien des paysages, les connexions biologiques sont à restaurer avant tout, et ne sont donc pas toujours identifiées précisément. Elles mettent en jeu des phénomènes diffus, peu visibles. Au contraire, la trame bleue fait l'objet d'une identification assez précise, au moins par son squelette principal que forment les lits mineurs.

Néanmoins, soulignons qu'en dehors des lits des cours d'eau, tous ses éléments constitutifs ne bénéficient pas toujours d'une même appréciation claire. La notion de zone humide débouche bien souvent sur des difficultés d'appréhension sur le terrain, et fait l'objet de diverses méthodes de caractérisation, tant d'un point de vue biologique que législatif, pas toujours évidentes.

Aussi, il semble logique que la construction de la trame verte et bleue nationale s'adosse fortement sur la reconquête de la qualité écologique pour les milieux aquatiques comme le soulignent les premiers objectifs ⁷ :

- Acquisition de [20 000] hectares de zones humides contre l'artificialisation
- Bandes enherbées et zones tampons végétalisées d'au moins 5 m le long des cours et masses d'eau inscrites dans les documents d'urbanisme
- Restauration des continuités pour les écosystèmes d'eau douce ; effacement des obstacles les plus problématiques à la migration des poissons après une étude ayant permis de les identifier.

Des efforts en ce sens ont été mis en place ces dernières années et ont, au moins localement, sensiblement amélioré des situations très dégradées : bandes enherbées le long des cours d'eau, identification de fuseaux de mobilité, acquisition de berges par les Départements...

⁷ <http://www.legrenelle-environnement.gouv.fr/grenelle-environnement/spip.php?article707>

Toutes ces mesures participent à la restauration des milieux aquatiques, et donc également de la trame verte.

Néanmoins, pour essentielles qu'elles soient, elles ne suffisent pas à engager le rétablissement de la continuité des écosystèmes aquatiques, entravée par une multitude d'obstacles à l'écoulement des eaux, construits en plusieurs siècles d'aménagement et « domptage » du réseau hydrographique.

A l'instar de la trame verte, si trouver des solutions pour résorber les principales ruptures de continuité écologique générées par des infrastructures artificielles n'est pas le gage unique pour atteindre d'ici à 2015 l'objectif général en matière de gestion de l'eau entériné par l'adoption de la Directive européenne Cadre sur l'Eau, à savoir le bon état des différents milieux aquatiques sur tout le territoire européen, cela reste néanmoins un point essentiel. « Rouvrir les rivières aux poissons migrateurs. » figure notamment comme un des 15 enjeux prioritaires de la gestion de l'eau de manière à cibler les domaines d'intervention prioritaires pour la restauration des milieux aquatiques dressés par la DCE.

Comparé à la croissance actuelle du réseau d'infrastructures générant des ruptures de continuités au sein des écosystèmes terrestres, le rythme d'équipement en ouvrages hydrauliques peut paraître restreint aujourd'hui. Il reste néanmoins sensible en ce qui concerne les multiplications des franchissements par le réseau routier (y compris les pistes forestières ou agricoles, qui sur des petits cours d'eau et fossés, peuvent conduire à des travaux restreints mais suffisants pour assurer une perturbation de la continuité du milieu aquatique). Il reste également localement important en ce qui concerne divers projets d'aménagements en long (endiguements, enrochements...), même si les préconisations de la moindre intervention, de la conservation de fuseau de mobilité, la valorisation de techniques d'aménagements végétales sont mis en avant par les Agences de l'Eau et autres organismes habilités et servent (ou devraient servir !) de guide obligé. Enfin, la problématique de l'énergie hydraulique est aussi d'actualité.

Mais l'ensemble des aménagements existants, construits sur plusieurs siècles, reste conséquent. Ainsi, *concernant la restauration des continuités pour les écosystèmes d'eau douce, quelques éléments phares devant servir de référence ont été synthétisés⁸.*

- *Il existe entre 40 et 50 000 ouvrages interrompant la continuité des cours d'eau, de taille très variable, dont au maximum seulement 10% présentent encore un usage avéré ;*
- *la prise en compte de la continuité ne doit pas se limiter aux espèces migratrices diadromes (migration entre mer et cours d'eau), mais également concerner les espèces potmodromes qui migrent au sein du même cours d'eau sur des distances de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres ;*
- *la continuité ne doit pas se limiter à la seule dimension de la libre circulation piscicole, mais intégrer également celle du transit sédimentaire et celle des petites crues ;*

Aussi, devant ce nombre conséquent d'ouvrages, un premier objectif chiffré est proposé par le groupe de travail biodiversité lors du Grenelle de l'environnement⁹.

« Restaurer une continuité écologique des cours d'eau par la mise aux normes de 300 ouvrages et le traitement de 2000 ouvrages abandonnés

La segmentation des cours d'eau par des ouvrages transversaux (barrages, seuils, vannages...) entraîne des ruptures de mobilité des espèces aquatiques, comme des sédiments dont le transport naturel est ainsi perturbé :

⁸ Comité Opérationnel n°11 « TRAME VERTE ET BLEUE ». Rapport au Ministre d'Etat, Ministre de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables présenté par le Sénateur Paul RAOULT du 14 mars 2008.

⁹ Fiche détaillée transmise par le MEDAD et les agences de l'eau à partir des travaux des groupes 2 et 4 (Grenelle de l'environnement. Synthèse et rapport du Groupe II - Préserver la biodiversité et les ressources naturelles - ANNEXE 2 « Vers un bon état des eaux, tant en qualité qu'en quantité », p. 43).

- S'agissant des espèces aquatiques et en particulier des poissons migrateurs (Saumon, Truite de mer, Esturgeon, Anguille...), ces obstacles physiques sur les cours d'eau empêchent l'accès des adultes aux habitats de reproduction et la descente des jeunes vers la mer.

- S'agissant des sédiments, la perturbation des mouvements modifie à la fois la localisation et la qualité des habitats des espèces aquatiques, comme elle peut aussi accélérer les phénomènes d'érosion des berges.

Sur l'ensemble du réseau hydrographique national, on est en présence d'au moins 40.000 ouvrages, de tailles et d'usages fort différents. Sur ces 40.000 ouvrages, on peut se fixer d'ici 2015 comme objectifs :

- De « traiter » 2000 ouvrages abandonnés ou sans usage par une solution de gestion appropriée (par exemple, par la mise au point de règlements SAGE demandant l'ouverture régulière des vannages, par l'arasement lorsque cela est possible, par le démontage des vannages etc.),

- de mettre aux normes de franchissabilité piscicole 300 ouvrages sur les rivières classées correspondant à des points singuliers de bassin ou de sous bassin (là où le rétablissement de la transparence migratoire se traduit en gains biologiques perceptibles pour une population de poissons), cela se traduit par des équipements en passes à poissons, ensuite régulièrement exploitées et entretenues ainsi que par le respect des débits réservés ».

Rendre franchissables les obstacles aux espèces aquatiques, poissons en premier lieu, est un des objectifs qui animent et mobilisent les nombreux acteurs engagés dans la protection des milieux aquatiques. Dans toutes les régions, un investissement en ce sens a produit des réalisations concrètes au fil des ans, allant de l'équipement « opportuniste » de petits seuils par des techniques simples, à la construction d'imposantes passes à poissons sur certains ouvrages imposants barrant des fleuves, comme sur le Rhin.

Comme pour les infrastructures routières, quelques parallèles peuvent donc être retenus :

- des solutions techniques de plus en plus efficaces permettant de rendre franchissables par les espèces aquatiques certains types d'obstacles à l'écoulement des eaux ont été mises au point en quelques décennies ;
- ces solutions ne permettent cependant de n'effacer qu'une partie des perturbations générées par les ouvrages hydrauliques ;
- leurs coûts souvent élevés induisent une forte mobilisation de fonds des pouvoirs publics et acteurs locaux, et donc nécessitent de définir des priorités.

...et quelques différences notables également :

- des priorités se sont progressivement construites et imposées dans beaucoup de régions, reprises pour certaines sous des formes législatives, ou, plus localement, sous forme de plans d'actions locaux mais concertés ;
- la biologie des grands migrateurs nécessite, sur un réseau identifié, l'équipement de tous les ouvrages infranchissables, et ne peut se satisfaire de « priorités dans les priorités » ;
- enfin, et ce n'est pas la moindre des différences, un certain nombre d'ouvrages ont perdu leurs usages, et leur effacement complet ou partiel est une solution qui peut être aujourd'hui raisonnablement envisagée en priorité.

4.2 Fragmentation des habitats aquatiques et populations d'espèces

4.2.1 Des continuités à préserver

Même si elle fait l'objet de toutes les attentions, il convient de rappeler que la continuité aval-amont indispensable aux différents organismes aquatiques n'est qu'un des facteurs de continuités à préserver pour les écosystèmes aquatiques.

Hydrologues, hydrogéologues, hydromorphologues... ont une approche plus complexe de la problématique. Il est essentiel d'appréhender la notion de continuité écologique des écosystèmes fluviaux pour mieux définir les discontinuités retenues dans le cadre de cette étude.

○ Le corridor fluvial

Le lien transitoire entre les deux trames (milieux aquatiques et terrestres) en plaine est le corridor fluvial. (DUFOUR & PIEGAY, 2004). Il est défini comme la bande de végétation naturelle située le long du cours d'eau qui se différencie de la matrice environnante. Il comprend la berge, la plaine d'inondation et une partie des terrasses alluviales.

Quelle que soit l'échelle considérée, le corridor possède un caractère très marqué d'écotone avec toutes les propriétés que cela induit : filtre, échange, diversité. Ce corridor est une zone de transition entre systèmes aquatiques et systèmes terrestres à l'échelle de la plaine ; la forte imbrication des entités de ce corridor donne naissance à un linéaire très important de lisière.

○ La morphologie du cours d'eau

La morphologie des cours d'eau désigne (FNE, 2008) « *tout ce qui se rapporte à la « forme » du cours d'eau, qui résulte de l'action millénaire des écoulements : l'eau modèle la forme du lit, les berges, la granulométrie du fond... La morphologie fait donc référence aux caractéristiques physiques du « contenant » par opposition à l'eau, le « contenu ». Pour simplifier, on peut parler de « qualité physique » du cours d'eau.*

Celle-ci est classiquement évaluée selon 5 paramètres distincts, dont l'une est la continuité écologique :

- *Le lit mineur : partie du lit compris entre les berges dans laquelle l'intégralité de l'écoulement s'effectue la quasi totalité du temps en dehors des périodes de très hautes eaux et de crues débordantes*
- *Le lit majeur et les annexes : lit maximum qu'occupe un cours d'eau dans lequel l'écoulement ne s'effectue que temporairement lors du débordement des eaux hors du lit mineur en période de crue. Les annexes hydrauliques sont les bras et affluents connectés en permanence (ruisseaux, cours d'eau) ou de façon temporaire (boires, bras morts, mares...) ;*
- *Les berges et la ripisylve ;*
- *La ligne d'eau : il s'agit de l'écoulement de l'eau (vitesse, hauteur, turbulence...), sans tenir compte du débit ;*
- *La continuité écologique : capacité des organismes aquatiques et sédiments à effectuer leurs déplacements longitudinaux (amont-aval ou aval-amont) et latéraux (cours principal-annexes et vice-versa).*

En conséquence, ces paramètres ne s'appliquent donc qu'à un seul type de masse d'eau, les cours d'eau.

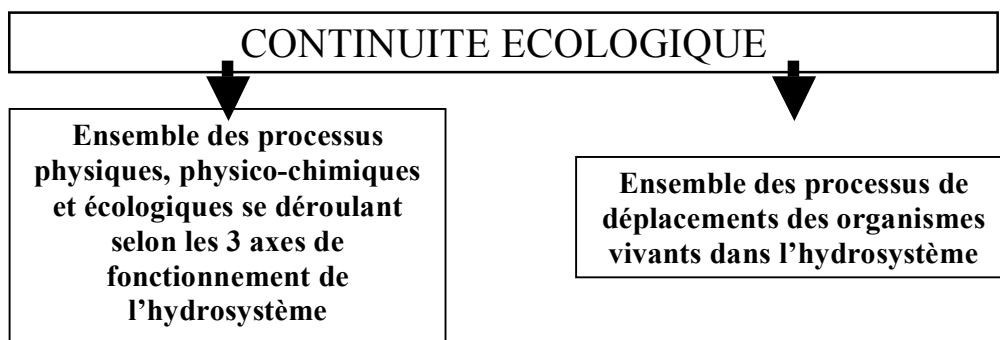
La morphologie agit principalement sur 2 niveaux de la qualité du milieu :

- *La qualité des habitats, pour assurer de manière satisfaisante les fonctions auxquelles ils sont rattachés (en fonction des espèces et des stades : naissance, grossissement, nourrissage, repos, reproduction...) ;*

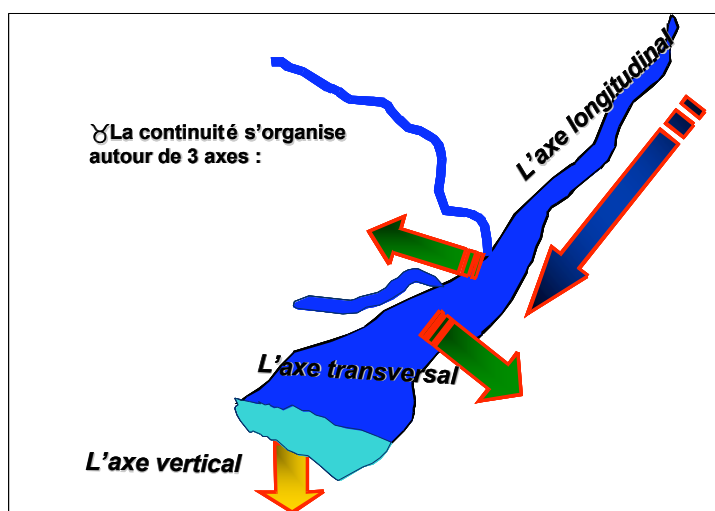
- *La diversité des habitats, pour assurer un maximum de fonctions et/ou héberger le plus grand nombre d'espèces ou de stades (oeuf, larve, adulte...) possible. »*

- **La continuité écologique des hydrosystèmes**

La continuité écologique peut se définir de façon simplifiée selon les deux composantes principales mentionnées ci-dessous. (Baran & Larinier, 2004),



La continuité écologique se développe sous trois axes, illustrés ci-dessous. Elle permet d'appréhender la dynamique sur le linéaire, la largeur et la profondeur du cours d'eau.



Source : Larinier, Baran 2004

Les ruptures de continuités écologiques aval-amont ne représentent donc qu'une partie de la problématique de la restauration de la continuité écologique des hydrosystèmes.

Les continuités latérales participent au rôle tampon joué par les plaines et forêts inondables, particulièrement utile dans l'étalement spatial et temporel des crues : l'eau, en s'étalant hors du lit du cours d'eau, en réduit le débit et donc diminue les « dégâts » et inondations provoquées à l'aval. Par ailleurs, les mares, prairies et sols de forêts humides stockent un volume d'eau non négligeable à l'échelle d'un bassin versant, tout en permettant une meilleure infiltration dans les sols voire les nappes alluviales.

A contrario, les cours d'eau canalisés et recalibrés, dont les capacités de débordement sont réduites ou nulles, ainsi que ceux bordés par d'importantes surfaces imperméabilisées ou drainées (qui laissent l'eau s'écouler rapidement) voient leurs débits et vitesses augmenter beaucoup plus rapidement. Le rôle tampon des zones humides est alors grandement diminué.

4.2.2 Facteurs de discontinuités des écosystèmes fluviaux

La fragmentation des habitats des milieux aquatiques par les aménagements et activités anthropiques suit l'évolution humaine et l'industrialisation des activités. Les cours d'eau permettent de répondre à divers besoins : déplacements, génération d'énergies électrique ou motrice... et ont été aménagés en conséquence. Ces aménagements progressifs ont favorisé le développement économique, mais sur bien des écosystèmes fluviaux, les effets se sont traduits par un déséquilibre prononcé du fonctionnement hydrologique, un appauvrissement écologique et une réduction drastique des différents habitats humides générés et alimentés par les fleuves.

Pour parvenir à atteindre un bon état écologique, la solution la plus pertinente et holistique est de s'intéresser à la restauration hydromorphologique générale.

Il faut ainsi nécessairement revenir sur les activités anthropiques et sur les différentes perturbations et modifications qu'elles engendrent. Le manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau (2007) dressent notamment un inventaire cohérent de leurs dommages, et des solutions pour y remédier.

Les différents obstacles artificiels (provenant de l'activité humaine) participent de cette perte de fonctionnalité des écosystèmes fluviaux.

En 2007, le ©Sandre¹⁰ publie un document de présentation et un dictionnaire de données sur les obstacles à l'écoulement, définissant notamment les règles d'un système national de codification pour les différents types d'obstacle à l'écoulement

Y est défini comme obstacle à l'écoulement tout « *ouvrage lié à l'eau qui est à l'origine d'une modification de l'écoulement des eaux de surface (dans les talwegs, lits mineurs et majeurs de cours d'eau et zones de submersion marine).* »

Les obstacles artificiels identifiés sont de plusieurs types :

Code du type d'ouvrage	Libellé du type d'ouvrage
1.1	Barrage
1.2	Seuil en rivière
1.3	Digue
1.3.1	<i>Digue de canaux (hydroélectricité, navigation, irrigation) ou de rivières canalisées</i>
1.3.2	<i>Digue de protection contre les crues</i>
1.3.3	<i>Digues de canaux ayant également un rôle de protection contre les crues (p/ eau extérieure au canal)</i>
1.3.4	<i>Remblais linéaires en lit majeur (routiers ou ferroviaires)</i>
1.4	Pont
1.5	Épis en rivière (sur une partie de la largeur du lit mineur ou lit majeur)

Il conviendra de se reporter à ce catalogue¹¹ descriptif des obstacles à l'écoulement pour les définitions précises associées aux différentes déclinaisons de chaque type d'ouvrage.

Au regard des axes de continuités à restaurer (cf paragraphe précédent), tous ces obstacles induisent au moins des modifications d'habitats, et, pour beaucoup d'entre eux, des discontinuités longitudinales (amont-aval et/ou aval-amont) et latérales pour la faune aquatique.

¹⁰ La mise en place d'un langage commun pour les données sur l'eau est l'une des composantes indispensables du Système d'Information sur l'Eau, et constitue la raison d'être du ©Sandre, Service d'Administration Nationale des Données et des Référentiels sur l'Eau.

Le ©Sandre est notamment chargé :

- d'élaborer les dictionnaires des données, d'administrer les nomenclatures communes au niveau national, d'établir les formats d'échanges informatiques de données, de définir des scénarios d'échanges et de standardiser des services WEB,
- de publier les documents normatifs après une procédure de validation par les administrateurs de données ©Sandre et d'approbation par le groupe Coordination du Système d'Information sur l'Eau.

¹¹ http://sandre.eaufrance.fr/dictionnaire.php?id_mot=50&lang=fr

○ Facteurs de discontinuités latérales

Endiguement

Il limite la fonctionnalité du milieu en rompant la connexion entre le lit majeur et le lit mineur, induisant une modification de l'habitat sur le lit majeur et une disparition des habitats qui demandent une submersion fréquente et par conséquent, des espèces inféodées à ces biotopes (avifaune, flore...) mais aussi des espèces aquatiques assurant une partie de leur cycle reproductif.

Recalibrage, déviation, rectification des cours d'eau

Ayant pour but de favoriser l'écoulement de l'eau et de faciliter les pratiques agricoles, le recalibrage ou la rectification du cours d'eau a pour effet de raccourcir la longueur des cours d'eau, d'accélérer et de linéariser le faciès d'écoulement, induisant une perte totale de diversité des écoulements et donc une banalisation des habitats. Les fonctionnalités écologiques, mais aussi hydrologiques (limitation des crues à l'aval) et hydrobiologiques (capacité d'autoépuration, oxygénation) sont limitées. Un autre effet est la déconnection de certaines annexes hydrauliques, en particulier les zones d'expansion de crue, qui n'assurent plus leurs fonctionnalités hydrologiques (rétention des crues, soutien d'étiage) et biologiques (zones de reproduction, en particulier du Brochet).

A ces effets, la rectification extrême peut induire une « *incision du lit mineur suite à l'augmentation de la pente d'où un abaissement de la nappe d'accompagnement, une déstabilisation possible des ouvrages de génie civil (ponts, digues, protections de berges), et une aggravation des inondations à l'aval* ». (Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau). De manière générale, la disparition de la mobilité du cours d'eau se traduit par la modification des équilibres en charges solide et liquide, et donc le fonctionnement hydromorphologique de la rivière.

Il engendre également une modification des relations nappe/rivière : le cours d'eau, souvent déplacé en position topographique plus élevée que naturellement, a tendance à alimenter la nappe en permanence, d'où des étiages plus prononcés. (DUFOUR & PIEGAY, 2007)

○ Facteurs de discontinuités longitudinales

Barrages et seuils sur le lit mineur

Il s'agit des principaux ouvrages transversaux impactant la continuité écologique longitudinale, et pour lesquels des solutions techniques restaurant *a minima* la franchissabilité des vertébrés sont demandées et étudiées par différents acteurs de l'eau et des milieux aquatiques.

Le manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau souligne que « *les impacts hydromorphologiques et écologiques liés à la présence de seuils ont fait l'objet d'une étude récente (Area, Malavoi, 2003). Quel que soit leur objectif initial (dérivation pour la force hydraulique ou l'irrigation, stabilisation du fond), les seuils en rivière, ont des impacts physiques et écologiques extrêmement importants.* »

Ces impacts sont déclinés en 3 grandes catégories :

- Modification des flux liquides, solides, biologiques : modification plus ou moins importante des hydrogrammes, blocage de la charge solide, difficulté de franchissement par les poissons et rupture de la continuité écologique pour les biocénoses aquatiques ;
- Effets « retenue » : ils se traduisent à leur amont par un remous à l'origine de faciès d'écoulement lenticules et profonds en lieu et place des séquences naturelles de faciès d'écoulement (radiers, plats, mouilles etc.). Outre ces altérations drastiques des habitats aquatiques, ces retenues favorisent le réchauffement de l'eau en étiage et aggravent les effets de l'eutrophisation ;

- Effets « point dur » : en réduisant notamment les processus naturels d'érosion latérale dans l'emprise de la retenue. Ils sont un point de blocage local de la dynamique fluviale qui perturbe les processus d'équilibrage géodynamique ;

A cela s'ajoutent les effets cumulatifs si le tronçon étudié est endigué, recalibré, artificialisé.

Qu'ils soient destinés à la production d'électricité, celle d'eau potable, au soutien d'étiage ou à la création de plan d'eau de loisir, voire sans utilité, les barrages et seuils ont donc un point commun évident : ils entravent, plus ou moins fortement, parfois totalement, la migration des organismes aquatiques, mais aussi des sédiments.

Étangs implantés sur le cours d'eau

Ces étangs interrompent la dynamique du cours d'eau, créent un espace d'eau stagnante à vocation principalement halieutique. Ils ont des effets similaires aux seuils, voire plus accentués : modification des flux solides, liquides, et biologiques (relargage brutal de particules fines lors des vidanges), effet de retenue qui favorise le développement des espèces cyprinicoles et réchauffement, effet de point dur (plus aucune évolution hydromorphologique, eau stagnante). Dans certaines régions, ils représentent le principal facteur de modification des petites rivières.

Autres facteurs de discontinuités longitudinales

La modification profonde des habitats sur un linéaire suffisamment long, si elle n'entrave pas physiquement la libre circulation des flux solides et liquides, peut cependant suffire à empêcher ou limiter les échanges amont-aval ou aval-amont entre des populations d'organismes aquatiques.

Ponts, tronçons « enterrés », buses...

Un ensemble de situation conduit à faire passer les cours d'eau via des ouvrages ou en souterrains : croisements avec une voie de communication, avec une zone urbanisée, ouvrages évacuateurs de crue. Les solutions utilisées sont multiples (ponts, buses, siphons, lits enterrés...). Toutes créent des points durs plus ou moins impactants, une modification des habitats, de la lame d'eau, des écoulements... sur une distance plus ou moins longue, plus ou moins impactant.

Sur des cours d'eau importants, les ponts routiers, ferroviaires, urbains, (s'ils ne sont pas complétés par d'autres ouvrages hydrauliques), restent des aménagements franchissables par les espèces piscicoles, dans le cas de pont de gabarit suffisant. Les passages sous routes mal aménagés restent néanmoins les principaux sites de mortalité pour les mammifères semi-aquatiques (cf. point 3.3.1).

Les passages busés ou dans des ouvrages de gabarits restreints, les passages en siphon, peuvent par contre générer des obstacles infranchissables pour les poissons. Sur des petits effluents, ces coupures sont rapidement accentuées. Même dans des « tubes » de courtes distances, la faiblesse de la lame d'eau subsistante à l'étiage et l'absence de diversité du lit sur quelques mètres, peuvent suffire à bloquer la migration de toutes les espèces piscicoles pendant la majeure partie de l'année.

Enfin, les tronçons enterrés créent, quelle que soit la taille du cours d'eau, des ruptures pour toutes les espèces, aquatiques ou semi-aquatiques.

L'artificialisation du lit et des berges

Transition de végétation rivulaire entre milieux aquatiques et milieux terrestres, la ripisylve assure plusieurs fonctions : c'est non seulement un refuge pour la faune (abris, reproduction, nourriture), mais aussi un corridor de déplacement pour les populations animales, et végétales. Cette végétation constitue des apports organiques constants pour le milieu aquatique, confère de l'ombre au milieu permettant le maintien d'une température fraîche (limite les risques d'infections microbiologiques), et des zones d'ombrage (un excès de lumière favorise l'eutrophisation du milieu). La végétation assimile partiellement les pollutions diffuses (phosphates, nitrates, et pesticides) limitant leur teneur dans l'eau. En outre, elle possède un effet stabilisant puisque ces racines maintiennent le sol et limitent l'érosion des berges.

L'artificialisation des berges se traduit par une simplification et uniformisation des abords de cours d'eau. La perte généralisée d'habitats rivulaires impacte tout l'écosystème rivière.

L'artificialisation des berges engendre en parallèle à cette discontinuité longitudinale, une rupture des continuités latérales. La dynamique du cours d'eau est bloquée, les processus d'érosion naturelle, de transports des sédiments, de dépôt qui créent une diversité d'habitats à courte échelle par cette régénération fréquente sont supprimés. (Manuel de restauration hydromorphologique du cours d'eau, 2007)

L'artificialisation des éléments constitutifs du lit d'écoulement (fond, berges) peut être suffisamment marquée (par exemple traversées de petits cours d'eau en zone urbaine dans des canaux bétonnés à gabarit surdimensionné) pour limiter les déplacements et migrations des poissons et mammifères.

Les solutions à adopter passent par la mise en œuvre systématique de différentes techniques de renaturation des linéaires les plus dégradés (réimplantation de ripisylves, création d'un lit d'étiage en canal).

➤ *reconstitution d'un lit d'étiage dans un petit cours d'eau canalisé dans un village du Haut-Rhin*
(photos : P. Goetghebeur, Agence de l'Eau Rhin-Meuse)



Discontinuités physico-chimiques

Elles peuvent être générées par des pollutions d'origines diverses : microbiologique ; agricoles (engrais et eutrophisation des cours d'eau, pesticides) ; industrielles ; rejets des stations d'épuration et centrales nucléaires... De nombreux outils d'évaluation de la qualité de l'eau sont aujourd'hui utilisés et servent d'indicateurs sur les priorités d'intervention à établir.

Des progrès ont été réalisés dans la maîtrise des pollutions industrielles ou domestiques (en témoignent la recolonisation naturelle par de nombreuses espèces de fleuves autrefois pollués), moins dans le domaine des effluents agricoles. Des bouchons chimiques considérés comme suffisamment marqués pour limiter, voire empêcher, les migrations amont-aval subsistent cependant localement.

Une analyse complète des points de discontinuité longitudinaux doit intégrer l'ensemble des configurations à problèmes, à savoir :

- Les principaux ouvrages transversaux (barrages, seuils, étangs-barrages...). Il s'agit des principaux types d'ouvrages identifiés et référencés.
- Les ruptures physiques d'habitats (buses, siphons, lits bétonnés ou enterrés...). Ces ouvrages ne font pas toujours l'objet d'un référencement exhaustif, sauf dans des cas particuliers.
- Les « bouchons chimiques ».

La création d'une base descriptive homogénéisée des ouvrages hydrauliques doit intégrer l'exhaustivité des points de discontinuité physiques, et non uniquement la description technique des ouvrages principaux.

Par ailleurs, les bases d'analyse de qualité de l'eau ne donnent qu'une indication générale. Il conviendra de les compléter par l'identification des « bouchons chimiques » impactants la franchissabilité des organismes vivants. Celle-ci reste cependant difficilement évaluable à partir de critères de mesures simples.

4.2.3 Impact sur les vertébrés

○ faune piscicole et espèces aquatiques

Montaison

L'un des principaux impacts générés par différents ouvrages hydrauliques est la limitation ou la suppression totale des possibilités de déplacement des organismes aquatiques, en particulier les déplacements migratoires dans le sens amont-aval (la montaison).

C'est pour réduire cet impact que les principales solutions techniques ont été de longue date expérimentées, et sont aujourd'hui appliquées dès lors que les conditions techniques, juridiques et financières sont réunies (cf. point 4.4)

L'évaluation précise de la franchissabilité d'un ouvrage par les poissons reste une difficulté. Les capacités de franchissement des différentes espèces sont très variables, d'autre part les conditions évoluent selon les niveaux hydrologiques et peuvent conduire un observateur à juger un ouvrage comme partiellement ou parfois franchissable.

Dévalaison

Beaucoup d'ouvrages hydrauliques transversaux, jugés infranchissables par les poissons dans le sens de la montaison (seuils par exemple), ne bloquent pas le déplacement des espèces dans le sens amont-aval (dévalaison).

Quelques types d'ouvrages peuvent cependant générer des impacts. Ainsi, certaines écluses, peu utilisées (canaux par exemple), peuvent ralentir la migration vers la mer de certaines espèces.

L'impact à la dévalaison est surtout noté dans les ouvrages turbinés, qui, selon leur configuration, engendrent une mortalité parfois importante. C'est le cas notamment pour les poissons fusiliformes de grande taille. L'anguille est alors considérée comme l'une des espèces les plus affectées à la dévalaison, lors de la phase de retour à la mer des adultes.

Le tableau de bord anguille du bassin Loire (LOGRAMI), (« indicateurs anguille Loire, Mortalité par les turbines »¹²) souligne que le passage dans une turbine se traduit par l'augmentation des vitesses d'écoulement, une augmentation de la pression suivie d'une décompression brutale en sortie de roue additionnée d'une forte probabilité de choc avec une partie de la turbine. Les mortalités induites par le passage dans les turbines ont été soulignées par plusieurs auteurs (Hadderingh, 1982 ; Berg, 1987 ; Dekker, 1987 ; Hadderingh et al., 1992).

Les taux de mortalité dépendent du diamètre de la roue et de la vitesse à laquelle tournent les turbines (Larinier, 1998). Les études font généralement état de mortalités minimales de l'ordre de 10 à 25 % pour des turbines de 4 m et tournant à une vitesse inférieure à 100 tour/minutes. Pour des turbines de diamètre inférieur à deux mètres et tournant à plus de 400 tours/minutes, la mortalité peut atteindre 100 % (Larinier, 1998 *in* Cauvin, 1999).

La succession de grands barrages hydroélectriques sur certains fleuves, à l'exemple du Rhin, est alors à même d'affecter significativement le stock de poissons migrants. Sur la base d'une hypothèse majorante (taux de mortalité retenu pour les turbines de 30%), Dönni et al (2001, *in* PROUZET, 2005¹³) estiment, sur le Rhin, qu'entre Shaffhouse et Bale la mortalité cumulée des anguilles après le passage au travers de 13 centrales hydroélectriques serait de 92,7%.

Lorsque les anguilles peuvent emprunter les ouvrages évacuateurs, les vannes, les déversoirs de crue, les dommages sont généralement plus faibles. Le suivi d'une conduite de débit réservé sur un barrage peut entraîner une mortalité très forte (Legault et al., 2001).

¹² http://www.anguille-loire.com/upload/fdoc/doc/80_91_MortaliteTurbines.PDF

¹³ www.ifremer.fr/gascogne/colloque2005/resumes/SESSION4_PEUPLEMENT_RESUMES/C16prouzet_rapport.pdf

Déplacements latéraux (cours principal-annexes et vice-versa)

Certaines annexes hydrauliques, les prés et marais inondables, bien qu'accessibles le plus souvent temporairement, font partie intégrante des cycles de reproduction de nombreuses espèces, offrant selon les cas des sites de frai, de grossissement, de maturation.... Le Brochet est l'une des espèces repères nécessitant des connexions latérales et habitats connexes en bon état.

L'ensemble des endiguements réalisés ces derniers siècles a progressivement limité voire supprimé toutes possibilités de déplacements latéraux pour les poissons. Dans ce cas, seules des opérations d'envergure pour la restauration des champs d'inondation ou l'accès à des annexes hydrauliques importantes s'avèrent efficaces.

○ mammifères semi-aquatiques

Plusieurs mammifères –dont un certain nombre d'espèces menacées ou localisées– assurent tout ou une large part de leurs cycles vitaux dans les zones humides, en particulier les écosystèmes fluviaux. Parmi les principaux, citons la Loutre *Lutra lutra*, le Castor *Castor fiber*, le Vison d'Europe *Mustela lutreola*, le Putois *Mustela putorius*, les musaraignes aquatiques *Neomys fodiens* et *Neomys anomalus*, le Desman *Galemys pyrenaicus*, le Campagnol amphibie *Arvicola sapidus*...

Leurs déplacements peuvent être aquatiques ou terrestres, et peuvent également être entravés par différents types d'obstacles à l'écoulement des eaux. Une hauteur de chute assez faible peut suffire à empêcher le passage de certaines espèces par la voie aquatique (50 cm chez le Castor par exemple). Mais la faculté de contourner un obstacle par la voie terrestre fait que les contraintes à analyser pour les mammifères semi-aquatiques sont différentes.

Aussi, l'analyse des ouvrages hydrauliques en termes d'estimation de la franchissabilité pour les mammifères aquatiques demande à être précisée bien évidemment en regard de leur écologie. Deux types d'obstacles peuvent être considérés comme les plus impactants :

- seuils et barrages situés en milieux urbains (ou fortement canalisés), ou cours enterrés, n'offrant pas de possibilités aux animaux de contourner l'obstacle par la voie terrestre. Certains obstacles peuvent ainsi durablement empêcher la colonisation d'hydrosystèmes très favorables d'espèces pourtant en phase d'expansion (cas du Castor en Alsace, avec les traversées presque impossibles de Strasbourg et Mulhouse par exemple), et limitant l'échange génétique entre les sous-noyaux de population.

- passages sous route, franchissables mais mal configurés, pouvant motiver les animaux à choisir la voie terrestre, et induisant un risque de mortalité par collision.

Comme pour les grands poissons migrateurs, la problématique de déplacement des mammifères peut dépasser le cadre national, dès lors qu'il s'agit de permettre la mise en connexion de sous-populations localisées dans des pays différents, afin d'obtenir une population considérée comme numériquement viable à l'échelle d'un bassin hydrographique transfrontalier. (exemple du projet Life Loutre avec pour objectif de permettre la progression de la Loutre à partir de l'Est de l'Allemagne, du Nord des Pays-Bas et du centre de la France vers des points de rencontre en Belgique et au Luxembourg).

Les solutions techniques à apporter à chaque ouvrage perturbant sont également différentes de celles réalisées pour les poissons. Elles ont l'avantage de pouvoir, dans bien des cas, être réalisées séparément, avec des moyens techniques et financiers restreints.

Néanmoins, il semble raisonnable de plaider pour :

- l'analyse systématique de la franchissabilité (et risques) induite par un ouvrage pour les mammifères, dès lors qu'une campagne d'inventaire en ce sens est réalisé pour les poissons (et l'intégration de ces informations dans les bases descriptives d'ouvrages associées) ;

- l'intégration, si justifiée, pour chaque réalisation d'ouvrage de franchissement piscicole, des éléments permettant ou favorisant le franchissement par les mammifères semi-aquatiques.

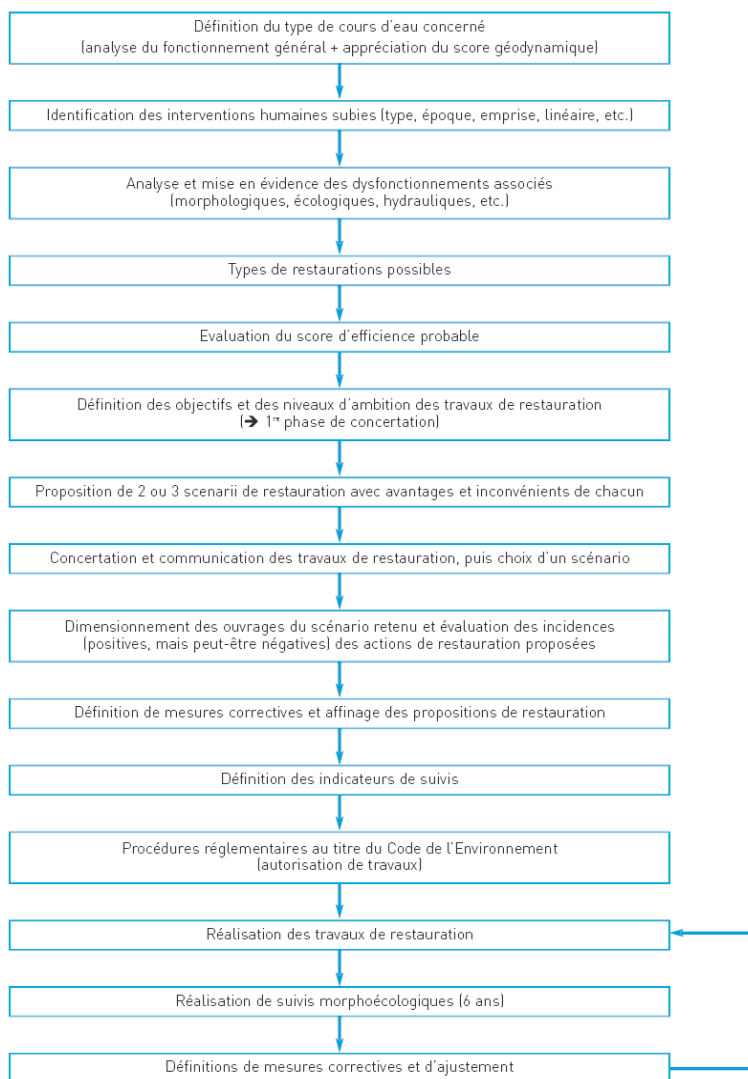
4.2.4 Nécessité de prise en compte des contextes et priorités globales

Une analyse ponctuelle de tous les ouvrages hydrauliques visant à hiérarchiser leurs impacts n'a de sens que si elle laisse transparaître, autant que possible, l'ensemble des priorités globales affectées aux cours d'eau.

La nature même des écosystèmes fluviaux plaident en faveur de logiques d'intervention globale, qui s'appliquent à un bassin ou une partie d'un bassin, une rivière ou un ensemble de rivières, un hydrosystème...

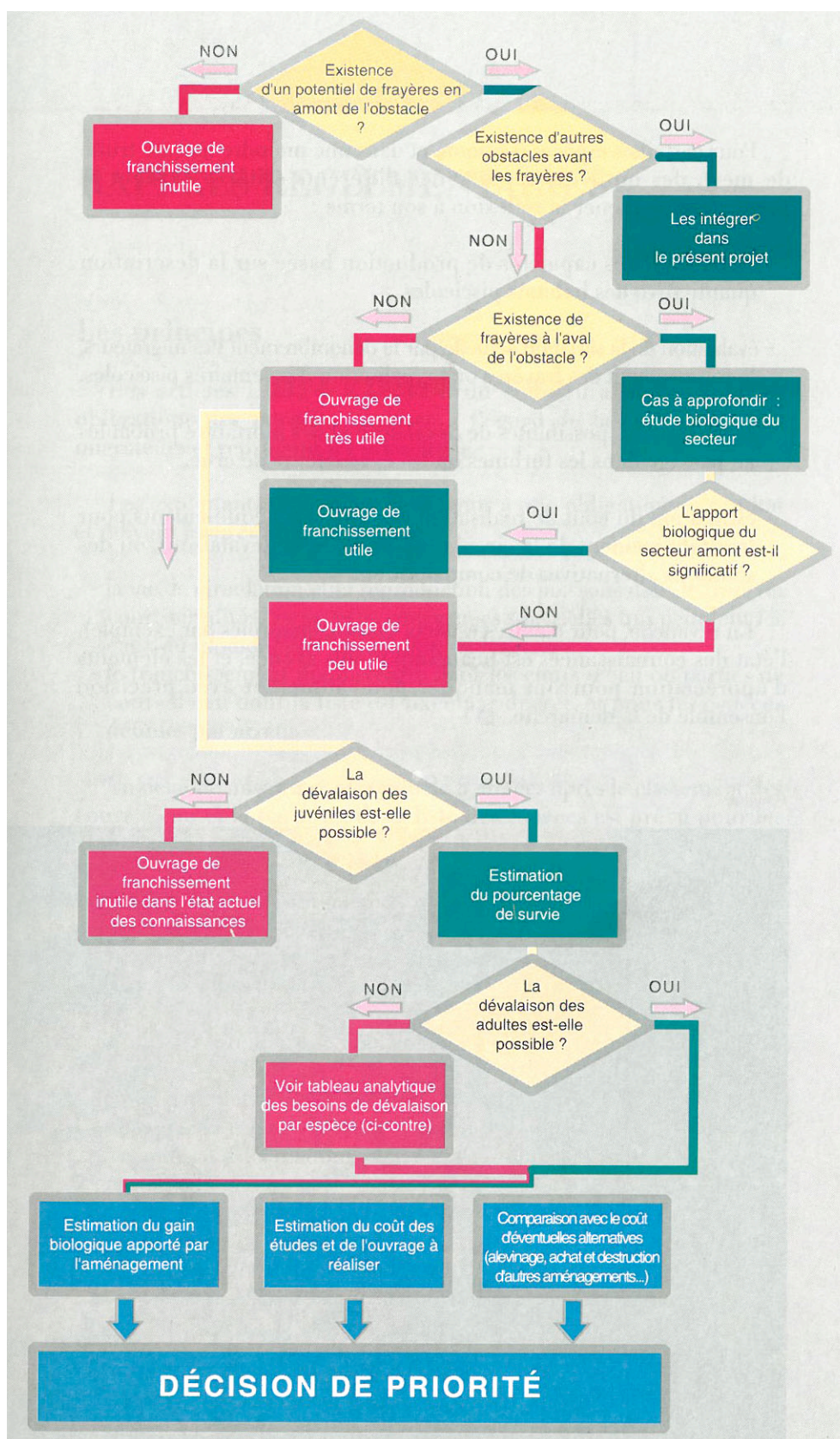
La pertinence de toute restauration doit être évaluée à partir de l'étude globale de différentes composantes affectant globalement le cours d'eau (fonctionnement géodynamique et écologique du tronçon géomorphologique homogène concerné ; appréciation de l'état de dégradation de ce fonctionnement sur le linéaire directement touché par les travaux de restauration ; évolution du contexte socio politique et financier ; caractéristiques géomorphologiques et écologiques globales...), comme le laisse transparaître différents organigrammes décisionnels établis pour évaluer l'intérêt de la restauration de cours d'eau :

➤ *Figure suivante : Etapes clés dans le montage d'une opération de restauration de cours d'eau d'après le Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau (ADAM, DEBIAIS & MALAVOI, 2007)*



mais également d'ouvrages :

➤ Figure suivante : Diagramme d'évaluation d'un aménagement pour restaurer la circulation des migrateurs holobiotiques ou amphibiotiques anadromes (LARINER & AI, 2004)



Il est aussi indispensable, avant d'envisager toute opération de restauration ou d'atténuation d'impacts d'un ouvrage, d'étudier l'ensemble des dysfonctionnements affectant le cours d'eau.

Différentes logiques de conservation d'habitats ou d'espèces ont conduit à désigner, au niveau européen, national ou local, ces priorités, qui font ensuite l'objet d'une identification précise validée par régions administratives ou bassins hydrographiques. Il s'agit :

- des ensembles de rivières où la continuité doit être totalement restaurée pour les grands migrateurs,
- des bassins de présence prioritaire pour la conservation d'espèces particulières,
- des hydrosystèmes particuliers (ex. sites Natura 2000 couvrant des chevelus hydrographiques et désignés pour la conservation de certaines espèces aquatiques ou semi-aquatiques d'intérêt communautaire).

Certains cours d'eau peuvent ainsi être identifiés selon plusieurs statuts de priorité.

Les contextes piscicoles, l'étude des zones de présences avérées et potentielles d'espèces prioritaires, servent également de base de travail.

Enfin, rappelons que deux logiques procèdent de la réalisation d'ouvrages de franchissement :

- pour les **grands migrateurs**, tous les barrages, sans exception, empêchant l'accès aux sites de reproduction doivent être équipés. Seul l'ordre des réalisations à mener peut varier, selon les financements mobilisables et autorisations à obtenir.

A cet égard, d'après PORCHER et TRAVADE (1993), la restauration ou le maintien d'un stock de migrateurs, ne peut aboutir que si les zones adéquates sont accessibles. Les stratégies d'aménagement devront tenir compte de la situation de l'obstacle dans le bassin et des espèces présentes. Pour les tronçons de cours d'eau situés à l'aval des zones de reproduction (cas du Saumon et de la Truite de mer), il est nécessaire de maintenir une libre circulation permanente et totale dès lors que des migrateurs sont présents au pied des obstacles. Lorsque les obstacles sont situés au sein des zones de grossissement ou de reproduction, l'aménagement des obstacles le plus en aval débouche sur un gain de production immédiat.

Pour les grands migrateurs, des analyses complémentaires peuvent alors conduire à limiter les zones prioritaires désignées. L'estimation coût/efficacité appliquée à une rivière est importante, et peut conduire à ne pas retenir certaines rivières, au potentiel d'habitats réel, mais où la densité trop forte de barrages induisant un effet de rugosité trop important (SCHULZ, TZ, 2006) (cf. page 100).

- pour les **populations piscicoles assurant leur cycle localement**, restaurer la continuité écologique des habitats au cas par cas peut se justifier, afin d'agrandir la taille des habitats minimaux disponibles ou l'accès aux zones de fraie. Dans ce cas, la priorisation des actions peut s'avérer un outil d'aide aux actions à mener, si les financements sont limités.

4.3 Méthodologie de hiérarchisation des priorités d'action sur les points de discontinuité longitudinaux

4.3.1 Objectif

Pour l'ensemble des opérateurs et décideurs ayant en charge la gestion des cours d'eau, il peut être intéressant de disposer d'une méthode d'analyse simple permettant de hiérarchiser les impacts générés par les ouvrages hydrauliques et tous points de discontinuité, et de juger de la pertinence des opérations de restauration des continuités écologiques (effacement, équipement, rétablissement...) à mener.

Pour cela, la méthode doit offrir un niveau de représentation suffisamment simple pour pouvoir aisément permettre des visions comparatives à différentes échelles, et suffisamment développé pour y faire transparaître certaines priorités plus globales (affectant un bassin hydrographique par exemple).

Elle n'offre qu'une première approche des problématiques. Comme pour la trame verte et le réseau d'infrastructures de transports, seule une phase d'analyse complémentaire de la faisabilité technique des points retenus comme prioritaires, avec des évaluations en termes de coût mais aussi de risques potentiels, est à même de s'assurer de la faisabilité des travaux à mener.

Notons que la présente méthodologie reste évolutive en fonction des futures préconisations de définition de la trame bleue qui seront fixées par le COMOP « trame verte et bleue ».

4.3.2 Champ d'étude

Le champ de la présente étude est concentré sur les points de discontinuités longitudinales des flux, qui limitent en particulier les déplacements et migrations des espèces aquatiques et semi-aquatiques.

Cependant, rappelons que le rétablissement de la qualité optimale des hydrosystèmes ne dépend pourtant pas de la résorption des seules « coupures » transversales. Des ressources particulières seront à développer parallèlement à la présente étude, pour permettre d'obtenir une évaluation similaire de l'ensemble d'autres discontinuités majeures affectant les cours d'eau : discontinuités latérales (mobilité du lit et zone d'inondabilité réduite ou supprimée), discontinuités des habitats riverains...

Le champ d'étude vise donc à étudier les obstacles à l'écoulement des eaux situés dans le lit mineur (barrages, seuils, différents points durs...). D'autres points de perturbations existent et engendrent des perturbations des flux d'espèces aquatiques, même s'ils ne sont pas créés par des ouvrages transversaux : « bouchons chimiques », tronçons de cours d'eau enterrés... Ils demandent à être étudiés de la même manière, mais, influent moins ou pas sur les flux solides et liquides.

4.3.3 Méthodologie de hiérarchisation des points de discontinuités de la trame bleue : principe proposé

L'objectif est d'exprimer par un indice comparatif une évaluation de la priorisation d'effacement / équipement de chaque obstacle présent au sein des lits mineurs, afin de permettre de dégager des priorités d'actions (et donc préalablement d'analyses de faisabilité technique et financière) à une échelle donnée.

La prise en compte des objectifs généraux englobant des bassins versants ou des cours d'eau dans leur intégralité est nécessaire, du fait de l'existence à l'échelle de la plupart des régions de plans prioritaires pour certaines espèces patrimoniales d'une part, mais plus simplement de la nécessité de régler tous les problèmes de franchissabilité sur un cours d'eau –et non seulement

les plus importants- pour permettre l'accès aux zones de reproduction pour certains poissons migrateurs se déplaçant sur des grands hydrosystèmes.

Il s'agit donc d'une approche schématisée, basée autant que faire se peut sur les outils de descriptions disponibles ou en cours d'acquisition.

Pour chaque ouvrage, il convient donc de visualiser plusieurs éléments descriptifs principaux, essentiels pour proposer un modèle comparatif d'aide à la décision et appréhender les enjeux prioritaires :

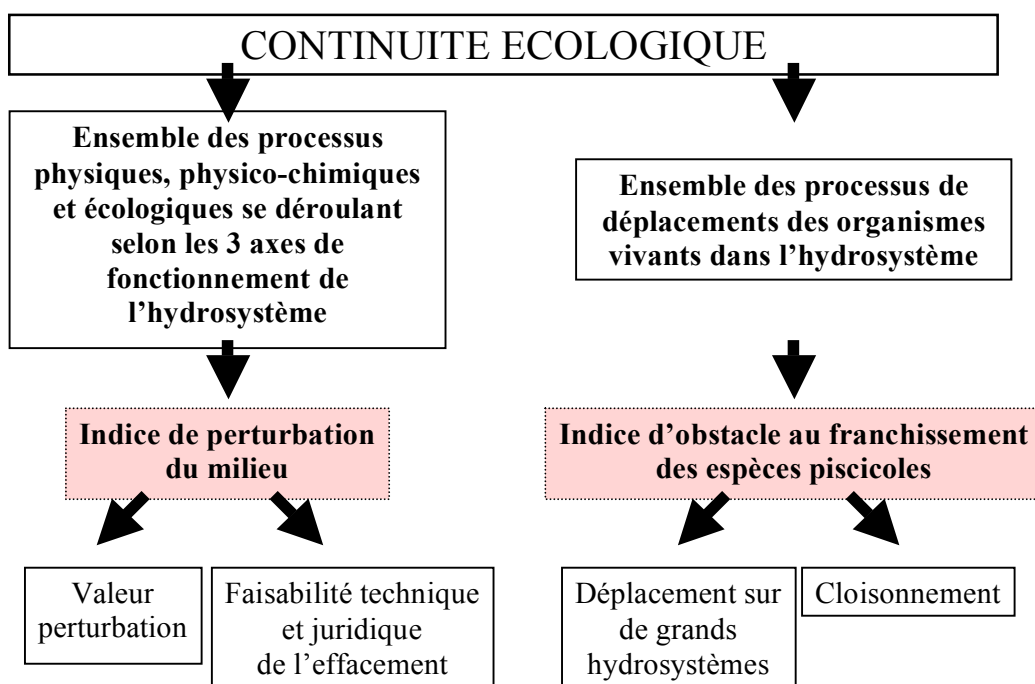
- perturbation d'habitats et des flux sédimentaires engendrée par l'ouvrage (cf. point A1)
- faisabilité de l'effacement / arasement de l'ouvrage (cf. point A2)
- impacts sur les flux d'espèces : expression de priorités pour les grands migrateurs (ou des espèces patrimoniales), et cloisonnement des populations piscicoles. (cf. point B).

De toute évidence, à l'instar de la trame verte, toute approche opérationnelle ultérieure demandera une analyse de faisabilité technique très précise.

Une logique de hiérarchisation des ouvrages présents au sein des lits mineurs à partir d'un indice simple et unique visant à exprimer l'ensemble des perturbations ou ruptures de continuités (physiques, faunistiques...) qui peuvent être engendrées par un ouvrage, paraît peu à même de fournir l'ensemble de ces éléments.

Les perturbations induites par tout ouvrage peuvent être décrites tant d'un point de vue physico-chimique, que par le barrage aux déplacements d'espèces piscicoles (cf. 4.2.1). Aussi, il est proposé d'établir une approche construite sur deux indices comparatifs :

- un indice de perturbation du milieu, pour mettre en évidence les ruptures des processus physiques, écologiques et physico-chimiques
- un indice d'obstacle au franchissement des espèces piscicoles, pour apprécier l'ensemble des ruptures de déplacements des organismes vivants dans l'hydrosystème.



Il est proposé d'utiliser la convention suivante : plus ces indices ont des valeurs élevées, plus la perturbation sur la continuité de l'écosystème fluvial est estimée importante. Une valeur 0 exprimerait *in fine* l'absence d'ouvrage et le rétablissement de la continuité.

Il s'agit de conserver la possibilité d'exprimer des niveaux de priorités selon des approches territoriales différentes (région ; bassin ; cours d'eau...).

○ **Ressources disponibles**

La présente méthodologie essaye de se baser en priorité sur les outils de descriptions disponibles ou en cours d'acquisition, des points de discontinuité.

Les principaux obstacles à l'écoulement des eaux situés dans le lit mineur (barrages, seuils, différents points durs...) font généralement l'objet de recensements (plus ou moins précis selon les opérateurs et les périodes de réalisation) dans des bases de données disponibles chez plusieurs acteurs en charge de la protection des milieux aquatiques et de la sécurité.

Cependant, les autres points de perturbations font rarement l'objet d'un recensement exhaustif, ou alors par des méthodes séparées visant à exprimer la qualité physique ou chimique d'un cours d'eau.

Application en Alsace

• **état des lieux sur les données existantes**

Différentes bases de données régionales assurent un recensement des ouvrages sur les cours d'eau d'Alsace. Toutes s'attachent à répertorier un certain nombre de points de description pour chaque ouvrage, notamment une estimation de la franchissabilité piscicole (généralement globale).

Elles restent cependant assez hétérogènes, et se différencient par :

- des gestionnaires / collecteurs de données différents (Fédérations pêche / ONEMA ; Parc Naturel Régional des Vosges du Nord ; SAUMON RHIN ; Office National des Forêts ; Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Conseils généraux) ;
- des logiques d'acquisitions des données différentes (Schéma Départemental à Vocation Piscicole (SDVP) ; études spécifiques sur certains sites Natura 2000 ; analyse de la qualité physique des cours d'eau ; études sur l'accessibilité des sites de reproduction par les grands migrateurs ; études menées dans les cadres des Schéma d'aménagement de gestion de l'eau et entretien des cours d'eau (SAGEECE) ;
- des territoires de recensement différents (forêts publiques de montagne de la Région du Rhin supérieur pour l'ONF ; région pour l'ONEMA ; hydrosystèmes particuliers pour le Parc Naturel Régional des Vosges du Nord) ;
- des niveaux de recensements différents (limités aux ouvrages hydrauliques sur les principaux cours d'eau pour l'ONEMA ; tous les obstacles artificiels sur l'ensemble des petits cours d'eau forestiers pour l'ONF ; ouvrages hydrauliques mais aussi étangs pour le Parc Naturel Régional des Vosges du Nord) ;
- des attributs des descriptions différents, plus ou moins précis et complexes, même si divers champs sont assimilables ;
- enfin, certaines données ont pour vocation d'être réactualisées et complétées régulièrement par le biais de campagnes d'analyse particulière ou de réactualisation courante (ONEMA/SDVP).

➤ *Tableau : bases descriptives d'ouvrages hydrauliques disponibles pour l'Alsace*

SECTEUR D'ETUDE	AUTEUR	DESCRIPTIF	DETAIL FRANCHISSABILITE PISCICOLE	NOMBRE OUVRAGES DECRITS (ALSACE)	dont % infranchissable ou jamais franchissable
Site Natura 2000 « Sauer et affluents »	PNRVN ¹⁴	surface et configuration étangs	non définie	71	Non renseigné
Site Natura 2000 « Sauer et affluents »	PNRVN	descriptions précises des paramètres de tous les ouvrages	définie pour chaque ouvrage à partir méthodologie PNRVN	203	52%
Site Natura 2000 « Moder et affluents »	PNRVN	surface et configuration étangs	renseignée pour chaque étang	502	51%
Site Natura 2000 « Moder et affluents »	PNRVN	descriptions simples types ouvrages	renseignée (critères : Oui/ Non)	435	51%
Grand Est	ONEMA (synthèse)	descriptions précises des paramètres de tous les ouvrages	renseignée (critères : J : jamais franchissable T : toujours franchissable P : uniquement qq espèce. NR (non renseigné))	1180	46%
Principaux affluents du Rhin	Saumon Rhin	descriptions précises paramètres tous ouvrages	renseignée (critères : Franchissable/ Plus ou Moins Franchissable / Infranchissable)	477	22% mais 63% à équiper (PMF)
Bassin Rhin Meuse	Agence de l'Eau Rhin Meuse	par tronçon : nb BARRAGES, nb SEUILS ; Franchissabilité	renseignée (critères : Passe ; Episodique ; Toujours Infranchissable)	Identification d'un nombre d'ouvrages par tronçon	?
Bas-Rhin	Fédération de pêche	SDVP15 en cours de réactualisation, diffusion 2009	critères : Franchissabilité : oui : non / hautes eaux (pour Grd Salmonidés Migrateurs, Truite fario, anguille, brochet?)	?	?
Bas-Rhin	CG 67	Connaissance d'après SAGE, données non digitalisées	En cours (critères : distinction montaison/ dévalaison ; Facile/ Difficile/ Impossible)	?	?
Massif Vosgien	ONF (Interreg)	en cours d'acquisition	renseignée (critères : Franchissable/ Difficilement franchissable/ Infranchissable)	2494	35%

Ces bases permettent de recenser aujourd'hui entre 2000 et 3000 obstacles de tous types (données à compiler), sur les quelques 8800 kilomètres de réseau hydrographique d'Alsace.

S'y ajoutent les usines hydroélectriques (10), barrages et seuils, construits sur le Rhin (bénéficiant de statuts très particuliers, le fleuve étant soumis à divers accords internationaux), dont la franchissabilité de certains conditionne l'accès à une large part des zones de reproduction du Rhin supérieur pour les poissons migrateurs. La construction des passes à poissons des usines de Iffezheim et de Gamsheim a permis de reconnecter des cours d'eau dont le potentiel en frayères représente environ 50% du potentiel en frayères du Rhin Supérieur et du Haut Rhin et la quasi-totalité du potentiel en frayères du bassin versant alsacien (hors Rhin).

¹⁴ Parc Naturel Régional des Vosges du Nord

¹⁵ Schéma départemental à Vocation piscicole

Sur les cours d'eau principaux, les seuils représentent les ouvrages répertoriés dominants (environ 80%).

➤ *Tableau : Nature des ouvrages principaux répertoriés par département (base ONEMA)*

Type d'ouvrage	Bas-Rhin	Haut-Rhin	Total
barrage	17	18	35
busage	3	3	6
clapet hydraulique	1		1
digue	57	31	88
écluse	8	8	16
microcentrale	16	49	65
seuil	412	529	941
seuil+busage	1		1
seuil+vannage	10	12	22
siphon		1	1
vannage	1	2	3
(vide)	1	1	2
Total	527	654	1181

L'absence de méthodes de recensement communes rend difficile l'exploitation aisée de toutes les ressources disponibles à une échelle régionale. Différents projets en cours sont à même d'améliorer cette situation :

- La standardisation des données sur l'eau en convenant un langage commun national Service d'Administration Nationale des Données et des Référentiels sur l'Eau (SANDRE 2007).

- La Mission Inter-Services de l'Eau (MISE Bas-Rhin) a fait le constat que les données concernant les ouvrages existants et leur état sont actuellement dispersées entre plusieurs acteurs et il n'existe pas de vision globale en Alsace. La MISE se propose donc de faire un point technique sur qui dispose de quelles données, comment on peut les mettre en commun et quelles sont les éventuelles lacunes. Ce travail doit permettre d'une part de préciser les priorités (et de faire converger les priorités migrateurs et SDVP avec celles inscrites au programme de mesure), d'autre part de préciser le coût du programme de mesures à l'échéance de 2015.

L'état actuel des ressources disponibles plaide pour :

- la concrétisation du processus d'harmonisation, homogénéisation, standardisation des données descriptives, agrégation des ressources dispersées sur l'eau, au sein d'une base descriptive globale des ouvrages (objectifs MISE)
- l'intégration exhaustive des points de discontinuité des flux écologiques (physiques, espèces), au-delà des descriptions techniques des ouvrages principaux, en les complétant par les principales notions d'aide à la décision telles que développées dans la présente méthodologie (cf. p 87)

○ A1 - Indice de perturbation du milieu physique : calcul de la valeur

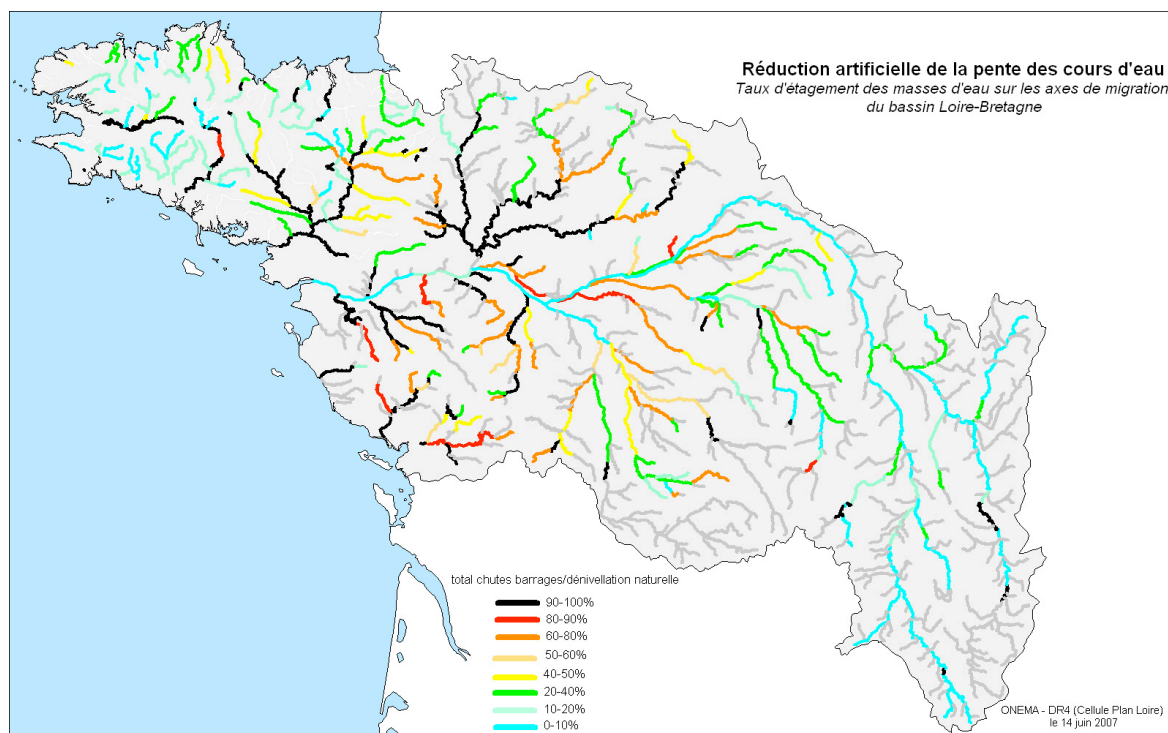
Les effets physiques engendrés par les ouvrages hydrauliques sont nombreux : perturbation des flux solides, colmatage amont ; modifications hydrologiques et des débits ; modifications physico-chimiques et modification des températures de l'eau...

Leur appréciation par des méthodes simples de recensement du terrain, est complexe, et, actuellement, n'est d'ailleurs pas renseignée dans les bases de données descriptives d'ouvrages.

Certaines méthodes descriptives existantes s'attachent cependant à analyser la dégradation des cours d'eau d'un point de vue physique et morphologique, et permettent d'évaluer très partiellement certains de ces impacts, tels le taux d'étagement ou l'évaluation de la qualité physique des cours d'eau.

Le taux d'étagement

Le taux d'étagement est un indice élaboré par l'ONEMA qui permet d'évaluer l'ensemble des dégradations des barrages sur un cours d'eau (in FNE, 2008). Il s'agit de faire la somme des hauteurs de barrages présents sur le cours d'eau et de la diviser ensuite par le dénivelé naturel du cours d'eau. On obtient ainsi la proportion de la pente qui est annulée par les barrages, où l'écoulement n'est plus libre. Appliqué au bassin Loire-Bretagne, les taux d'étagement constatés des bassins de la Vienne, du Cher, mais surtout de la Maine et de la Vilaine sont très élevés... entravant du même coup la remontée des migrateurs.



Cet indicateur reste mal cerné en terme de quantifications (difficulté d'obtenir une corrélation précise entre taux d'étagement et gain biologique obtenu sur les masses d'eau) et n'a pas été pour l'instant retenu aujourd'hui par la communauté scientifique pour caractériser le bon état d'une masse d'eau.

Qualité du milieu physique

Les bases qual_phy et mil_phy visent à évaluer la qualité du milieu physique des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse. Elles sont construites sur :

- le découpage des cours d'eau en tronçons homogènes
- la description des tronçons à l'aide de la fiche de terrain, suivi du traitement des données à l'aide du logiciel développé par l'Agence de l'Eau, qui aboutit à une notation des différents tronçons.

Les bases de données qui en découlent visent à produire ainsi un « *outil d'évaluation et d'aide à la décision*¹⁶ :

L'indice « Milieu Physique », tel qu'il a été conçu, permet d'évaluer la qualité du milieu de façon précise, objective et reproductible. Il fait référence au fonctionnement et à la dynamique naturelle du cours d'eau.

Cet outil est utilisable pour mettre en évidence, de façon globale, l'état du milieu physique sur un secteur et de préparer, le cas échéant, la programmation d'investigations plus détaillées sur le terrain.

L'indice milieu physique peut permettre de désigner les grands secteurs nécessitant une intervention prioritaire, en indiquant le groupe de paramètres pénalisant le fonctionnement naturel du cours d'eau. »

De nombreuses cartes peuvent être déclinées à partir de paramètres d'analyse précis (par exemple la modification des débits ou la perte d'inondabilité).

➤ *Exemples : Modification de l'inondabilité des cours d'eau d'Alsace ; Modification du débit des cours d'eau d'Alsace.*

➤ **ANNEXES CARTE15A & CARTE15B**

➤ *Exemple : carte du réseau hydrographique d'Alsace représenté en fonction de l'aménagement des berges*

➤ **ANNEXES CARTE10A**

L'indice globale d'évaluation du milieu physique, estimé à partir de l'ensemble des paramètres, offre ainsi un bon complément d'analyse aux méthodes d'évaluation de la qualité de l'eau par l'évaluation de la dégradation des habitats fluviaux.

➤ *Carte d'indice de la qualité du milieu physique des cours d'eau d'Alsace*

➤ **ANNEXES CARTE15A**

Mais ces données soulignent cependant davantage l'aménagement global des tronçons de rivières, et ne peuvent être corrélées directement et uniquement avec la seule présence d'ouvrages hydrauliques dans le lit mineur, (les tronçons homogènes analysés incluent, selon les cas, aucun, un ou plusieurs barrages), même si les effets induits par les différents ouvrages participent des effets observés.

Application en Alsace

L'estimation du taux d'étagement n'est pas disponible pour l'Alsace.

L'utilisation de l'évaluation de la qualité du milieu physique des cours d'eau permet d'avoir, à l'échelle de l'Alsace, un aperçu de certains types de perturbations (cf. cartes précédentes).

Différents essais visant à construire un indice de perturbation physique à partir des données descriptives de la base qualité du milieu physique des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse ont été réalisés, par exemple en corrélant :

- certains champs renseignés dans cette base, retenus comme les plus pertinents comme indicateurs des principaux effets de perturbation de la dynamique d'un cours d'eau engendrés par les obstacles à l'écoulement de l'eau transversaux.

¹⁶ http://www.eau2015-rhin-meuse.fr/fr/etat/methodes-procedures/annexe_06_05_a.php

Effet sur l'habitat	Indicateurs utilisables	Sources utilisables
perturbation des flux solides, colmatage amont	Dépôts colmatant sur le fond	QUALPHY dépôt sur le fond du lit
modifications hydrologiques et des débits	Variation de la vitesse du courant	QUALPHY perturbation des débits
Modifications physico-chimiques	Modification des températures	non disponible ou QUALPHY indice milieu physique
Disparition des frayères	Disparition des zones inondables	QUALPHY inondabilité

- les contextes piscicoles (coefficients permettant de pondérer les résultats)

	SALMONICOLE	INTERMEDIAIRE	CYPRINICOLE
Colmatage	2	1	0
Perturbation du débit	2	1	0
Note surfaces zone inondable	0	2	4

Les cartes réalisées n'ont cependant pas permis d'aboutir à des résultats pertinents.

Les recherches menées en Alsace à partir de données sources existantes montrent que pour juger de la perturbation sur les flux sédimentaires et hydrauliques, sur la morphodynamique du cours d'eau, il n'existe pas de données descriptives associées aux ouvrages facilement mobilisables pour caractériser l'ensemble des impacts sur les habitats.

Le taux d'étagement est une méthode d'analyse relativement facile à étendre à tous les bassins, et offre une première approche des perturbations générées par les ouvrages hydrauliques.

Des connaissances complémentaires sont donc nécessaires si l'on souhaite caractériser finement la perturbation de l'habitat engendré par les ouvrages hydrauliques, mais elles nécessitent un effort technique et financier très important d'acquisition d'informations. Ce niveau de connaissance offre principalement un intérêt dans la logique d'étude de faisabilité d'effacement d'ouvrages sur des cours d'eau importants.

○ **A2 - Indice de perturbation du milieu physique : faisabilité technique et juridique de l'effacement**

Lorsque se pose le problème de restauration ou de maintien de la libre circulation des espèces piscicoles, il convient en premier lieu de mener une réflexion sur l'utilité du seuil (Larinier, 2001).

Lorsque celle-ci n'est pas justifiée, la solution efficace pour restaurer la libre circulation du poisson est celle de son démantèlement ou de son ouverture partielle de telle sorte qu'il ne fasse plus obstacle à la migration du poisson. Cette option doit être systématiquement examinée, puisqu'elle permet non seulement d'assurer le passage de la totalité des espèces, mais aussi de libérer les surfaces productives situées en amont de l'obstacle par restauration de zones d'habitats courants.

Deux facteurs peuvent empêcher l'effacement ou l'arasement d'un ouvrage :

- existence de droits (droits d'eau, concessions, droits d'usage). Cette information n'est cependant pas si aisée à obtenir, beaucoup de droits étant anciens ;
- les risques générés par l'effacement de l'ouvrage. Un certain nombre de seuils ont été créés pour modérer la dynamique naturelle. Leur effacement peut rétablir partiellement celle-ci, avec les risques d'une reprise d'activité morphodynamique pouvant à terme déstabiliser des ouvrages ou points durs en aval.

Aussi est-il souhaitable d'associer au coefficient de perturbation du milieu une représentation indicative de la faisabilité de l'effacement qui permette d'exprimer ou de visualiser a minima :

- la faisabilité technique non étudiée
- la faisabilité technique étudiée, effacement / arasement impossible
- la faisabilité technique étudiée, effacement / arasement possible

Application en Alsace

En Alsace, il n'existe pas de recensement systématique des droits d'eau et d'usage.

La DDAF 67 dispose cependant (groupe de travail MISE 67 du 28 mai 2008) d'une liste partielle de ces informations, qui référence environ 60 installations hydrauliques pour le Bas-Rhin et qui reprend la commune de localisation, le Pk du barrage, le nom de l'exploitant, la puissance maximale brute, le régime, l'octroi et l'échéance.

Il est souhaitable d'avoir une vision globale pour juger du nombre d'ouvrages sur lesquels la faisabilité juridique de l'effacement est envisageable, et donc d'engager les études techniques et financières en conséquence.

Notamment, cette vision générale permet de privilégier des études techniques d'effacement coordonnées, portant sur des succession de barrages et seuils à l'échelle globale d'une rivière.

En priorité, si l'on souhaite réellement arriver à restaurer toutes les continuités pour les écosystèmes fluviaux, et donc privilégier l'effacement de tous les ouvrages « inutiles », il semble important de trouver les moyens d'assurer rapidement un recensement de l'ensemble des droits et risques propres à chaque ouvrage, au moins dans les bassins ou cours d'eau prioritaires, et d'associer ces éléments à la base descriptive générale des ouvrages hydrauliques (cf. ?)

○ B - Indice de franchissabilité des espèces piscicoles

Notion de franchissabilité piscicole

Au regard de la mobilisation pour le rétablissement des continuités piscicoles, l'estimation de la franchissabilité des ouvrages par les poissons est l'une des données recueillies en priorité par les collecteurs de bases de données descriptives d'ouvrages.

Cette notion n'est cependant pas si simple à appréhender sur le terrain. Les capacités de franchissement par les différentes espèces de poissons sont très variables. Certaines ont été bien étudiées (Anguille, Saumon, Truite...), et font l'objet d'une corrélation avec les principaux attributs de description d'un ouvrage (hauteur et type de chute, fosse d'appel...). Mais pour beaucoup d'espèces, des incertitudes demeurent.

Bien souvent, une espèce cible sert de référence pour donner une estimation globale de la franchissabilité d'un seuil ou d'un barrage. Celle-ci est différente en fonction du contexte piscicole (Truite pour la zone salmonicole, Brochet pour la zone cyprinicole par exemple).

Enfin, rappelons que la franchissabilité d'un ouvrage varie également dans le temps, en fonction des niveaux d'eau.

Exemples en Alsace

Ainsi, à l'exemple de l'Alsace, les bases de données d'ouvrages sont assez hétérogènes en ce qui concerne la précision donnée pour la franchissabilité piscicole.

Pour certaines bases de données, cette notion est estimée à dire d'observateurs experts (SDVP, AERM). Pour d'autres, cette notion est construite à partir d'un organigramme décisionnel basé sur les mesures de l'ouvrage (PNR des Vosges du Nord). Dans certains cas (Saumon-Rhin), la franchissabilité est appréhendée la plus précisément possible, mais avant tout pour une espèce repère (ici Saumon et Truite de Mer), et les résultats obtenus ne peuvent être généralisés à toutes les espèces de poissons, surtout si l'espèce repère est une espèce avec de forte capacité de franchissement.

➤ *Tableau : Variation des attributs de description de la franchissabilité dans les bases de descriptions d'ouvrages disponibles en Alsace*

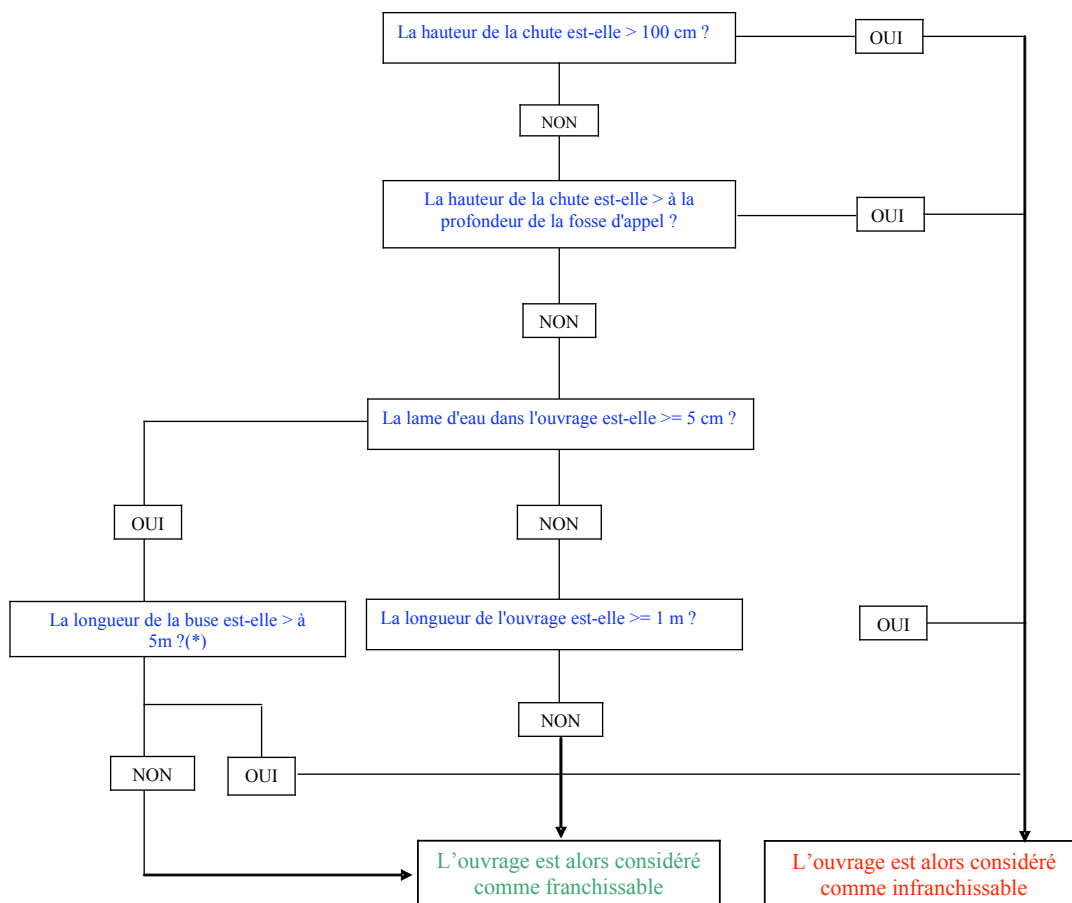
Saumon Rhin	ONEMA	PNRVN (site Natura 2000 Moder : étangs)	PNRVN (site Natura 2000 Moder : barrages)	PNRVN (site Natura 2000 Sauer: barrages)	ONF Interreg IIIa	CG 67 montaison et dévalaison	SDVP (4 espèces)
IF (infranchissable)	J (jamais)	impossible	Non	Infranchissable	Infranchissable	Impossible	non
PMF (part. franch.)	P (parfois)	moyenne			Difficilement franchissable	Difficile	
F/PMF (franch. / part. franch.)							
F (franchissable)	T (toujours)	bonne	Oui	franchissable	Franchissable	Facile	oui
	non renseigné	non renseigné	non renseigné	non évalué			Hautes eaux
		ne sait pas		ne sait pas			

➤ Grille d'évaluation de la franchissabilité établie par l'ONEMA pour 4 espèces : Saumon Atlantique, Truite commune, Brochet, et utilisée par l'Association Saumon Rhin.

➤ **ANNEXES :DOC8**

Critères d'appréciation des problèmes de franchissement amont de seuils et barrages utilisés par l'ONEMA			
	Modalité a : franchissable (F)	Modalité b : plus ou moins franchissable (PMF)	Modalité c : infranchissable (IF)
Saumon atlantique	(a1) hauteur max < ou = à 1,50 avec jet plongeant et fosse d'appel ou bien (a2) H<1,50 m et pan incliné, lame d'eau (éventuellement localisée) laminaire et suffisante (>= 15 cm) et de vitesse < 2m/s	Situations intermédiaires et/ou variables dans la période de migration amont (juin-décembre) en terme de hauteur de chute ou de nature d'écoulement.	(c1) H>1,50 m ou bien (c2) H<1,50 m et jet cassé ou (c3) fine lame d'eau sur toute la crête ne permettant pas la nage aux périodes de migration. Egalement, (c4) cas des rehausses cassant la régularité d'écoulement sur crête.
Truite commune	(a1) hauteur max < ou = à 0,60 avec jet plongeant et fosse d'appel ou bien (a2) H<0,60 m et pan incliné, avec lame d'eau laminaire et suffisante (>= 5 cm), de vitesse < 1m/s ou bien (a3) H<= 2 m et écoulements rugueux présentant des zones de courant ralenti (pente < 30%)	Situations intermédiaires et/ou variables dans la fenêtre de migration amont (octobre-décembre) en terme de hauteur de chute ou de nature d'écoulement. La hauteur de chute peut excéder 0,6 m mais avec un type d'écoulement moins adapté qu'en a2	(c1) H>0,60 m (hors enrochements secs à écoulement rugueux) ou bien (c2) H<0,60 m et jet cassé ou fine lame d'eau sur tte la crête ne permettant pas la nage aux périodes de migration. Egalement, (c3) tous seuils avec des rehausses cassant la régularité d'écoulement sur crête des déversoirs
Brochet	(a1) chute à jet plongeant < 0,20 m ou bien (a2) chute avec jet de surface, H<0,40 m et vitesse <1 m/s lors des périodes de montaison (décembre-mars)	Situations intermédiaires et/ou variables dans la fenêtre de migration amont en terme de hauteur de chute ou de nature d'écoulement	(c1) chute > 0,20 m à jet plongeant ou bien (c2) à jet de surface avec H>0,40 m et vitesse>1 m/s ou bien (c3) écoulements turbulents (seuils en enrochements secs) lors des périodes de migration (décembre-mars)
Anguille	(a1) absence de chute à jet plongeant : jets de surface à vitesse < 1m/s et chute <0,30 m ou bien (a2) écoulements plus ou moins turbulents sur macro-rugosité créant des zones de moindre vitesse. Période de migration amont prise en compte : mai-juillet	Situations intermédiaires et/ou variables dans la fenêtre de migration amont (mai-juillet) en terme de hauteur de chute ou de nature d'écoulement	(c1) chute à jet plongeant ou bien (c2) jets de surface à vitesse > 1m/s et/ou chute >0,30 m ou bien (c3) écoulements excessivement turbulents malgré la présence de macro-rugosité susceptibles de créer des zones de ralentissement, dans la fenêtre de mai à juillet

➤ Grille d'évaluation de la franchissabilité en tête de bassin (Parc Naturel Régional des Vosges du Nord), utilisée par le Parc Naturel Régional des Vosges du Nord et l'Office National des Forêts.



* : Pour la longueur, seules les buses sont concernées. Pour les autres ouvrages, il suffit que la lame d'eau dans l'ouvrage soit \geq à 5 cm pour qu'il soit considéré comme franchissable.

L'hétérogénéité des bases, et notamment de la description de la franchissabilité, constitue la principale difficulté à une analyse fine des informations. Dès lors qu'il s'agit d'apporter des précisions sur une espèce (bénéficiant d'un plan de préservation particulier par exemple), il convient alors de réaliser une nouvelle analyse de franchissabilité à partir d'un organigramme décisionnel approprié (à l'instar de ce qui va être réalisé prochainement dans les zones prioritaires à Anguille, à partir d'un protocole national). Mais cela nécessite un travail de terrain important, à reconduire à chaque nouvel objectif.

➤ *Grille d'expertise ONEMA de la franchissabilité des ouvrages hydrauliques transversaux pour l'anguille dans le sens de la montaison (STEINBACH, 2006). cf. DOC9*

Nom de l'ouvrage :		Cours d'eau :		N° :	
Données générales					
Commune rive droite :					
Commune rive gauche :					
Coordonnées X :		Y :			
Pk :		Département :			
Type d'ouvrage principal :					
Type d'ouvrages complémentaires :					
Ancien moulin :		Usage économique actuel :			
Etat de l'ouvrage :					
Dénivelé à l'étiage :		Cote seuil :			
Longueur barrage :		Largeur cours d'eau :			
Passe à poissons :					
Année de mise en service :		ouvrage :		passe :	
Propriétaire :		Ancienne braie :			
Observations :					
Diagnostic franchissabilité (Anguille)					
Date :					
Avis d'expert classe : <input type="checkbox"/> (ANG) Observateur :					
avis complémentaire SAT : ALA : LPM :					
Critère	Contribution/réduction d'impact				Score
Hauteur chute	$\leq 0.5m$				+1
	$\leq 1m$				+2
	$\leq 2m$				+3
	$> 2m$				+4
Profil	Partie verticale $\geq 5H/1L$ et/ou rupture de pente très marquée				+1
	Partie très pentue $5H/1L$ à $3H/2L$ et/ou rupture de pente marquée				+0.5
	Face aval inclinée $1H/1L$ à $1H/4L$				-0.5
	Face aval en pente très douce $\leq 1H/4L$				-1
Rugosité	Matériaux étanche et lisse				+1
	Parement aval rugueux (jointoiement creux, mousses)				-0.5
	Parement aval très rugueux (enroché, végétalisé ou dépareillé)				-1
Effet berge	Pendage latéral favorable				-0.5
Diversité	Existence d'une voie plus facile, potentielle				-0.5
	Existence d'une voie plus facile, effective				-1
Observations					Total :

Pour affiner les données de franchissabilité et les homogénéiser, il semble logique de poursuivre les travaux engagés pour fonder une base descriptive globale d'obstacles à l'écoulement unique (ou à tout le moins, proposer une liste de champs descriptifs identiques à utiliser par les différents organismes collecteurs), et pour s'assurer une description physique des ouvrages hydrauliques suffisamment précise (en nombre de champs, et nombre de variables associées, ainsi que pour chaque niveau d'eau). Cela permettrait d'obtenir des estimations de franchissabilité pour différentes espèces *a posteriori*, selon des méthodes d'analyse à préciser, mais sans nécessité de répéter systématiquement des expertises de terrain.

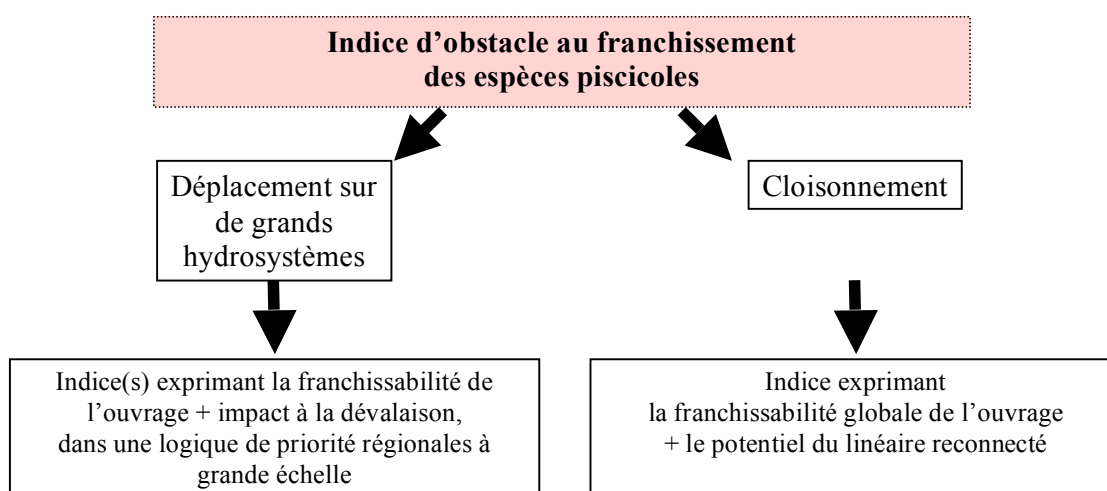
L'utilisation de protocoles précis pour estimer la franchissabilité de certaines espèces cibles en particulier peut se justifier pour affiner les connaissances sur certaines espèces menacées.

L'analyse extrêmement fine de la franchissabilité piscicole reste cependant d'un effet limité. Le plus souvent, seule la construction d'un ouvrage spécifique (passe à poissons, échelle à poissons, rivière de contournement...) est à même d'assurer le franchissement. Or, dans ce cas, au regard des coûts engagés, il est obligatoire que l'ouvrage de franchissement réalisé permette le passage de toutes les espèces piscicoles, et même s'assure de la réalisation d'équipements complémentaires pour les mammifères subaquatiques si besoin est.

A l'échelle d'une réflexion sur la restauration des continuités piscicoles, un protocole commun permettant d'appréhender une notion de franchissabilité globale d'un ouvrage, de manière homogène pour tous les ouvrages, semble alors amplement suffisant.

Cependant, dans le cas d'ouvrages hydrauliques modulables ou de centrales, il est possible qu'une analyse spécifique pour une espèce prioritaire permette d'envisager des solutions temporaires lors des pics de migration (montaison ou dévalaison) annuels de l'espèce considérée : maintien d'écluse ouverte, arrêt du turbinage, abaissement du niveau du seuil..., en attendant de trouver une solution pérenne.

Calcul de la valeur de l'indice d'obstacle au franchissement des espèces piscicoles



Principe

Nombre dont la valeur totale vise à exprimer l'impact sur la continuité piscicole généré par un ouvrage.

Plus sa valeur est élevée, plus l'impact de l'ouvrage sur les populations piscicoles est fort (0 exprimant un ouvrage en tout temps franchissable par toutes espèces).

Cet indice vise à exprimer chacune des notions suivantes :

- la franchissabilité globale
- la situation prioritaire de l'ouvrage (rivières prioritaires pour rétablir la libre circulation des grands migrateurs, ou localement la conservation d'une espèce reconnue comme patrimoniale)
- l'impact à la dévalaison
- l'impact sur le cloisonnement des populations locales (potentiel du linéaire reconnecté)

Prise en compte d'espèces prioritaires

L'infranchissabilité d'un ouvrage hydraulique par la piscifaune est l'une des notions principales à exprimer pour définir des priorités d'action en faveur du rétablissement de la continuité piscicole.

Il semble cependant nécessaire d'exprimer plus que la seule expression de la franchissabilité globale d'un ouvrage, en faisant apparaître les priorités régionales ou nationales validées par différentes politiques, en premier lieu pour les espèces migrantes sur de grands hydrosystèmes, pour lesquelles la libre circulation doit être assurée.

Il est proposé d'exprimer la franchissabilité d'espèces bénéficiant d'une priorité régionale de manière complémentaire, pour tous les ouvrages présents sur les bassins ou cours d'eau définis comme spécifiques à l'espèce prioritaire considérée.

Le nombre d'espèces prioritaires à prendre en considération peut varier selon les régions ou les bassins concernés. La valeur globale de l'indice d'obstacle au franchissement des espèces est donc exprimée par un nombre à N+1 chiffres selon un nombre N d'espèces prioritaires étudiées. La valeur du chiffre de droite exprime toujours une analyse de la franchissabilité globale de l'ouvrage, et doit être exprimée pour chaque ouvrage. Les autres valeurs expriment la franchissabilité d'un ouvrage pour l'espèce cible considérée, et ne sont définies que pour les ouvrages situés en zone prioritaire.

Valeur franchissabilité espèce prioritaire 1	Valeur franchissabilité espèce prioritaire 2	...	Valeur franchissabilité toutes espèces
--	--	-----	--

Quelle que soit la situation de l'ouvrage, l'estimation de la franchissabilité « générale » reste donc comparable d'un ouvrage à l'autre.

Application en Alsace

Les priorités en Alsace ont été validées en Comité de gestion des poissons migrateurs (COGEPOMI) en juin 2008 et cartographiées par la DIREN-Alsace.

➤ *Cours d'eau d'Alsace (hors Rhin) désignés pour la conservation d'espèces prioritaires - Priorités à l'échéance 2015.*

➤ ANNEXES CARTE14

En Alsace, 2 (catégories d')espèces migratrices sont considérées comme prioritaires.

- les grands salmonidés (Saumon / Truite de mer).

Suite à l'accident chimique de Bâle en 1986 (accident Sandoz), les différents Etats riverains du Rhin ont chargé la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) de mettre en oeuvre un programme pour restaurer la qualité des eaux du Rhin. Dès 1987, l'un des objectifs envisagés est le retour de poissons disparus du fleuve, dont le Saumon, emblématique du cortège de poissons migrateurs anadromes.

Parallèlement à l'alevinage de l'espèce, diverses études ont conduit à définir les zones de reproduction les plus potentielles (biologiquement, et selon un rapport coût / efficacité) pour lesquelles il conviendra d'assurer la libre circulation, tant pour les rivières d'Alsace (SCHULTZ, 2006) que sur le Rhin (STUCKY, 2006).

- l'Anguille (plan de gestion national anguille).

Le règlement européen R(CE) n°1100/2007 du 18 septembre 2007, publié au Journal officiel de l'Union européenne du 22 septembre 2007 institue des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes. L'établissement de ce plan de gestion de l'anguille sera réalisé pour le 31 décembre 2008. On suggère ainsi pour être en conformité avec le COGEPOMI de tenir rigueur de leurs travaux. La réalisation des cartes d'établissement des cours d'eau prioritaires est à la charge de la DIREN.

A noter que l'objectif de sauvegarde de l'Anguille à long terme (2050) de ces plans de gestion est d'atteindre un taux d'échappement des géniteurs équivalent à 40% de la biomasse « pristine » (état naturel sans pression anthropique impactant le stock). C'est une information là aussi non négligeable.

De façon similaire, l'article L214-17 du code de l'environnement prévoit que l'autorité administrative établisse pour chaque bassin ou sous-bassin :

« Une liste de cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux parmi ceux qui sont en très bon état écologique ou identifiés par les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux comme jouant le rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau d'un bassin versant ou dans lesquels une protection complète des poissons migrateurs vivant alternativement en eau douce et en eau salée est nécessaire, sur lesquels aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique ».

Valeur de l'indice de franchissabilité

La franchissabilité, qu'elle soit estimée globalement ou spécifiquement, doit être exprimée par des échelles de valeurs similaires, pour permettre la comparaison d'un ouvrage à l'autre. Plusieurs possibilités peuvent être retenues :

- Par défaut, il est proposé de s'appuyer sur une échelle de valeur la plus simple, qui a l'avantage d'être facilement adaptable avec les critères de franchissabilité les plus souvent disponibles dans les bases de descriptions d'ouvrages.

- ouvrage infranchissable : 2
- ouvrage parfois franchissable : 1
- ouvrage franchissable : 0

- Mais, l'existence d'un niveau d'analyse plus précis, sous réserve qu'il ait été appliqué à tous les ouvrages considérés, peut servir d'échelle comparative, à l'exemple de l'échelle de classification en 6 classes retenue pour toutes les espèces migratrices dans l'*actualisation du contrat retour aux sources du bassin de la Loire* et proposé pour l'Anguille au plan national (STEINBACH, 2006).

➤ ANNEXES DOC9

classe	appréciation	(équivalence avec dispositif de franchissement)
0	absence d'obstacle (ruiné, effacé ou sans impact)	
1	franchissable sans difficulté apparente (libre circulation assurée à tout niveau de débit)	(dispositif de franchissement efficace)
2	franchissable mais avec risque d'impact (retard ou blocage en conditions hydroclimatiques limitantes)	(dispositif de franchissement relativement efficace, mais insuffisant pour éviter des risques d'impact)
3	difficilement franchissable (impact important en conditions moyennes)	(dispositif de franchissement insuffisant)
4	très difficilement franchissable (passage possible seulement en conditions exceptionnelles)	(dispositif de franchissement très insuffisant)
5	Infranchissable (passage impossible y compris en conditions exceptionnelles)	

Expertise des obstacles à la libre circulation de l'anguille – note méthodologique – P. Steinbach le 16/11/06 3

- Concernant la franchissabilité globale (chiffre de droite), il peut être alors localement être intéressant de développer aussi une échelle de classification plus précise, construite sur la base de deux espèces cibles différentes, l'une avec des capacités de franchissement élevées (espèce A), la seconde avec des capacités de franchissement faibles (espèce B). Les espèces cibles sont alors à définir en fonction des espèces présentes dans chaque région ou bassin hydrographique d'une part, en fonction des zonations piscicoles d'autre part.

Franchissabilité (générale)	Valeur indice
Infranchissable toutes espèces	2
Parfois franchissable A, infranchissable B	1,5
Franchissable A, infranchissable B	1
Franchissable A, parfois franchissable B	0,5
Franchissable toutes espèces	0

En effet, il existe parfois des différences significatives dans le choix d'espèces repères pour estimer la franchissabilité globale telle que généralement présente dans les bases de descriptions d'ouvrages :

- dans les zones cyprinicoles, le Brochet sert généralement d'espèce cible pour évaluer la franchissabilité. Avec de faible capacité de franchissement, il est alors un assez bon indicateur de la franchissabilité globale (toutes espèces) d'un ouvrage hydraulique.

- par contre, dans les zones salmonicoles, la Truite sert généralement d'espèce cible pour évaluer la franchissabilité. La franchissabilité pour certaines espèces avec une moindre capacité de franchissement (Lamproies, Chabots...) est alors peu évaluée, ce qui peut biaiser l'analyse de la franchissabilité globale.

L'utilisation d'une valeur décimale permet alors d'ajouter un niveau d'information supplémentaire, tout en conservant une valeur entière comparative (0, 1, 2) dans l'optique de l'échelle simplifiée précédente.

Ceci étant, il est peut-être plus aisé d'opter pour un choix d'espèces repères à faible capacité de franchissement pour toutes les zonations piscicoles, afin d'établir une valeur de l'indice de franchissement de l'obstacle qui soit représentative de la majorité des espèces, à l'exemple du Brochet. Dans ce cas, l'échelle de valeur la plus simple (0, 1, 2) proposée précédemment est suffisante.

Il reste que la validation nationale de protocoles d'évaluation de la franchissabilité communs participerait à l'homogénéisation de bases de données synthétiques, et est nécessaire pour assurer une comparaison entre tous les ouvrages.

Impact à la dévalaison

L'impact à la dévalaison est estimé fort dans certains cas, en premier lieu dans les ouvrages turbinés, notamment sur les populations d'anguilles.

Il serait souhaitable que les experts valident également une grille d'évaluation des impacts de manière à identifier un seuil d'impacts au-delà duquel ceux-ci sont considérés comme suffisants pour nécessiter l'analyse de mesures adéquates.

L'expression de l'impact à la dévalaison peut alors être aisément exprimée, par exemple par une valeur d'indice rendue négative ($\times -1$) pour tous les ouvrages à risques identifiés, qui permet de conserver la valeur absolue de l'indice de perturbation physique comme valeur de comparaison.

Cloisonnement et potentiel d'habitats

Si la logique de continuité de l'écosystème rivière plaide en faveur de la réalisation effective de mesures de réduction d'impacts sur tous les ouvrages présents sur un cours d'eau, sans exception, il peut être utile d'essayer d'exprimer l'intérêt d'assurer la reconnexion de deux linéaires, donc de l'effacement / équipement d'un ouvrage pris isolément. Dans le cas de bassins hors des priorités définies pour la libre circulation des grands migrateurs par exemple, cela peut permettre de garantir l'accès à des sites de reproduction pour une population piscicole locale, ou encore le maintien d'un habitat couvrant un linéaire suffisant pour la conservation d'une population viable.

Il s'agit donc d'exprimer des priorités de reconnexion dans le cas d'une analyse ouvrage par ouvrage sur un même bassin ou cours d'eau.

Plusieurs éléments doivent entrer en ligne de compte : facteur limitant (mauvais état biologique de l'habitat reconnecté), méthode d'estimation du potentiel significatif de la reconnexion en fonction des contextes piscicoles (à définir).

Facteur limitant : état biologique de l'habitat reconnecté

Rappelons que « *la restauration hydromorphologique d'un cours d'eau, même ambitieuse et bien réalisée, peut se révéler infructueuse si subsistent, à l'échelle plus globale du bassin versant, des dysfonctionnements fortement perturbants* (ADAM, DEBIAIS & MALAVOI, 2007) :

- *Forte quantité de matières en suspension générées par l'érosion de sols agricoles et pouvant colmater durablement les fonds alluviaux des cours d'eau ;*
- *Faiblesse des débits d'étiage due à un drainage extrême des terrains, à des ouvrages de dérivation ou de rétention ;*
- *Mauvaise qualité d'eau, etc. »*

Méthodes possibles d'estimation du seuil de potentiel significatif de la reconnexion en fonction des contextes piscicoles

- Contexte piscicole

Les éléments les plus favorables à la reconnexion pourront être considérés comme différents selon les contextes piscicoles, pour schématiser qu'ils soient.

Ainsi, en zone salmonicole, le nombre d'affluents reconnectés (site de pontes des truites) offre un indice intéressant à étudier.

En zone cyprinicole, la valeur d'intérêt serait plutôt proportionnelle à la longueur de linéaire total reconnecté, ou encore au nombre d'annexes hydrauliques et zones inondables rendues accessibles après effacement de l'ouvrage.

- Rapport linéaire restauré / largeur du cours d'eau

L'ONF (direction territoriale Alsace) a utilisé une méthodologie d'évaluation du linéaire déconnecté par le biais de l'utilisation du logiciel RIVEX dans le cadre d'un programme INTERREG « Optimisation du rôle de la forêt dans la protection des petits cours d'eau et des zones humides ». Il s'agit d'une estimation réalisée en comparant le linéaire de cours d'eau situé à l'amont des ouvrages infranchissables situés le plus à l'aval sur le réseau étudié comparativement au linéaire total. La proportion de linéaire déconnecté par cette méthodologie s'élève à 80 % du linéaire total. Ce chiffre est une traduction du haut degré de fragmentation des hydrosystèmes par des petits ouvrages.

Une autre méthodologie d'évaluation de la pertinence de reconnexion d'un cours d'eau est décrite par DUFOUR & PIEGAY (2004). Elle propose lors d'une opération de restauration de cours d'eau d'évaluer la pertinence du projet sur la base de la proportionnalité linéaire restauré/ largeur du cours d'eau :

- **Linéaire inférieur à environ 20 fois la largeur** : effet généralement uniquement local. Opération qui peut avoir éventuellement un intérêt en traversée urbaine couplé à un objectif paysager ; peut se justifier aussi pour des opérations pilotes destinées à devenir des « vitrines » locales de ce qui peut se faire en matière de restauration (objectif de sensibilisation) ; peut se justifier enfin pour la restauration d'un habitat particulier d'une espèce patrimoniale (zone de reproduction notamment), qui peut se traduire par un effet positif bien au-delà du simple secteur restauré ;

- **Linéaire compris entre 20 et 100 fois la largeur du cours d'eau** : l'effet reste local mais on se rapproche de dimensions pertinentes à l'échelle d'un tronçon de cours d'eau ;
- **Linéaire supérieur à 100 fois la largeur** : on atteint des dimensions significatives vis-à-vis de la restauration de tronçons de cours d'eau.

- Longueur de la ligne de berge

La longueur de la ligne de berge sert d'indicateur du degré de connectivité latérale. Plus la ligne de berge est longue, plus les connexions entre les cours d'eau et le milieu terrestre environnant sont intenses. Dans les cours d'eau naturels, la ligne de berge peut atteindre 25 km par kilomètre du cours d'eau et les habitats à proximité des berges restent abondants malgré la forte fluctuation du niveau de l'eau. Dans les tronçons canalisés, la ligne de berge n'atteint plus que 2 km par kilomètre du cours d'eau. En tant qu'indicateur, la longueur de la ligne de berge présente l'avantage d'être mesurable aussi bien dans les petites que dans les grandes rivières et de réagir de manière très différenciée aux modifications hydrologiques et morphologiques. (KLEMENT & TOCKNER, 2006)

Le choix de la méthode la plus pertinente pour exprimer un seuil d'intérêt du linéaire à reconnecter en termes de potentialité d'habitat, en fonction du contexte piscicole ou du type de cours d'eau, reste à expérimenter à grande échelle.

De manière simplifiée, il semble préférable de s'arrêter à une seule valeur seuil servant d'étalon de mesure, au-delà de laquelle l'opération de restauration de la continuité piscicole est considérée comme pertinente.

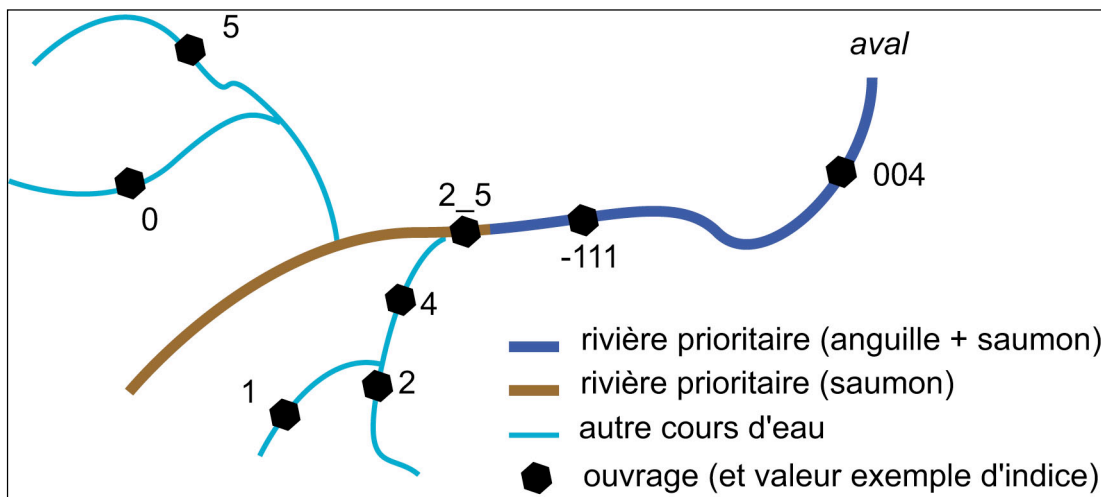
Le seuil d'intérêt une fois défini, il pourrait facilement être visualisé simplement par l'addition d'une valeur (+3) à l'indice de franchissabilité globale, permettant de caractériser les ouvrages barrant l'accès à un linéaire d'intérêt à l'échelon piscicole.

*A noter : sur un cours d'eau prioritaire, le linéaire qui pourrait être reconnecté **immédiatement en amont** de l'ouvrage analysé n'offre pas obligatoirement de potentialité d'habitat suffisante pour justifier systématiquement l'addition de la valeur (+3).*

Exemples (voir dessin ci-dessous) :

Valeurs des indices de franchissabilité calculées pour 7 ouvrages (échelle de valeur simple : 0, 1, 2) dans un même bassin versant (dans une région avec 2 espèces prioritaires identifiées) :

- 004 (ouvrage avec franchissabilité globale partielle mais franchissable pour les 2 espèces prioritaires, présent sur un cours d'eau prioritaire (2 espèces) à l'échelle régionale)
- - 111 (ouvrage turbiné (valeur négative) avec franchissabilité partielle pour toutes les espèces, présent sur un cours d'eau prioritaire à l'échelle régionale ; le linéaire en amont de l'ouvrage est de faible intérêt biologique rapporté à un échelon local)
- 2_5 (ouvrage infranchissable par toutes les espèces, présent sur un cours d'eau prioritaire pour l'espèce prioritaire 1 à l'échelle régionale, limitant l'accès à une zone d'intérêt biologique)
- 5 (ouvrage infranchissable, hors cours d'eau prioritaire, limitant l'accès à une zone d'intérêt biologique (2+3=5))
- 4 (ouvrage partiellement franchissable, hors cours d'eau prioritaire, limitant l'accès à une zone d'intérêt biologique (1+3=4))
- 2 (ouvrage infranchissable, hors cours d'eau prioritaire)
- 1 (ouvrage partiellement franchissable, hors cours d'eau prioritaire)
- 0 (ouvrage franchissable, hors cours d'eau prioritaire)



A une échelle du bassin, la valeur absolue de l'indice de comparaison entre deux ouvrages indiquera toujours la priorité la plus élevée : $2_5 > 111 > 5 > 004 > 4 > 2 > 1 > 0$

A une échelle comparative simple, ne prenant en compte que l'analyse de la franchissabilité globale : $2 > 1 > 0$ (soit $2_5 \approx 5 \approx 2 > 004 \approx 4 \approx 111 \approx 1 > 0$) indiquerait un ordre de priorisation différent et moins hiérarchisé.

Représentation possible de l'indice global

- par barre d'analyse :

Priorité espèce 1		Priorité espèce 2		Toutes espèces	
2	infranchissable	2	Infranchissable	2	Infranchissable (toute espèce)
1	parfois franchissable	1	parfois franchissable	1,5	difficilement franchissable
0	franchissable	0	Franchissable	1	partiellement franchissable
–	zones non prioritaires	–	zones non prioritaires	0,5	partiellement franchissable
	pas de données		pas de données	0	franchissable (toute espèce)
			ouvrages critiques à la dévalaison	+3	« Valeur décroissement » si seuil de pertinence dépassé et valeur franchissabilité différente de 0

- par disque « fragmenté » :

La représentation par disque fragmenté (chaque fragment correspondant à une espèce prioritaire) proposée par BRETEAUD et al, (2008¹⁷, Etude sur la fragmentation des habitats par les infrastructures de transport en Basse-Normandie) offre de multiples possibilités.

Légende

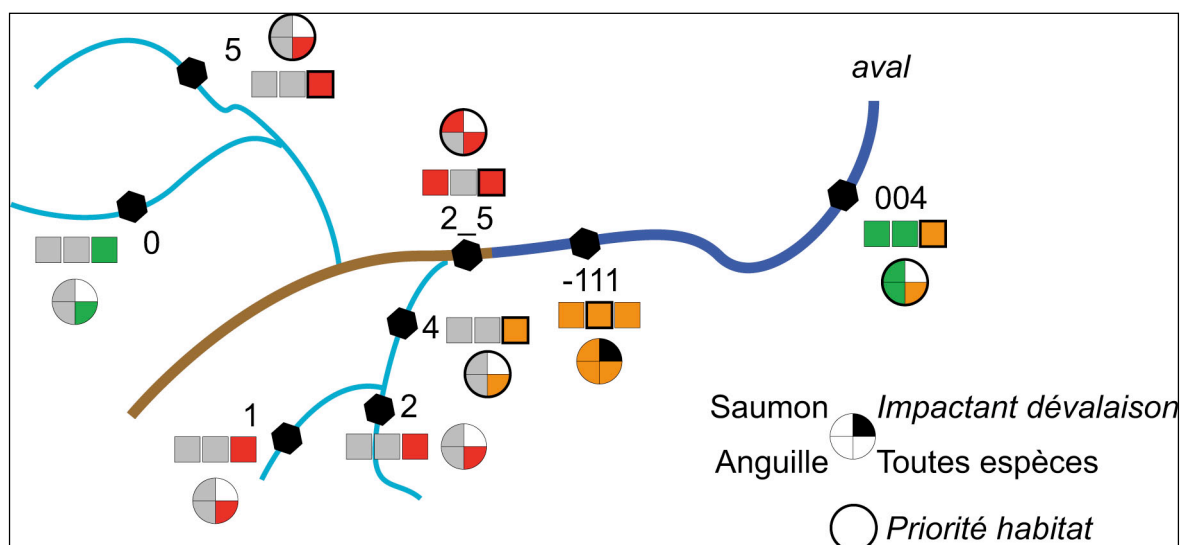
Remontées actuelles



Remontées potentielles



- Exemples de représentation sur la base de l'exemple précédent



¹⁷ www.setra.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Etude_de_la_fragmentation-2.pdf

Application en Alsace

Selon la méthodologie proposée précédemment, Saumon et Anguille ont donc été proposés comme espèces prioritaires 1 et 2, à décliner dans l'indice complet d'évaluation de la franchissabilité.

- **indice de franchissabilité**

L'association Saumon-Rhin a établi une estimation de la franchissabilité des ouvrages spécifiques pour le Saumon sur les principales rivières potentielles pour l'espèce, à partir du protocole de franchissabilité utilisé par l'ONEMA. Quelques rivières sont en cours d'analyse. Précisons que l'analyse couvre des rivières qui n'ont pas été désignées comme prioritaires (coût / efficacité jugé trop élevé, en regard du nombre d'ouvrages existants).

➤ *Franchissabilité piscicole des obstacles à l'écoulement d'origine anthropique recensés dans les lits mineurs des cours d'eau prioritaires pour les salmonidés grands migrants en Alsace.*

➤ **ANNEXES CARTE16C**

L'estimation de la franchissabilité des ouvrages pour l'Anguille n'est pas disponible, mais devrait être réalisée d'ici 1 à 2 ans par l'ONEMA, sur les cours d'eau prioritaires, à partir du protocole national Steinbach (2006).

Une estimation globale de la franchissabilité est disponible dans toutes les différentes bases de description d'ouvrages, même si les méthodes d'appréciation diffèrent. Elle permet d'établir une carte générale.

➤ *Franchissabilité piscicole des obstacles à l'écoulement d'origine anthropique recensés dans les lits mineurs des cours d'eau d'Alsace.*

➤ **ANNEXES CARTE16A & CARTE16B**

NB : l'inventaire sur les petits cours d'eau forestiers (ONF, 2006) n'a pas été représenté, pour des raisons d'échelle.

Une carte reprenant pour chaque barrage les valeurs d'indice de franchissabilité complètes, tel que proposé dans la méthodologie, devrait donc pouvoir être réalisée dès les évaluations complètes Saumon – anguille effectuées.

Dévalaison

Aucune estimation précise de l'impact à la dévalaison n'est disponible. EDF s'est engagée à quantifier in situ les mortalités des anguilles pour les aménagements du Rhin Supérieur¹⁸.

En dehors des usines hydroélectriques présentes sur le Rhin, quelques principaux ouvrages turbinés sont néanmoins identifiés sur le bassin de l'Ill (plan de gestion anguille).

Mammifères

Aucune estimation précise de la franchissabilité des ouvrages n'est disponible. Quelques analyses ponctuelles ont été réalisées sur des sites particuliers, à l'instar de *l'Etude de la continuité écologique de la Bande Rhénane pour les mammifères subaquatiques* (GEPMA, 2004), qui identifie 15 points de blocages, dont dix importants sur le secteur de la Communauté Urbaine de Strasbourg.

¹⁸ cf fiche n°16 "Evaluation in situ des mortalités dans certaines turbines de grande taille" de l'Accord-cadre ONEMA - EDF, Producteurs électricité « Accord cadre de collaboration de recherche et développement » en cours de signature entre l'ONEMA et plusieurs producteurs hydroélectriques.

➤ *Réalisation d'une rivière de contournement sur la Bruche (Molsheim, Bas-Rhin). Ce type d'aménagement se révèle être le plus efficace, aussi bien pour la faune piscicole que pour les mammifères semi-aquatiques (photo : J-Christophe RUEZ Communauté de Communes de la région de MOLSHEIM-MUTZIG)*



4.4 Les mesures d'atténuation d'impacts

4.4.1 Principes généraux

L'effacement d'un ouvrage hydraulique est la solution la plus efficace pour permettre la restauration de la continuité écologique, et permet d'avancer vers les objectifs de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau.

Cette solution n'est généralement possible que lorsque l'ouvrage n'assure pas un usage d'intérêt général (eau potable, loisir important, soutien d'étiage...). Et même dans ce cas, la défense d'intérêts particuliers ou privés, la réticence des maîtres d'ouvrage et la difficulté à trouver des financements rendent difficile tout projet.

La solution d'effacement partiel d'un ouvrage est considérée comme « *très peu utilisée en France à l'heure actuelle, est techniquement plus facile et socialement mieux acceptée que sa démolition, et est aussi généralement biologiquement beaucoup plus efficace que la construction d'un dispositif de franchissement* ».

Enfin, à défaut de pouvoir assurer la disparition d'un seuil (dérasement), on peut étudier la possibilité d'en réduire considérablement la hauteur (arasement).

L'aménagement d'un dispositif de franchissement sur un ouvrage existant n'a qu'une efficacité partielle et n'est qu'une mesure d'atténuation. Elle reste indispensable si aucune des solutions précédentes n'a pu être mise en œuvre.

L'ouvrage de franchissement doit être envisagé de manière à permettre le passage de toutes les espèces piscicoles. D'autre part, il doit faire l'objet d'un suivi, l'efficacité de certaines réalisations pouvant s'amoindrir par manque d'entretien.

Son efficacité dépendra également des différentes techniques envisageables en fonction de la configuration du site à équiper. Si cette dernière le permet, la création d'une rivière de contournement est l'un des moyens les plus efficaces et naturels de restaurer la continuité.

4.4.2 Catalogue des situations

○ Dispositifs de franchissement pour les espèces piscicoles

Nous renvoyons aux différents guides de références sur les dispositifs de franchissement pour les espèces piscicoles à la montaison ou à la dévalaison. Parmi ceux-ci, citons :

LARINIER M., COURRET D., GOMEZ P., 2006, Guide technique pour la conception des passes naturelles, GHAPPE RA 06.05 VI.

LARINIER M., CROZE O., 2001, Libre circulation des poissons migrateurs et seuils en rivière. Guide technique n° 4, SDAGE Bassin Rhône-Méditerranée-Corse.

LARINIER M., PORCHER J.-P., TRAVADE F. ET GOSSET C., 2000, Passes à poissons; expertise, conception des ouvrages de franchissement, CSP. Collection « Mise au point ».

Le tableau suivant synthétise quelques principaux systèmes existants :

➤ **Tableau : principaux types d'ouvrages de franchissement d'obstacle hydraulique utilisables**

Grands types de passes	Principe	Sous type	Conception	Particularités	Avantages	Inconvénients
Passes à bassins successifs	Le principe de base consiste à diviser la hauteur à franchir sur plusieurs petites chutes formant une série de bassins. Le passage de l'eau d'un bassin à l'autre peut s'effectuer soit par déversement de surface, soit par écoulement à travers un ou plusieurs orifices ménagés dans le cloison séparant deux bassins, soit encore par écoulement par une ou plusieurs échancrures meilleure solution pour plusieurs espèces migratrices intégration rapide dans le ouvrages existants	à jet plongeant (lorsque le niveau aval est situé au dessous de la crête déversante)	Abaissement du niveau aval. Augmentation de la chute, qui devient difficilement franchissable	Adapté pour les petits ouvrages car limite la longueur des bassins et est approprié pour les pentes élevées. pas pour alose, recommandés pour le saumon	Quand la partie déversante occupe une grande part de la largeur de la cloison, toute augmentation du niveau d'eau amont se traduit par un accroissement très rapide du débit, et donc de la turbulence et de l'aération des bassins	Abaissement du niveau aval, augmentation de la chute, qui devient difficilement franchissable
		à jet plongeant: les prébarrages	plusieurs murs ou seuils créant à l'aval de l'obstacle des grands bassins qui fractionnent la chute à franchir	l'intérêt des prébarrages réside dans leur attractivité: une forte proportion du débit est susceptible de transiter dans le dispositif	attractivité élevée	-
		à jet de surface (lorsque le tirant d'eau aval au dessus de la crête de déversement atteint 0,5 à 0,6 fois la charge amont)	à orifices noyés (hauteur de chute de 0,30m à 0,40m pour le saumon et truite de mer, à 30m pour la trite et les cyprinidés d'eau vive (chevesne, barbeau) et 0,25m pour l'aloise) largeur minimale des fentes: 0,3 à 0,4m pour les grands salmonidés migrateurs, 0,45m pour l'aloise, 0,2m pour la truite. Autres dimensions: calculer la puissance volumique dissipée	profondeur minimale: 1m pour les grands salmonidés, 0,60m peuvent suffire pour la truite	les variations de cote du plan d'eau aval se répartissent sur plusieurs bassins, ce type de conception est apte à supporter les variations du niveau aval. le débit et le volume d'eau dans le bassin croissent un peu près linéairement avec le niveau amont, les vitesses et le niveau de turbulence restent à peu près constant	ces passes présentent peu d'intérêt et sont rarement utilisés notamment car l'entretien est difficile. Lorsque le niveau aval augmente, l'attractivité de l'ouvrage est mieux conservée; lorsque le niveau aval s'abaisse, la chute à l'entrée de la passe s'accroît moins vite.
		à échancrures profondes (possibilité de passages sans saut, avec des dénivellations faibles entre bassins (inf à 20m) sont accessibles; pour cyprinidés et canassiers 0,15 et 0,25m)	la différence de niveau de part et d'autres des orifices ne varie pas, le débit reste inchangé. S'adapte de nombreux cas de figure S'adapte également aux variations de niveau amont	-		
			à fentes verticales		s'adapte à des aviations importantes des niveaux sont et aval (pls mètres)	adapté pour les grands migrateurs uniquement si le débit est important
Lorsqu'on a affaire à plusieurs espèces migratrices, la passe à bassins semble être la meilleure solution, beaucoup moins sélective que les passes à ralentisseurs						
Passes à ralentisseurs	consiste à disposer dans un canal rectiligne à pente relativement forte et de section rectangulaire, des déflecteurs sur le fond et/ ou les parois, destinés à réduire les vitesses moyennes de l'écoulement. Ces déflecteurs de formes plus ou moins complexes, donnent naissance à des courants secondaires hélicoïdaux qui assurent, par un transfert intense de quantité de mouvement, une forte isipation d'énergie au sein de l'écoulement.	Ralentisseurs sur le fond d'un canal horizontal	Généraux		absorbe des débits variables	variation modérée du niveau amont car les vitesses augmentant rapidement avec la charge sur le ralentisseur amont
			Passes à ralentisseurs plans	ralentisseurs généralement en tôle (8mm à 10mm d'épaisseur), en bois ou en béton (épaisseur maximale L/20 où L est la largeur du canal)	conception simple (plan à 45°)	
			Passes à ralentisseurs de type Fatou		très efficace d'un point de vue hydraulique	Réalisation difficile. Sensible au colmatage. Jet peu marqué à l'entrée de la passe: attractivité modérée
			Passes à ralentisseurs de fonds suractifs	cette passe ne comporte que des ralentisseurs de fonds s'arrêtant à un plan parallèle au pied du radier. privilégier l'utilisation de ralentisseurs épais (en bois) plutôt que les ralentisseurs minces (trop dangereux en tôle)		
			Passes à chevrons épais. Passes mixtes poissons/canoës-kayaks		activités de loisirs envisageables	moins efficace pour les espèces piscicoles que passes à ralentisseurs de fonds suractifs efficace uniquement par les grands salmonidés migrateurs, inefficaces pour les truites
		Passes à ralentisseurs de type Alsaka	passe développée pour le saumon du pacifique peu intérêt en France car son implantation nécessite des travaux importants de génie civil	petite dimension donc utilisable en pentes fortes (25% à 35%)	débit limité et faiblement adaptable aux variations du niveau amont injection d'un débit supplémentaire colmatage	
		Ralentisseurs sur le fond et les côtés	-		tolère variations de niveaux plus importantes	débit limité
Ralentisseurs uniquement sur les côtés	-		tolère variations de niveaux transitent des débits notables très bonne efficacité	vulnérables au colmatage		
la passe à ralentisseurs ne présente pas de zones de repos, le poisson doit la franchir d'une seule traite. Quand la dénivellation est trop importante, le migrateur doit fournir un effort intense pendant une durée qui peut dépasser ses capacités d'endurance; il convient de prévoir des bassins de repos. En revanche l'écoulement dans les passes à ralentisseurs est caractérisé par des vitesses et une aération importantes: ce type de passes est à réserver aux poissons d'eau courante de grande taille comme les salmonidés. les individus de petite taille ne peuvent que rarement les utiliser car leurs capacités d'endurance sont limitées au regard de l'effort représenté.						
Passes rustiques ou rivières artificielles	consiste à relier biefs amont et aval par un chenal dans lequel l'énergie est dissipée et les vitesses réduites par la rugosité du fond et celle des parois et par une succession de singularités (blocs, épis, seuils) plus ou moins régulièrement réparties.	-	Les dimensions des bassins et les caractéristiques géométriques des cloisons déterminent le comportement hydraulique de la passe, c'est-à-dire son débit, la différence de niveau d'un bassin à l'autre ainsi que la configuration de l'écoulement dans les bassins	-	multi usages: dispositif de franchissement pour les poissons migrateurs et parcours d'ea vive pour activités de loisirs	mise en place uniquement sur les faibles pentes et des linéaires important. Fonctionne de pair avec une passe à poisson court circuitant le dispositif dénivellation pour permettre au migrateur de sortir de l'ouvrage quelles que soient les conditions du niveau amont.
Ecluses	consiste à attirer le migrateur dans la chambre aval et de l'écluser comme on écluserait un bateau. (phase d'attrait, de remplissage, de vidange) On incite ensuite le poisson à sortir de l'écluse en créant à l'intérieur de celle-ci un courant descendant grâce à l'ouverture d'un by-pass situé dans la partie inférieure du dispositif.	-	l'écluse se compose d'une chambre amont stuee au niveau de la retenue reliée à une chambre aval de grande dimension par un conduit incliné ou un puits vertical	-	efficacité selon l'attractivité souvent nécessité d'ajouter un débit d'appoint	le bassin de stabulation aval doit contenir des vitesses et turbulences acceptables pour le poisson difficulté de déterminer les conditions hydrauliques optimales capacité de passage faible peu efficace ou efficace en discontinu (4H pour une série de poissons?) fonctionnement en discontinu, peu efficace
Ascenseurs à poissons	système mécanique qui consiste à capturer les migrateurs au pied de l'obstacle dans une cuve contenant une quantité d'eau appropriée à leur nombre puis à élever et déverser celle-ci en amont.	Deux types existent: ascenseur à concentration de poissons mécanisée (préconisée lorsque le nombre instantané de poissons simultanément dans l'ouvrage est important et en cas de présence d'aloise) ascenseur à dispositif de capture intégré à la cuve (nombre de poissons présents simultanément dans la cuve ne peut excéder quelques dizaines, utiliser pour les salmonidés)	les migrateurs sont attirés dans un bassin de piégeage par un débit d'attrait. Ils sont piégés dans une cage enguillagée munie d'un dispositif anti-retour et comprenant, en partie basse, la cuve de transport. A l'aval immédiat de cette cage, est disposée une grille verticale mécanisée qui vient nterdire la pénétration des poissons au-dessous de la cuve lorsque celle-ci est en manoeuvre	-	coût indépendant de la hauteur de chute à franchir, peu envargure peu sensible aux variations du paln d'eau amont peu s'avérer plus efficace pour alose ou sandre	contraintes d'exploitation: nécessité de cages de grosses dimensions qui du fait sont peu manoeuvrables coûts de fonctionnements élevés pannes fréquentes inefficace pour les espèces de petite taille
buses	consiste à rétablir une partie de l'écoulement naturel de manière très partielle	ils en existent de plusieurs types: circulaires, elliptiques, ovales, buses-arches, dalots, pont cadre. Elles peuvent être des obstacles à la migration des poissons (vitesses trop fortes, tirants d'eau insuffisants, chutes importantes à l'extrémité aval accumulation de débris).	-	-	coûts réduits	Modifications du substrat, des conditions d'éclairement et le régime d'écoulement des eaux Si pente significative, écoulement subit une accélération brutale (pas de rugosité, pas de zones de repos) à l'étiage, l'écoulement faible ne permet au poisson de nager correctement

Dispositifs de réduction d'impact à la dévalaison

Peu de techniques de protection sont aujourd'hui considérées comme efficaces. La mise en place éventuelle de grilles de protection peut dans certains cas empêcher le passage des poissons dans les turbines, mais génère de nombreux problèmes (coût élevé, technique complexe, perturbation du fonctionnement des turbines, mortalité par écrasement) et n'est de toute façon possible que pour des vitesses d'écoulement limitées et l'existence d'exutoire à la dévalaison.

Aussi, Larinier et al. (2000) précisent que « *sur les ouvrages d'une certaine taille, non équipés lors de leur construction de dispositifs de dévalaison, il est souvent très difficile, voire techniquement impossible, de détourner les poissons des déversoirs de crue ou des turbines* ».

La solution la plus efficace consiste à stopper le turbinage des sites les plus impactants lors du pic de migration de l'espèce visée (si celui-ci permet le passage d'un pourcentage important d'individus sur une période courte, à l'instar de l'Anguille par exemple). Les coûts associés à de telles mesures seront proportionnels au manque à gagner des débits non turbinés, et peuvent donc être très élevés selon les installations concernées.

A l'heure actuelle, il est difficile d'évaluer précisément les pics de dévalaison des anguilles pendant les crues, en particulier sur le Rhin.

○ Dispositifs de franchissement pour les mammifères semi-aquatiques

Les ouvrages faisant obstacles aux espèces sont principalement situés dans des contextes particuliers : notamment urbains, ne permettant pas le contournement de l'obstacle.

Néanmoins, même en l'absence d'ouvrage barrant le lit mineur, tout franchissement avec le réseau routier peut présenter un facteur de risque, tout comme la proximité immédiate avec une infrastructure routière.

Cette logique d'analyse rejoint plus largement les travaux de représentations menées au sein de la trame verte.

Il est proposé d'identifier les points de conflits à partir des croisements :

- ouvrages au sein du lit mineur x zone urbanisée
- croisement réseau hydrographique x réseau routier (cf. trame verte).

Néanmoins, il n'existe pas de bases de données précisant les difficultés de franchissabilité pour les mammifères semi-aquatiques, ni même les éventuels passages déjà équipés. Tout projet d'équipement d'un ouvrage par une passe à poisson devra être complété d'une expertise technique permettant d'y associer, si nécessaire, l'équipement de l'ouvrage facilitant son franchissement par les espèces semi-aquatiques.

Dans le cas d'ouvrages hydrauliques identifiés en zones urbaines, ce travail pourrait être réalisé directement lors de la mise à jour des bases SDVP. Dans le cas des ouvrages de franchissement du réseau routier, il conviendra de s'assurer du degré de risque (et possibilité d'équipement éventuel) de l'ensemble des ouvrages, en premier lieu dans les secteurs de présence d'espèces prioritaires (Castor, Loutre...).

Pour le Castor et les mustélidés aquatiques, les principaux aménagements possibles sont :

Au niveau des ponts, des banquettes d'au moins 60 cm de large située au-dessus du niveau des hautes eaux décennales, permettent la traversée sous la route. Des barrières (grillage d'au moins un mètre de haut et enterré profondément) doivent également être mises en place le long de la route afin d'empêcher la loutre de traverser le bitume et de se faire écraser (Dodd et al. 2004, Philcox et al. 1999). De cette manière, l'animal sera canalisé vers les passages souterrains (buses sèches ou banquettes).

De même une buse sèche de 0,60m de diamètre minimum et située au-dessus du niveau des crues décennales permet à l'animal de traverser sous la route.

Au niveau de certains seuils créant un obstacle, il est possible de mettre en place un système de franchissement type rampe à castor, ou plus simplement d'améliorer la rugosité des rampes bétonnées afin de faciliter leur utilisation. Ces rampes doivent plonger dans l'eau pour être utilisées.

Une zone de ralentissement sur les routes situées à moins de 100 m d'un cours d'eau occupé ainsi que des panneaux de signalisation sont également une méthode employée pour faire diminuer la mortalité routière (Guter et al. 2005).

A cela pourra être corrélée l'analyse du degré d'aménagement des berges, dont l'artificialisation réduit fortement le rôle de corridor biologique qui leur est associé. Le développement de la ripisylve aura un impact positif sur le déplacement des castors et des loutres dans le cours d'eau.¹⁹

4.4.3 perspectives et scenarii d'interventions

Pour atteindre le bon état écologique des cours d'eau, la restauration des continuités écologiques au sein du lit mineur reste un des axes de travail prioritaires à poursuivre, même s'il n'est pas le seul. Celle-ci trouve sa principale source mobilisatrice dans la restauration des continuités pour les migrateurs piscicoles.

Deux visions complémentaires conduisent aujourd'hui à engager des opérations de terrains.

Une logique systémique, qui replace chaque opération de restauration comme un maillon en regard des priorités institutionnelles et législatives validées à l'échelle de rivières ou bassins versants. Certains points de blocage étant particulièrement complexes à supprimer, cette logique est souvent seule à même d'assurer l'animation, la mobilisation de tous les acteurs concernés, les financements, les études techniques, nécessaires pour assurer la libre circulation pour les poissons migrateurs.

Dès lors que les priorités ont fait l'objet d'un consensus et d'une validation, une méthodologie de priorisation des ouvrages pour lesquels il convient de restaurer la continuité n'apporte pas de compléments particuliers.

Une logique analytique, qui permet des restaurations ponctuelles, au cas par cas, selon les ressources humaines et financières disponibles. Certes, la pertinence de tout projet doit être étudiée à l'échelle des dysfonctionnements et discontinuités globales, ou encore des potentialités biologiques d'une rivière. Toutefois si une politique d'intervention systémique n'est pas clairement définie, associée à une politique spécifique d'incitations financières, les effets d'opportunités sont presque toujours les principaux moteurs de réalisations concrètes : mobilisation particulièrement forte d'acteurs locaux, opportunités financières ou foncières, remises en état d'ouvrages hydrauliques...

Il est rare cependant que cette stratégie aille jusqu'à engager des actions d'effacement de seuils, même partiel, pour des raisons diverses (difficulté à trouver des financements, mais aussi réticence des maîtres d'ouvrage en rapport parfois avec l'absence d'étude sur les impacts en aval que pourraient générer la suppression du seuil). Or, cette logique d'effacement, au moins partiel, est la seule qui permette de restaurer l'ensemble des flux biologiques. Reste qu'elle améliore progressivement la qualité globale d'un cours d'eau, et peut conduire à rattacher des rivières à fort potentiel à des priorités régionales, jusqu'alors non retenues pour des raisons de coût / efficacité trop élevé.

¹⁹ Se référer notamment à *Le génie végétal : un manuel technique au service de l'aménagement et de la restauration des milieux aquatiques* (ADAM & Al, 2008).

En dehors des zones prioritaires, la mise en place d'une base de données descriptives d'ouvrages plus complète, homogène, offrant les ressources descriptives suffisantes pour appréhender des études sur l'effacement des seuils. La méthodologie de priorisation proposée ici n'est en finalité que la visualisation d'une telle base. Elle peut cependant orienter la mobilisation des acteurs sur les nombreuses rivières qui ne sont pas concernées par des plans d'actions régionaux, ou encore sur l'ensemble des petits hydrosystèmes, rarement retenus, ou encore servir de guide pour les animations à mettre en place localement.

Enfin, n'oublions pas que les dispositifs à mettre en place pour les mammifères semi-aquatiques peuvent être relativement simple et peu coûteux. Pourtant, cette analyse n'est que trop rarement associée à la restauration des continuités piscicoles. Il paraît fortement souhaitable que :

- l'information concernant la franchissabilité pour les mammifères semi-aquatiques soit systématiquement étudiée et inscrite dans les bases descriptives d'ouvrages hydrauliques,
- une concertation forte entre les acteurs de la pêche et des milieux aquatiques, en charge de l'évaluation des projets de restauration pour la faune piscicole, et les experts mammifères, soit régulière, et permette de prendre en compte les réalisations complémentaires favorables à la faune semi-aquatique.

Exemples en Alsace et coûts associés

En tête de bassin, sur les petits cours d'eau, il est toujours préférable de proposer l'effacement des obstacles, dans l'optique de restaurer la continuité, mais aussi parce que les coûts engagés sont généralement moindre que la création de dispositifs de franchissements à l'efficacité aléatoire.

Lors de création de pistes, ou en remplacement lors de travaux, le choix de types de buses favorables un maintien des flux d'espèces est estimé pour un surcoût raisonnable (entre 1,5 et 2,6 fois le coût d'une buse standard) (ONF, 2006)

➤ *Tableau : estimation des différences de coûts selon les ouvrages permettant le passage de petits cours d'eau (ONF, 2007)*

TYPE D'OUVRAGE	COUT ESTIME	EVALUATION DU SURCOUT
1 - ouvrage busé classique (diamètre 80 cm)	500 à 600 € / mL	<i>Coût de référence</i>
2 - ouvrage busé surdimensionné + enrochements de consolidation (diamètre 140 cm)	900 à 1000 € / mL	= coût de référence x 1,5
3 - ouvrage cadre (largeur 100cm, hauteur 150cm)	1600 € / mL	= coût de référence x 2,6

La volonté de restaurer l'écosystème original permet des opérations de plus grande envergure.

Là aussi, les coûts engagés restent moindres par rapport à la création d'ouvrages de franchissements, à l'exemple de la suppression d'étangs-barrages sur des petits cours d'eau des Vosges du Nord mené par le Parc Naturel Régional des Vosges du Nord (dans l'exemple ci-dessous, en 2008 : acquisition des étangs : en moyenne 30 000 € pour 1 ha ; travaux de suppression des digues : environ 3000 € par ouvrage).

➤ photos (Sebastien Morelle, PNRVN)



Sur les cours d'eau importants et rivières, les études des coûts d'effacement, complet ou partiel, demanderaient être engagées.

Les coût d'équipement des ouvrages sur les rivières restent très variables, selon la difficulté de réalisation, la configuration du site, le type d'ouvrage de franchissement retenu...

Sur des rivières de taille moyenne, les études menées pour rétablir l'accès aux frayères pour le Saumon (Schultz, 2006) se base sur un coût indicatif moyen de l'ordre de 30 000 € par mètre de chute, ce qui peut permettre d'approcher, à l'échelle d'une succession d'ouvrage à équiper, un coût estimatif global pour rétablir la libre circulation. (Exemple de la Bruche, Bas-Rhin : 8 obstacles recensés, cumulant 22,8 m de hauteur de chute : coût indicatif : 684 000 €)

A l'échelle de sites fluviaux particulièrement complexes, les réalisations des passes à poissons de Iffetzheim en 2000 et Gamsheim en 2006 (environ 10 m de dénivelé) donnent une idée des coûts nécessaires, respectivement environ 9 M € et 10 M €. Cet effort financier est cependant à la hauteur de l'impact de tels barrages, qui pour certains peuvent bloquer l'accès à de vastes bassins hydrologiques à fort potentiel de reproduction pour les grands migrants anadromes.

CONCLUSION

Les infrastructures de transports existantes, tout comme les ouvrages hydrauliques et obstacles à l'écoulement des eaux existantes, perturbent, limitent, parfois empêchent totalement, les flux écologiques d'espèces. Même s'ils ne représentent pas les seuls facteurs impactants, ces obstacles contribuent de fait, pour une part non négligeable, à la fragmentation des habitats, considérée comme un élément majeur de perte de biodiversité et de fonctionnalité des milieux terrestres et fluviaux.

Si, en soi, la mise en place de techniques de réduction des impacts sur les flux biologiques négatifs engendrés par les différents types d'infrastructures de transports ou ouvrages hydrauliques, n'est pas seule suffisante pour rétablir une fonctionnalité maximale entre les "zones noyaux" de tout réseau écologique, elle en reste un volet indispensable de la politique trame verte et bleue.

Les efforts investis pour maintenir / rétablir les connexions « naturelles » entre ces zones noyaux ne peuvent faire l'impasse sur l'application, la plus fréquente possible, de toutes les techniques d'ingénierie disponibles. Les points d'interactions –et donc de « conflits »- entre « trame verte » et « trame grise » (infrastructures linéaires) sont nombreux et demandent à être étudiés et, si possible, « neutralisés ».

Diverses solutions ont été expérimentées depuis de plusieurs décennies pour tenter de réduire l'effet « barrière » engendré par les ouvrages artificiels, linéaires ou ponctuels, avec la construction de nombreux types d'ouvrages de franchissement, tant des obstacles aquatiques que des voies terrestres. Elles ont abouti à disposer aujourd'hui d'un panel de solutions techniques généralement relativement efficaces en ce qui concerne le passage de la faune vertébrée.

Même si celles-ci faisaient l'objet de réalisations systématiques et en densité suffisante –aussi bien dans une optique trame verte que trame bleue-, plusieurs limites importantes doivent cependant être rappelées :

- Les ouvrages de franchissements ne permettent de rétablir que partiellement les déplacements d'espèces. Ils ne suppriment ou même n'atténuent pas l'ensemble des effets négatifs sur les habitats naturels engendrés par certains types d'obstacles (par exemple : perte directe d'habitats, perturbation du milieu par le bruit, pollution... engendrées par diverses routes ; transports de sédiments interrompus, débits hydrologiques modifiés, dynamique fluviale perturbée, réchauffement de l'eau ... engendrés par divers barrages),
- Leur efficacité peut apparemment être jugée satisfaisante d'un point de vue local. Néanmoins, à une échelle macroscopique, les effets cumulatifs d'un ensemble d'ouvrages de franchissement limite, voire annihile, leur efficacité globale (par exemple : effet d'érosion des populations sur une succession d'ouvrages hydrauliques équipés),
- La création de passages à faune efficaces n'est pas toujours possible. Ainsi, peu de solutions sont disponibles (ou alors très ponctuellement) sur les milliers de kilomètres de réseau routier secondaires, alors que les impacts négatifs de ce réseau sont très importants. De même, des solutions techniques totalement satisfaisantes pour éviter les impacts à la dévalaison créés par certains types d'ouvrages hydroélectriques sont inexistantes.
- Dans une optique trame verte, les ouvrages de franchissement réalisés visent le plus souvent à favoriser le passage d'un maximum d'espèces d'une même « catégorie » (de même gabarit et de mode de déplacement similaire), même si un objectif cohérent est de tendre vers des ouvrages plurispécifiques autant que possible, comme c'est généralement le cas pour toutes les passes à poissons. Pourtant, pour certaines espèces prises individuellement, les connaissances biologiques restent encore limitées. Ainsi, l'efficacité d'ouvrages de

franchissement consacrés pour des espèces patrimoniales, pour lesquelles la fragmentation des habitats constitue un –mais non négligeable- des facteurs de leur mauvais état de conservation, fait parfois l'objet d'une efficacité plus supposée que réellement étudiée et prouvée, et demande à être encore largement améliorée. L'analyse dans le temps et l'espace de l'efficacité des ouvrages de franchissement doit toujours compléter leur réalisation.

- L'ingénierie propre à chaque ouvrage de franchissement est un élément essentiel. Mais, quelle que soit sa qualité propre, son efficacité est fortement tributaire d'un emplacement et d'une configuration optimaux (optique trame verte) : accès favorisés par la conservation des corridors biologiques naturels ou restaurés, maintien d'habitats favorables (sous forme diffuse ou de guides linéaires) en lien direct avec l'ouvrage et de manière pérenne, cohérence des aménagements et de la maîtrise foncière connexes et de la gestion des abords...

Si l'intégration systématique des passages à faune en amont des projets sera toujours, d'une part plus économe, d'autre part plus efficace, il n'en reste pas moins que des milliers de kilomètres d'infrastructures de transports et des milliers d'ouvrages hydrauliques ont été construits et limitent fortement les flux d'espèces.

Certaines solutions simples peuvent parfois être préconisées afin « d'améliorer » certaines situations : modifications des grillages des infrastructures ferroviaires et routières, transformations de passages sous route en passages mixtes, constructions « légères » permettant de favoriser le passage d'espèces sous les ponts, mise en cohérence des modes de gestion des emprises... . Mais, même si leur application systématique semble un minimum, celles-ci sont rarement disponibles, ou bien d'une efficacité restreinte.

Dans la majorité des cas, seuls des ouvrages de franchissement spécifiques permettent de tendre vers une efficacité optimale du rétablissement de la continuité (dans le cas des ouvrages hydrauliques transversaux, seuls les effacements sont optimaux). Ces ouvrages nécessitent une ingénierie importante, assorties d'études préalables (analyse des risques notamment), et donc, font l'objet de coûts en rapport avec les enjeux auxquels ils sont appelés à répondre.

Dans une optique de fournir une aide à la décision sur les analyses techniques et les concertations à engager en priorité, une logique de priorisation des principaux ouvrages ou infrastructures induisant des discontinuités écologiques paraît nécessaire. C'est l'objet des méthodologies proposées dans le cadre de la présente étude. Même schématiques, elles visent à faire ressortir une vision globale des problématiques à une échelle donnée, à partir de ressources et d'informations facilement disponibles ou mobilisables dans les différentes régions administratives.

Néanmoins, les tests effectués pour l'Alsace restent partiels par rapport aux objectifs initiaux, du fait de l'absence –ou l'indisponibilité sous format géoréférencé- de diverses données considérées comme pertinentes à intégrer. Des compléments d'application, dès lors que ces données seront disponibles, sont souhaitables. Ils permettraient également d'affiner et d'améliorer certains points méthodologiques, et de valider l'utilisation de ressources ou protocoles complémentaires.

Ceci étant, les priorités qui ressortent de l'application de ces méthodologies, quelles que soient la qualité et la quantité des ressources disponibles, pointent les efforts à réaliser pour « traiter » les principaux points de ruptures de continuités écologiques à un échelon régional. Il s'agit de la première étape d'un processus complexe, nécessaire pour mobiliser les ressources en terme financier mais également d'animation et de concertation, permettant d'aboutir, après analyses techniques des solutions, étapes de concertation et validation par l'ensemble d'acteurs impliqués, à un panel de réalisations concrètes.

La gouvernance nécessaire pour satisfaire des objectifs ambitieux de réalisation concrète est un aspect indispensable du processus. Ainsi, la concertation menée dans le cadre de la

présente étude a représenté une part importante du travail réalisé (voir complément "gestion de projet").

Quels que soient les acteurs qui seront en charge d'assurer la coordination des étapes successives permettant d'engager des réalisations concrètes, il est indispensable que celles-ci se construisent dans une logique d'imbrication et de parfaite cohérence avec les priorités définies dans le cadre de la politique globale liée à la trame verte nationale -ou de ses pendant régionaux- Notamment dans l'optique trame verte, la restauration de continuités écologiques doit être un des principaux moteurs de réalisation des passages à faune. Tout comme les réalisations de passages à faune doivent, en complément, permettre d'assurer la pérennité –et éventuellement leur restauration- des espaces de la trame verte et bleue.

Dans l'optique trame bleue, diverses priorités se sont construites à différents niveaux, selon différentes politiques, et les consensus qu'elles ont déjà pu dégager mobilisent alors principalement les réalisations des différents « acteurs de l'eau ».

Au regard des enjeux, mais aussi de la possibilité unique de revenir à un état de fonctionnalité fortement amélioré des cours d'eau, la solution à privilégier est l'effacement (partiel ou total) des ouvrages inutilisés, dès lors qu'elle s'avère possible juridiquement et techniquement. Cette solution conduit à un gain écologique majeur et pérenne, débordant le simple cadre du rétablissement des continuités piscicoles, et permettant d'aller vers le bon état écologique des cours d'eau, objectif fixé en 2015 par la Directive Cadre sur l'Eau. Elle se concrétise pourtant trop rarement, et même, n'est pas toujours envisagée précisément. Il est alors essentiel que les priorisations établies servent davantage à mobiliser à la réalisation d'études plus complexes, coûteuses, mais permettant de débloquent les ressources financières, techniques, mais également sociologiques, suffisantes pour aboutir à des réalisations concrètes, avec des résultats ambitieux.

Plusieurs axes de réflexion ressortent donc de la présente étude :

- la multiplicité des impacts liés aux infrastructures linéaires et obstacles hydrauliques existants, et donc la diversité des réponses à apporter pour tenter de les atténuer ;
- la diversité des discontinuités à rétablir suivant les espèces ou groupes d'espèces, appelant à définir des objectifs de conservation ;
- le manque de disponibilité des données indispensables sur l'aménagement du territoire, la description des infrastructures de transports et obstacles hydrauliques ;
- les limites méthodologiques, dues aux manques de connaissances et de réflexions abouties sur différents concepts ;
- la nécessité d'intégrer et de confronter toute expertise sur les discontinuités à une TVB constituée et fonctionnelle, afin de disposer d'une vision réaliste globale ;
- le besoin de coordination et de concertation avec tous les concernés pour définir des objectifs partagés ;
- la nécessité de maintenir l'existant plutôt que d'intervenir en aval pour tenter de réduire les impacts ;
- la nécessité (volonté, moyens) de rétablir les continuités écologiques par des réalisations concrètes adéquates au niveau des obstacles existants.

Bibliographie

ADAM P., DEBIAIS N., MALAVOI J.R., 2007, Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau, Agence de l'Eau Seine Normandie. 64p.

AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE - ECOBAG, 2005 - Les poissons migrateurs en Adour-Garonne : écologie, migration et gestion des populations. ECOBAG Programme de recherche. Cahier technique n. 2/4. 28p.

AGENCE DE L'EAU RHIN MEUSE - ADAGE ENVIRONNEMENT, 2007 - Rapport environnemental du SDAGE du district du RHIN dans sa version 4 du 30 novembre 2007 (projet). version 1 novembre 2007. 127p.

AGENCE DE L'EAU RHIN MEUSE, 2000 - Notice d'utilisation de la fiche "description du milieu physique". 38p.

AGENCES DE L'EAU, 1997 - SEQ Physique - Typologie physique simplifiée des cours d'eau français. AQUASCOP. 64p.

A.M.B.E. (1994) – Points sensibles avifaune – Région Alsace. Electricité de France production transport, Service environnement. 36 p.

ALSACE NATURE, 2001 - Des traits d'union écologiques : pour une renaturation de la trame verte régionale. 62p.

ASCONIT CONSEIL & DIREN RHINE ALPES, 2007 - Infrastructures vertes et bleues: Guide technique - version 2 - Réalisation d'un SIG pour l'expression des enjeux de l'état dans le cadre d'un SCoT, Application au territoire du Schéma de Cohérence Territoriale Fier-Aravis. DIREN Rhône Alpes. N° Catalogue DIREN: CNS-6159p.

http://www.rhone-alpes.ecologie.gouv.fr/include/publi/pdf/IVB_GuideTech.pdf

ASCONIT CONSEIL & DIREN RHONE ALPES, 2005 - Infrastructures vertes et bleues: Guide méthodologique - Réalisation d'un SIG pour l'expression des enjeux de l'état dans le cadre d'un SCoT, Application au territoire du Schéma de Cohérence Territoriale Sud-loire. DIREN Rhône Alpes. N° Catalogue DIREN: CNS-6042p.

http://www.rhone-alpes.ecologie.gouv.fr/include/publi/pdf/IVB_GuideMethod.pdf

BACKER R. R., 1978 - The evolutionary ecology of animal migration. Hodder & Stoughton, London. 1012p.

BEKKER H.; CUPERUS R.; DUFEK J.; FRY G.; HICKS C.; HLAVAC V.; KELLER V.; ROSELL C.; SANGWINE T.; TORSLOV N.; WANDALL B., 2003 - COST 341: Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure - Wildlife and traffic: A european handbook for identifying conflicts and designing solutions. KNNV Publishers - Brussels.

BERION P., 2002 - La construction d'une grande infrastructure de transport et ses premiers effets territoriaux : le cas de l'autoroute A 39, section de Dôle à Bourg en Bresse » Autoroutes, Acteurs et Dynamiques territoriales. Editions André Buisson. Geocarrefour - Revue de Géographie de Lyon Volume 77 N°1p.7-20

BERTHOUD G., LATTY P., LE CHARTIER P., 2001 - Les corridors biologiques en Isère, projet de réseau écologique départemental de l'Isère (REDI). . ECONAT S.A., Conseil Général de l'Isère. 72p.

BICKMORE C., 2005 - Code de pratiques sur la prise en compte de la diversité biologique et paysagère dans les infrastructures de transport. Editions du Conseil de l'Europe. Sauvegarde de la Nature n°13173p.

BONNIN M., - Connectivité écologique et gouvernance territoriale. . 9p.

<http://sadapt.inapg.inra.fr/ersa2007/papers/217.pdf>

BONNIN M.; BRUSZIK A.; DELBAERE B.; LETHIER H.; RICHARD D.; RIENTJES S.; VAN UDEN G.; TERRY A., 2007 - Le réseau écologique paneuropéen - état de l'avancement. Editions du Conseil de l'Europe . Sauvegarde de la nature n° 146

BOUCHARD J.P., 2003 - La modélisation physique en hydrobiologie conception des ouvrages de franchissement pour poissons migrateurs. .

BOURRAIN X., 2002 - Une place pour les oiseaux de boisements des rivières. Agence de l'Eau Loire Bretagne. 22p.

BRACONNIER N., 2006 - Synthèse de l'historique des projets de remontées faune sauvage sur le canal de la Marne au Rhin dans le département du Bas-Rhin de 1968 à 2006. Fédération Départementale des Chasseurs du Bas-Rhin. 17p.

BRETAUD J.F.;JUILLIARD I.; VIGNE P., 2008 - Fragmentation des Habitats par les infrastructures de transport en Basse-Normandie. Étude des réseaux écologiques et propositions de défragmentation pour le réseau routier national.. CETE de Normandie Centre.

BROCHIER C.; MAMAN L.; RICHIER S.; SERRE D., 2005 - Une place pour les mammifères des zones humides et des cours d'eau. Agence de l'Eau Loire Bretagne. 22p.

BUTEHORN N.; CLAUDEL M.H.; GEILEN N.; GUBSER C.; HUBNER T.; KAISER U.; MIRBACH E.; PARDEY A.; PFARR U.; ROSSO-DARMET A.; STAEGER H-M., 2006 - Réseau de biotopes sur le Rhin. Commission Internationale pour la Protection du Rhin - Coblenze. 109p.

CHAMBON J-P., FOUILLET P., 1992 – Etude de la mortalité des insectes due à la circulation automobile dans la Réserve de la Biosphère des Vosges du Nord et dans la région de Fontainebleau. Annales scientifiques - Tome 2

CHATAIN, CARSIGNOL, DESIRE, GABER, LANSIART, MALLET, SPAKE, 1993 - Guide technique: Passages pour la grande faune. SETRA, Bagneux. 121p.

COMITE DE BASSIN RHIN MEUSE, 2007 - Guide des bonnes pratiques pour la gestion des milieux aquatiques dans les districts "Rhin" et "Meuse et Sambre", partie française.. Version 1, Edition de novembre 2007. SDAGE « Rhin » et « Meuse et Sambre » - Document D'accompagnement N°1032p.

COMITE DE BASSIN RHONE MEDITERRANEE CORSE - RIVES ENVIRONNEMENT, 2000 - Reconquête des axes de vie en lit mineur de cours d'eau. Note technique SDAGE n°6. 52p.

COMITE FRANCAIS POUR LES TECHNIQUES ROUTIERES, 2007 - Guide technique: Chantiers routiers et préservation du milieu aquatique: management environnemental et solutions techniques. SETRA, Bagneux. 120p.

COMITE POUR LES ACTIVITES DU CONSEIL DE L'EUROPE EN MATIERE DE DIVERSITE BIOLOGIQUE ET PAYSAGERE, 2000 - Lignes directrices générales pour la constitution du Réseau Ecologique Paneuropéen. Editions du Conseil de l'Europe – Strasbourg. Sauvegarde de la nature n°10752p.

COMMUNAUTE DE COMMUNES DE LA REGION DE MOLSHEIM-MUTZIG, 2007 - Maîtrise d'œuvre pour la construction d'une passe à poissons sur le seuil de Molsheim.. SOGREAH. 17p.

Conseil de l'Europe, 2001 – Approches nationales et régionales pour les réseaux écologiques en Europe ; Ed. Conseil de l'Europe "Sauvegarde de la Nature" N°110, 92p.

Conseil de l'Europe, 2002 – Lignes Directrices pour l'application des instruments internationaux existants lors de la constitution du Réseau Écologique Paneuropéen ; Ed. Conseil de l'Europe "Sauvegarde de la Nature" N°124, 24p

CONSEIL REGIONAL D'ALSACE CABINET A.WAECHTER, 2005 - Les passages à faune des infrastructures de transport. cabinet Waechter. 24p.

CORSI F.; BOITANI L.; SINIBALDI L., 2002 - Corridors écologiques et espèces: Grands carnivores dans la région alpine. Editions du Conseil de l'Europe – Strasbourg. Sauvegarde de la nature n°12724p.

DONNI W., MAIER K. J. & VICENTI H., 2001. Bestandsentwicklung des Aals (*Anguilla anguilla*) im Hochrhein. Mitt. Zur Fischerei, Buwal, Bern, 27, 99 pp. In ICES, 2003.

DUCOBAGE F. & MARBACH S., 2003 - Cartographie d'une trame verte en plaine d'Alsace . Conseil Régional d'Alsace. 130p.

DUFOUR S. & PIEGAY H., 2004 - Guide de gestion des forêts riveraines des cours d'eau. ONF - Agence RMC - CNRS - Université Lyon 3. 132p.

ECOTONE RECHERCHE ENVIRONNEMENT, 2004 - Aménagement de la RN 14 entre la Villeneuve St Martin et Magny en Vexin - Analyse des impacts et proposition de mesures pour la faune. DDE du Val d'Oise. 63p.

EMANUELSSON U., 2005 - Integration of ecological and cultural dimensions in transport infrastructure management. approved programme proposal, Uppsala. 99

http://www.grimso.slu.se/research/roadsandwildlife/Documents/MISTRA-INCLUDE_April-2005.pdf

FEDERATION DEPARTEMENTALE DES CHASSEURS DU BAS RHIN, 2005 - Le schéma départemental de gestion cynégétique du Bas Rhin 2006-2012. . 119p.

FEDERATION DEPARTEMENTALE DES CHASSEURS DU BAS RHIN, 2006 - Le Schéma Départemental de Gestion Cynégétique du Bas Rhin 2006 - 2012. 56p.

FEDERATION DU BAS RHIN POUR LA PECHE ET LA PROTECTION DU MILIEU AQUATIQUE - KOPP J.M., 2002 - Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles du Bas Rhin -Plan des Actions Nécessaires et synthèse du PDPG. 53p.

FINDLAY C. S. & BOURGADES J., 2000 - Response time of wetland biodiversity to road construction on adjacent lands. . Conservation Biology n°14 (1)p.86-94

FRANCE NATURE ENVIRONNEMENT, 2007 - Grenelle de l'Environnement: Notre cahier de propositions. . 52p.

FRANCE NATURE ENVIRONNEMENT, 2008 - Consultation du public 2008 sur l'eau: La morphologie des cours d'eau. MEDAD - AGENCE DE L'EAU LOIRE BRETAGNE. Dossier thématique n°233p.

<http://www.fne.asso.fr/documents/PDF/DPeauJuin2008Morpho.pdf>

FRANCE NATURE ENVIRONNEMENT, 2008 - Consultation du public 2008 sur l'eau: Les Zones humides. MEDAD - AGENCE DE L'EAU LOIRE BRETAGNE. Dossier thématique n°4

FRANCE NATURE ENVIRONNEMENT, PAVARD, I. , 2006 - Contribution à la constitution du Réseau Ecologique National - Bilan de l'historique et des expériences de réseau écologique en Europe. . 239p.

<http://www.fne.asso.fr/fr/themes/sub-category.html?cid=108>

GEPMA, 2004 - Etude de la continuité écologique de la Bande Rhénane pour les mammifères subaquatiques - Life Bande Rhénane

GIRAULT V., 2005 - Mise en oeuvre des corridors écologiques et/ou biologiques sur le territoire des parcs naturels régionaux « définition d'une méthodologie commune et recueil d'expériences ». Fédération des Parcs Naturels Régionaux de France. 127p.

http://www.parcs-naturels-regionaux.tm.fr/upload/doc_telechargement/grandes/Rapport%20-%20Corridors%20FPNR%201ere%20partie.pdf

GRAN M., 2006 - Les dynamiques territoriales induites par la création d'une voie rapide en milieu rural: Approche par les SIG et l'analyse spatiale floue. Parc Naturel Régional des Vosges du Nord, Université Louis Pasteur, Faculté de géographie et d'Aménagement. 129p.

HOLZGANG O.; PFISTER H.P.; HEYNEN D.; BLANT M.; RIGHETTI A.; BERTHOUD G.; MARCHESI P.; MADDALENA T.; MURI H.; WENDELSPIESS M.; DANDLIKER G.; MOLLET P. & U. BORNHAUSER-SIEBER, 2001 - Les corridors faunistiques en Suisse: Bases pour la mise en réseau suprarégionale des habitats. Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du paysage (OFEFP), Société suisse de Biologie de la Faune (SSBF) & Station ornithologique suisse de Sempach, Bern. Cahier de l'environnement n°326 120p.

IFEN, 2006 – Les impacts du réseau routier sur l'environnement - Le 4 pages n°114, octobre 2006, 4p.

JOIGNAUX G., LANGUMIER J.F., 2004 - Les observatoires autoroutiers : l'expérience des autoroutes Paris-Rhin-Rhône et quelques enseignements. les Cahiers Scientifiques du Transport – INRETS. n° 46p.3-24

JONES A (IEEP), KETTUNEN M. (IEEP), TERRY A. (IUCN) & TUCKER G. (Ecological Solutions), 2007 - Guidance on the maintenance of landscape connectivity features of major importance for wild flora and fauna Guidance on the implementation of Article 3 of the Birds Directive (79/409/EEC) and Article 10 of the Habitats Directive (92/43/EEC). . P.166

http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/adaptation_fragmentation_guidelines.pdf

JONGMAN R.H.G. & KRISTIANSEN I., 2001 - Approches nationales et régionales pour les réseaux écologiques en Europe. Editions du Conseil de l'Europe – Strasbourg. Sauvegarde de la nature n°11096p.

LAMBERT P., 2005 - Exploration multiscalaire des paradigmes de la dynamique de la population d'anguilles européennes à l'aide d'outils de simulation. UNIVERSITE BORDEAUX I - CEMAGREF. 239p.

http://www.diadfish.org/doc/these_2005/theseLambert.pdf

LARINIER M., COURRET D., GOMEZ P., 2006, Guide technique pour la conception des passes naturelles, GHAAPE RA 06.05 VI.

LARINIER M., CROZE O., 2001, Libre circulation des poissons migrateurs et seuils en rivière. Guide technique n° 4, SDAGE Bassin Rhône-Méditerranée-Corse.

LARINIER M., PORCHER J.-P., TRAVADE F. ET GOSSET C., 2000, Passes à poissons; expertise, conception des ouvrages de franchissement, CSP. Collection « Mise au point ».

Ligue pour la Protection des Oiseaux - délégation Alsace, 1993 – Etude diagnostique : « lignes électriques et protection de l'avifaune ». Conseil Régional d'Alsace. 43 p. + cartes + ann.

Ligue pour la Protection des Oiseaux - délégation Alsace, 1997 – Inventaire des sites sensibles en matière de collision des oiseaux sur les réseaux électriques en Région Alsace. Conseil Régional d'Alsace, DIREN Alsace. 83 p.

Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables et Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2007 - Règlement européen pour la reconstitution du stock d'anguille, Instructions techniques pour l'élaboration du plan de gestion de l'anguille Instructions suite à la parution au règlement r (CE) n°1100/2007 publié au JO de l'UE du 22 septembre 2007, instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes.. Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables et Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 19p.

Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2002 - Guide sur la prise en compte des milieux naturels dans les études d'impact. DIREN de Midi-Pyrénées. 75p.

Ministère de l'équipement, des transports et du logement et ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, 1999 - Actes des troisièmes rencontres "Routes et Faune Sauvage", 30 septembre au 2 octobre 1998. .

MOLINES N., 2007 - Analyse de la valeur sociale des composantes environnementales d'un territoire soumis à l'introduction d'une nouvelle infrastructure linéaire : apport des SIG et des méthodes multicritères. Université de Technologie de Compiègne- Centre de Recherches sur l'Environnement et sur l'AMénagement (CRENAM) . 19p.

<http://www.emse.fr/site/SAGEO2007/CDROM/p50.pdf>

OFEFP - Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage, 2004 - Rapport final : réseau écologique national REN . Nature et paysage, Berne. cahier de l'environnement n°373103p

ONF, 2006 - Optimisation du rôle de la forêt dans la protection des petits cours d'eau et des zones humides. Programme INTERREG IIIA n°2c11. PRESENTATION DU PROJET. PROTOCOLES & METHODOLOGIE. INTERREG

www.onf.fr/projets-europeens/sommaire/en_cours/ruiss_zon_humid/interreg_ruiss/20070917-113308-306008/1/files/1

PAVARD I., mai 2006 – Contribution à la constitution du Réseau Ecologique National - Bilan de l'historique et des expériences de réseau écologique en Europe, France Nature Environnement, 239p.

<http://www.fne.asso.fr/fr/themes/sub-category.html?cid=108>

QUIBLIER S., 2007 - Les éléments de la recherche scientifique mobilisables pour la mise en oeuvre des corridors biologiques: choix des espèces cibles et identification des connaissances nécessaires. Fédération des Parcs Naturels Régionaux de France. 156p.

http://www.parcs-naturels-regionaux.tm.fr/upload/doc_telechargement/RapportBasesScientifiqCorridorsDEF%5B1%5D.pdf

http://www.parcs-naturels-regionaux.tm.fr/upload/doc_telechargement/grandes/rapportcorridorsfpr3a2cdf.pdf

http://www.parcs-naturels-regionaux.fr/upload/doc_telechargement/grandes/Rapport%20-%20Corridors%202006-P2.pdf

RFF, 2004 - L'emprise du projet LGV Sud Europe Atlantique. 2 p.

www.lgvsudeuropeatlantique.org/upload/15_BAT0208_FICHE_EMPRISE.pdf

SANDRE, Service d'Administration nationale des Données et référentiels sur l'Eau, 2007 - Présentation générale des données - Description des ouvrages à l'écoulement Thème :Ouvrages Version : 0.64. 92p.

http://sandre.eaufrance.fr/dictionnaire.php?id_mot=50&lang=fr

SCHULTZ S., 2006 - Le retour du saumon dans les cours d'eau alsaciens. Approche coût / efficacité des travaux nécessaires. DIREN ALSACE. Mémoire de fin d'études Enesad. 50p.

SEILER A, 2003 - Effects of infrastructure on nature: COST 341, Habitat Fragmentation due to transportation infrastructure: The European Review. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 31-50

<http://www.grimso.slu.se/research/roadsandwildlife/Documents/Chapter%203%20from%20COST341-EUR20721.pdf>

SEILER A. & FOLKESON L., 2003 - COST-341: Swedish State-of-the-Art Report on Habitat fragmentation due to transport infrastructure. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

http://www.grimso.slu.se/research/roadsandwildlife/Documents/SoA_SE-final.pdf

SEILER A. & FOLKESON L., 2006 - Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure - The Swedish National Review - Swedish National Road Administration. VTI, the Swedish National Road and Transport Research Institute. report R530A. . 165 – 189

<http://www.grimso.slu.se/research/roadsandwildlife/Documents/Seiler&Helldin2006compl.pdf>

SEILER A., 2001 - Ecological effects of roads. Introductory research essay, Department of Conservation biology, SLU, Uppsala. n°9p.1-42

SETRA, 1993 - Passage pour la grande faune - Guide technique. 124 p.

<http://catalogue.setra.equipement.gouv.fr/document.xsp?base=notices&id=Dtrf-0000753>

SETRA, 2005 - Guide technique: Aménagements et mesures pour la petite faune. SETRA, Bagnaux. 250p.

<http://catalogue.setra.equipement.gouv.fr/document.xsp?base=notices&id=Dtrf-0003954>

SETRA, 2007 - Rapport COST 341 Fragmentation des habitats due aux infrastructures de transport : Manuel européen d'identification des conflits et de conception de solutions. SETRA, Bagnaux. 190 p.

<http://catalogue.setra.equipement.gouv.fr/documents/Cataloguesetra/0002/Dtrf-0002651/DT2651.pdf>

SETRA, 2008 - Routes et passages à faune - 40 ans d'évolution. 55 p.

<http://catalogue.setra.equipement.gouv.fr/documents/Cataloguesetra/0004/Dtrf-0004074/DT4074.pdf>

STEINBACH P., 2006 - Expertise des obstacles à la libre circulation de l'anguille - Note méthodologique - Expertise de la franchissabilité des ouvrages hydrauliques transversaux par l'anguille dans le sens de montaison. 17p.

STUCKY, 2006 - Etude de faisabilité du rétablissement de la continuité écologique du Rhin supérieur pour la faune piscicole – Phase 2 : propositions de solution. Commission Internationale pour la Protection du Rhin. 123 p.

SYCOPARC, 2005 - Observatoire écologique de la liaison verte RD 620 (2001-2005). Rapport Parc Naturel Régional des Vosges du Nord

WEBB R., 1997 - Etude sur les biotopes et les habitats perdant leur valeur pour la protection de la nature par suite de la succession écologique. Editions du Conseil de l'Europe – Strasbourg. Sauvegarde de la nature n°91 35p.

Bibliographie REPTILES ET AMPHIBIENS

AFIE 2001 - Gestion et protection des Amphibiens : de la connaissance à la prise en compte dans les aménagements. Association française des ingénieurs écologues, Paris, 161 p.

ANDERSEN L. W., FOG K. & DAMGAARD C. 2004 - Habitat fragmentation causes bottlenecks and inbreeding in the European tree frog (*Hyla arborea*). *Proc. R. Soc. Lond., B*, 271: 1293-1302

BACKER R. R. 1978-The evolutionary ecology of animal migration. Hodder & Stoughton, London, 1012 p.

BEEBEE T. J. C. 1996 - Ecology and Conservation of Amphibians-Chapman & Hall, 214 p.

BERSUDER D. & CASPAR J. 1986 - Impact de la circulation routière sur la faune locale. *Cinonia*, 10 (2) : 91-102

BONNET X. 1995 - Serpents écrasés - Les séducteurs actifs meurent sur la route au cours de leurs recherches de partenaires. *Pour la Science*, 214 : 11-12

BONNET X., NAULLEAU G. & SHINE R. 1999 - The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes. *Biological Conservation* 89: 39-50

DIEGO-RASILLA F. J. & LUENGO R. M. 2004 - Heterospecific call recognition and phonotaxis in the orientation behavior of the marbled newt, *Triturus marmoratus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 55 (6): 556-560

DUELLMAN W. & TRUEB L. 1994 - Biology of Amphibians. John Hopkins University Press, 696 p.

FAHRIG L., PEDLAR J. H., POPE S. E., TAYLOR P. D. & WEGNER J. F. 1995 - Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation*, 73: 177-182

FINDLAY C. S. & BOURGADES J. 2000 - Response time of wetland biodiversity to road construction on adjacent lands. *Conservation Biology*, 14 (1): 86-94

FORMAN R. T. T., SPERLING D., BISSONETTE J. A., CLEVINGER A. P., CUTSHALL C. D., DALE V. H., FAHRIG L., FRANCE R., GOLDMAN C. R., HEANUE K., JONES J. A., SWANSON F. J., TURRENTINE T. & WINTER T. C. 2003 - Road Ecology: Science and Solutions. Island Press, Washington D. C., 481 p.

FREY E. & NIEDERSTRAßER J. 2000 - Baumaterialien für den Amphibienschutz an Straßen-Fachdienst Naturschutz, Artenschutz 3, Herausgegeben von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 159 p.

GIBBS J. P. 1998 - Genetic structure of redback salamander *Plethodon cinereus* populations in continuous and fragmented forests. *Biological Conservation*, 86: 77-81

GLISTA D. J., DeVault T. L. & DeWoody J. A. 2008 - Vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians. *Herpetological Conservation and Biology*, 3 (1): 77-87

GROSSELET O. & LODE T. 1997 - Impact des aménagements autoroutiers sur les amphibiens : l'exemple des caniveaux d'évacuation des eaux. *Bull. Soc. herp. France*, 81 : 5-9

GROSSENBACHER K. 1985 - Amphibien und Verkehr. KARCH, Bern, 22 p.

HELS T. & BUCHWALD E. 2001 - The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation*, 99: 331-340

HELS T. & NACHMAN G. 2002 - Simulating viability of a spadefoot toad *Pelobates fuscus* metapopulation in a landscape fragmented by a road. *Ecography*, 25: 730-744

HEUSSER H. 1969 - Die Lebensweise der Erdkröte (*Bufo bufo* L.). Das Orientierungsproblem. *Revue Suisse de Zoologie*, 76: 444-517

HITCHINGS S. P. & BEEBEE T. J. C. 1997 - Genetic substructuring as a result of barriers to gene flow in urban *Rana temporaria* (common frog) populations: implications for biodiversity conservation. *Heredity*, 79: 117-127

HITCHINGS S. P. & BEEBEE T. J. C. 1998 - Loss of genetic diversity and fitness in Common Toad (*Bufo bufo*) populations isolated by inimical habitat. *J. evol. biol.*, 11: 269-283

HODSON N. L. 1966 - A survey of road mortality in mammals (and including data for the grass snake and common frog). *J. Zool. London*, 148: 576-579

JAGGI C., WIRTH T. & BAUR B. 2000 - Genetic variability in subpopulations of the asp viper (*Vipera aspis*) in the Swiss Jura mountains: implications for a conservation strategy. *Biological Conservation*, 94: 69-77

JOHANSSON M., PRIMMER C. R., SAHLSTEN J. & MERILÄ J. 2005 - The influence of landscape structure on occurrence, abundance and genetic diversity on the common frog, *Rana temporaria*. *Global Change Biology*, 11: 1664-1679

JOLY P. 1992 - Hétérogénéité du paysage et métapopulations chez les Amphibiens. In : AFIE. Journée Technique "Gestion et protection des amphibiens : de la connaissance à la prise en compte dans les aménagements", 22 & 23 Octobre 1992, Mulhouse, Pp. 102-110

JOLY P. 1998 - Biologie des populations d'amphibiens, connectivité et aménagement du territoire. In : CETE de l'Est, Actes des 3ème rencontres "routes et faune sauvage" du 30 septembre au 2 octobre 1998, Pp. 53-64

- JOLY P., MORAND C. & COHAS A. 2003 - Habitat fragmentation and amphibian conservation: building a tool for assessing landscape matrix connectivity. *C. R. Biologies*, 326: 132-139
- LANGTON T. 1985 - Toads and Roads. Fauna and Flora Preservation Society, 10 p.
- LEBBORONI M. & CORTI C. 2006 - Road killing of lizards and traffic density in central Italy. *In* : VENCES M., KÖHLER J., ZIEGLER T. & BÖHME W. (eds.): *Herpetologia Bonnensis II*, Pp. 81-82
- LESBARRERES D., PAGANO A. & LODE T. 2003 - Inbreeding and road effect zone in Ranidae: the case of agile frog, *Rana dalmatina* Bonaparte, 1840. *Comptes Rendus Biologie*, 326 : 68-72
- MARSH D. M. & TREHAM P. C. 2001 - Metapopulation dynamics and amphibian conservation. *Conservation Biology*, 15 (1): 40-49
- MAZEROLLE M. J., HUOT M. & GRAVEL M. 2005 - Behavior of amphibians on the road in response to car traffic. *Herpetologica*, 61 (4): 380-388
- MOUGET T. 1996 - Des tunnels pour les batraciens. *Le Courrier de la Nature*, 155 : 22-28
- PELLET J. 2005 - Conservation of a threatened European tree frog (*Hyla arborea*) metapopulation. Thèse de doctorat ès sciences de la vie (PhD), Université de Lausanne, 98 p.
- PERCSY C. 2005 - Les Batraciens sur nos Routes-Région Wallonne, 62 p.
- PUPIN F., SACCHI R., GENTILI A., GALEOTTI P. & FASOLA M. 2007 - Discrimination of toad calls by smooth newts: support for the heterospecific attraction hypothesis. *Animal Behaviour*, 74: 1683-1690
- RODRIGUEZ A., CREMA G. & DELIBES M. 1996 - Use of non-wildlife passages across a high speed railway by terrestrial vertebrate. *Jour. Appl. Ecol.*, 33: 1527-1540
- RYSER J. 1988 - Amphibien und Verkehr. Teil 2., KARCH, Bern, 24 p.
- RYSER J. 1989 - Amphibien und Verkehr. Teil 3., KARCH, Bern, 10 p.
- SAINT GIRONS M. C. 1984 - Effets du trafic routier sur les Vertébrés dans le bocage breton. *Bull. Ecol.*, 15 : 175-183
- SEMLITSCH R. (ed.) 2003 - Amphibian Conservation. Smithsonian institution press, 324 p.
- SHEPARD D. B., DRESLIK M. J., JELLEN B. C. & PHILLIPS C. A. 2008 - Reptile road mortality around an oasis in the Illinois corn desert with emphasis on the endangered eastern massauga. *Copeia*, 2008 (2): 350-359

- SINSCH U. 1988 - Seasonal changes in the migratory behaviour of the toad *Bufo bufo* : direction and magnitude of movements. *Oecologia*, 76: 390-398
- SINSCH U. 1990 - Migration and orientation in anuran amphibians. *Eth. Ecol. & Evol.*, 2: 67-79
- SJÖGREN P. 1991 - Extinction and isolation gradients in metapopulations: the case of the pool frog (*Rana lessonae*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 42: 135-147
- URSENBACHER S., MONNEY J. C. & FUMAGALLI L. *in press* - Limited genetic diversity and high differentiation among the remnant adder (*Vipera berus*) populations in the Swiss and French Jura Mountains. *Conservation Genetics*
- VAN GELDER J. J., AARTS H. M. J. & STAAL H.-J. W. M. 1986 - Routes and speed of migrating toads (*Bufo bufo* L.): a telemetric study. *Herpetological Journal*, 1: 111-114
- Verkehrsministerium Baden-Württemberg 1991 - Amphibienschutz. Leitfaden für Schutzmaßnahmen and Straßen. Schriftenreihe der Straßenbauverwaltung, Heft 4, 57 p.
- VOS C. C. 1999 - A frog's eye view of the landscape. Quantifying connectivity for fragmented amphibian populations. 143 p.
- VOS C. C. & CHARDON J. P. 1998 - Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution of the moor frog *Rana arvalis*. *Jour. Appl. Ecol.*, 35: 44-56
- VOS C. C. & STUMPEL A. H. P. 1996 - Comparison of habitat-isolation parameters in relation to fragmented distribution patterns in the tree frog (*Hyla arborea*). *Landscape Ecology*, 11: 203-214
- ZUMBACH S. 2002 - Amphibiens et trafic en Suisse. *In* : Atti del terzo Convegano "Salvaguardia Anfibi", Lugano, 23-24 giugno 2000. Cogecstre Ediz., Penne, Pp. 181-187

Bibliographie MAMMIFÈRES

Alexander S.M., Waters N.M. (2000). The effects of highway transportation corridors on wildlife: a case study of Banff National Park. *Transportation Research Part C* 8, 307-320.

Bat Conservation Trust (). The use of hedgerows by bats ; the effects of the hedgerow size, structure and fragmentation on their migration and foraging behaviour. Bat Conservation Trust, pp.43.

Bakker V.J., Van Vuren D.H. (2004). Gap-Crossing Decisions by the Red Squirrel, a Forest-Dependent Small Mammal. *Conservation Biology*, 18(3): 689-697.

Baumgart G. (1992). Etude d'impact faunistique CD 500. Direction de l'aménagement et de l'équipement - Service études et travaux neufs routiers, 91-93.

Brockie R.E. (2007). Animal roadkill "blackspots". *New Zealand Journal of Zoology*, 34: 311-316.

Cain A.T., Tuovila V.R., Hewitt D.G., Tewes M.E. (2003). Effects of a highway and mitigation projects on bobcats in Southern Texas. *Biological Conservation*, 114: 189-197.

Clarke G.P., White P.C.L., Harris S. (1998). Effects of roads on badger *Meles meles* populations in south England. *Biological Conservation*, 86:117-124.

Clevenger A.P., Chruszcz B., Gunson K.E. (2003). Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*, 109: 15-26.

Clevenger A.P., Chruszcz B., Gunson K.E. (2001). Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology*, 38: 1340-1349.

Conard J.M., Gipson P.S. (2006). Spatial and seasonal variation in wildlife-vehicle collisions. *The Prairie Naturalist*, 38(4): 251-260.

Doncaster C.P. (1999). Can badgers affect the use of tunnels by hedgehogs? *Lutra*, 42(1): 59-64.

Gosselink T.E., Van Deelen T.R., Warner R.E., Mankin P.C (2007). Survival and cause specific mortality of red foxes in agricultural and urban areas of Illinois. *Journal of Wildlife Management*, 71(6): 1862-1873.

Guter A., Dolev A., Saltz D., Kronfeld-Schor N. (2005). Temporal and spatial influence on road mortality in otters: conservation implications. *Israel Journal of Zoology*, 51: 199-207.

Jaarsma C.F., Van Langeveld F., Botma H (2006). Flattened fauna and mitigation: Traffic victims related to road, traffic, vehicle, and species characteristics. *Transportation Research Part D* 11, 264-276.

Lenders A., Pelzers E. (1982). The occurrence of the common hamster *Cricetus cricetus* on the northern limit of its distribution area in the Netherlands. *Lutra*, 25(2): 69-80.

Little S.J., Harcourt R.G., Clevenger A.P. (2002). Do wildlife passages act as prey-traps ? *Biological Conservation*, 107: 135-145.

McDonald W.R., Cassady St Clair C. (2004). The effects of artificial and natural barriers on the movement of small mammals in Banff National Park, Canada. *Oikos*, 105: 397-407.

Müller S., Berthoud G. (1995). Sécurité Faune/Trafic, manuel pratique à l'usage des ingénieurs civils. LAVOC-EPFL, pp.121.

National Roads Authority. Best practice guidelines for the conservation of bats in the planning of national road schemes. National Roads Authority, 8-9.

Orlowski G., Nowak L. (2006). Factors influencing mammal roadkills in the agricultural landscape of south western Poland. *Polish Journal of Ecology*, 54(2): 283-294.

Recorbet B. (1984). Réduction de la mortalité animale due à la circulation routière: expérimentation de dispositifs réfléchissants. *Bull. de liaison de la SFEPM*, 29-40.

Rondinini C., Doncaster C.P. (2002) Roads as barriers to movement for hedgehogs. *Functional Ecology*, 16: 504-509.

Sané R. (1998). Influence des routes sur les petits carnivores: rappels biologiques, état des lieux, perspectives. GEPMA/SFEPM.

Seiler A. (2002). Effects of infrastructure on nature. COST 341. Habitat fragmentation due to transportation infrastructures. The European review, European Commission, Directorate-General for Research, Brussel.

SETRA/CSTR (1987). Aménagement des infrastructures routières pour la faune sauvage. SETRA, pp.6.

Bibliographie AVIFAUNE

ROUTES

A. Généralités

BERTHOUD G., MULLER S., 1995. Sécurité faune/trafics, LAVOC, EPA.

BRETAGNOLLE V., THIOLLAY J-M., 2004. Rapaces nicheurs de France, distribution, effectifs et conservation, Delachaux & Niestlé, Paris.

CARSIGNOL J., SPAKE A., 1991. Dans l'environnement rural, le conflit route-faune sauvage. Recherche transports et sécurité n° 32.

LPO ALSACE, Synthèse mortalité rapaces (870 données récoltées de 1986-2003).

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT/MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, 1985. Colloque route et faune sauvage. Strasbourg, Conseil de l'Europe.

B. Mortalité routière et collisions

GENOT J-C., 2005. La Chevêche d'Athéna, *Athene noctua*, dans la Réserve de la Biosphère des Vosges du Nord de 1984 à 2004. Ciconia, 29 : 174-178.

MOURGUES J-C., 1985. De l'utilité des centres de sauvetage de la faune sauvage. Union Nationale des Centres de Soins. Ministère de l'Environnement. 45 p.

C. Aménagement de routes en déblais ou remblais : impact sur l'avifaune

BERTHOUD G., MULLER S., 1995. Sécurité faune/trafics, LAVOC, EPA.

LPO ALSACE, CONSEIL GENERAL DU BAS-RHIN, Protéger et gérer les haies le long des routes et des chemins (plaquette technique).

D. Engrillagement

CARSIGNOL J., 1991. Recensement national des passages pour la grande faune, Inventaire régions Champagne-Ardenne et Alsace Lorraine. 53 p.

B. Panneaux vitrés

SCHMID H., 2003. Vitres pièges mortels, Station ornithologique Suisse Sempach, Association Suisse pour la Protection des Oiseaux (ASPO).

C. Nuisances sonores

SANE F., 1998. L'Oedicnème criard en Alsace : répartition, densité, évolution de la population. Ciconia, 22 (1) : 1-17.

LIGNES ELECTRIQUES ET PYLONES

HECKER N., MANTE A., LUCCHESI J.L., 1992. Etude de la réaction des oiseaux aux différents systèmes de visualisation de la ligne moyenne tension sur le domaine du Vigueirat (commune d'Arles, Bouches-du-Rhône). Contrat EDF/Fondation Sansouire. 61 p. + annexes.

LPO ALSACE, 1993. Étude diagnostique « Lignes électriques et protection de l'Avifaune ». Étude réalisée grâce au soutien financier du Conseil Régional d'Alsace. 45 p. + Annexes.

LPO ALSACE, 1997. Inventaire des zones sensibles en matière de collision des oiseaux sur les réseaux électriques en région Alsace. DIREN Alsace, Conseil Régional Alsace. 83 p.

LPO ALSACE, 2004. Nouvelle ligne 63kV Dettwiller-Saverne, Etude avifaune initiale, 25 p.

RAEVEL P., TOMBAL P., 1992. Impact des lignes haute-tension sur l'avifaune. Les cahiers de l'A.M.B.E. vol 2 : 1-56.

VOIES FERREES

BERTHOUD G., MÜLLER S., 1995. Sécurité faune/trafics, LAVOC, EPA.

CHAMPS D'EOLIENNES

LPO ALSACE, 2006. Etude avifaune, projet éolien du Bonhomme. 58 p.

AERODROMES ET AEROPORTS

BERTHOUD G., MÜLLER S., 1995. Sécurité faune/trafics, LAVOC, EPA.

DGAC, 2006. L'action des aéroports dans la lutte contre le risque aviaire (cf. site internet de l'aviation civile).

BRIOT J-L., EUDOT A., LATY M., 1990. Les oiseaux des aéroports français, prévention du péril aviaire, Service technique de la navigation aérienne, DGAC, 64 p.

Liste des annexes

NOM FICHIER PDF	TITRE	SOURCE
	Documents et tableaux	
DOC0	Lettre de mission du Ministre d'État, M. Jean-Louis BORLOO	MEEDDAT, 2008
DOC1	cartographie de la trame verte en plaine d'Alsace (Ecoscop / Région Alsace)	Région Alsace 2003
DOC2	Impacts des infrastructures linéaires sur les amphibiens et les reptiles de France	rédaction BUFO 2008
TAB1a	Types d'impacts induits par les infrastructures linéaires affectant les espèces de reptiles et d'amphibiens d'Alsace.	rédaction BUFO 2008
TAB1b	Configurations, caractéristiques et attributs de description des infrastructures linéaires ayant un effet aggravant sur groupements d'espèces d'amphibiens et de reptiles de France	rédaction BUFO 2008
DOC3	Impacts des infrastructures linéaires sur les mammifères de France	rédaction GEPMA 2008
TAB2	Configurations, caractéristiques et attributs de description des infrastructures linéaires ayant un effet aggravant sur les espèces / groupements d'espèces de mammifères de France	rédaction GEPMA 2008
DOC4	Synthèse des impacts des infrastructures linéaires sur l'avifaune	rédaction LPO 2008
TAB3	Configurations, caractéristiques et attributs de description des infrastructures linéaires ayant un effet aggravant sur les groupements d'espèces d'oiseaux de France	rédaction LPO 2008
DOC5	Catalogue des passages à faune	
DOC5	Synthèse de l'histoire des projets de remontées faune sauvage sur le canal de la Marne au Rhin dans le département du Bas-Rhin de 1968 à 2006	Fédération Départementale des Chasseurs du Bas-Rhin (Braconnier, 2006)
DOC6	Catalogue des passages à faune	
DOC7	Efficacité d'un passage à faune spécifique, celui de Epfig (Bas-Rhin)	Fédération Départementale des Chasseurs du Bas-Rhin
DOC8	Méthodologie d'estimation de la franchissabilité d'un seuil en rivière	ONEMA / Saumon-Rhin
DOC9	Expertise de la franchissabilité des ouvrages hydrauliques transversaux par l'anguille dans le sens de la montaison - note méthodologique	Steinbach (11/2006)
	Cartographies	Odonat, 2008
	<i>la plupart des cartes ont été éditées en 2 versions : avec et sans fond "zones urbanisées Corine Land Cover". Les versions avec fond "zones urbanisées" sont dénommées CarteX_clc</i>	
CARTE1 / CARTE1_clc	Carte 1 - réseau routier revêtu en Alsace en fonction du classement des routes	
CARTE2 / CARTE2_clc	Carte 2 - réseau routier revêtu en Alsace en fonction de la largeur des routes	
CARTE3 / CARTE3_clc	Carte 3 - réseau routier revêtu dans le Bas-Rhin en fonction du trafic routier journalier	
CARTE4 / CARTE4_clc	Carte 4 - principaux tronçons routiers "équipés" (engrillagement grande faune) dans le Bas-Rhin	
CARTE5 / CARTE5_clc	Carte 5 - réseau fragmentant routier simplifié dans le Bas-Rhin	
CARTE5A / CARTE5A_clc	Carte 5A - réseau fragmentant dans le Bas-Rhin (test : largeur des routes corrélée au trafic routier)	
CARTE6A / CARTE6A_clc	Carte 6A - réseau fragmentant routier final dans le Bas-Rhin	
CARTE6B / CARTE6B_clc	Carte 6B - réseau fragmentant routier final dans le Bas-Rhin (fond trame verte Alsace, niveaux priorité confondus)	
CARTE6C / CARTE6C_clc	Carte 6C - réseau fragmentant routier final dans le Bas-Rhin (fond trame verte Alsace, 2 niveaux priorité)	
CARTE6D / CARTE6D_clc	Carte 6D - réseau fragmentant routier final dans le Bas-Rhin (fond : densité de routes par maille UTM 5 km x 5km en fonction de l'aire du réseau)	
CARTE7A	Carte 7A - Densité de routes par maille UTM 5 km x 5km en fonction de l'aire du réseau	
CARTE7B	Carte 7B - Densité de routes et chemins empierrés par maille UTM 5 km x 5km en fonction de l'aire du réseau	
CARTE7C	Carte 7C - Densité de routes par maille UTM 5 km x 5km en fonction de la longueur du réseau	
CARTE7D	Carte 7D - Densité de routes et chemins empierrés par maille UTM 5 km x 5km en fonction de la longueur du réseau	
CARTE8A / CARTE8A_clc	Carte 8A - Points de perméabilité potentielle (passages agricoles et ferrés, passages à faune) au sein du réseau fragmentant du Bas-Rhin (Classes 3 à 5)	
CARTE8B / CARTE8B_clc	Carte 8B - Points de conflit entre réseau hydrographique et réseau routier fragmentant du Bas-Rhin.	
CARTE8C	Carte 8C - Points de conflit potentiel entre connexions de la trame verte régionale et le réseau fragmentant routier du Bas-Rhin (Classes 3 à 5).	
CARTE8D / CARTE8D_clc	Carte 8D - Points de conflit répertoriés sur le réseau routier en Alsace.	
CARTE9	Carte 9 - aire de présence des espèces prioritaires "petite faune" dans le Bas-Rhin	
CARTE10	Carte 10 - réseau de canaux en Alsace représenté en fonction de l'aménagement des berges	
CARTE10A	Carte 10A - réseau hydrographique d'Alsace représenté en fonction de l'aménagement des berges	
CARTE11 / CARTE11_clc	Carte 11 - Réseau de transport d'électricité en Alsace et principaux sites sensibles pour l'avifaune	
CARTE12	Carte 12 - réseau de voies ferrées clôturées en Alsace	
CARTE13	Carte 13 - réseau hydrographique d'Alsace en fonction des contextes piscicoles	
CARTE14	Carte 14 - Cours d'eau d'Alsace (hors Rhin) désignés pour la conservation d'espèces prioritaires - priorités à l'échéance 2015	
CARTE15A	Carte 15A - Indice de la qualité du milieu physique des cours d'eau d'Alsace	
CARTE15B	Carte 15B - modification de l'inondabilité des cours d'eau d'Alsace	
CARTE15C	Carte 15C - modification des débits des cours d'eau d'Alsace	
CARTE16A / CARTE16Abis	Carte 16A - Franchissabilité piscicole des obstacles à l'écoulement d'origine anthropique recensés dans les lits mineurs des cours d'eau d'Alsace	
CARTE16C	Carte 16C - Franchissabilité des obstacles par les grands salmonidés migrateurs anadromes recensés dans les lits mineurs des principales rivières avec habitat de reproduction en Alsace.	
CARTEsmethodo	Méthodologie cartographique	
CARTEssources	listes des bases de données sources	
gestionprojet	Gestion de projet	Alsace Nature, 2008

Glossaire

APN : Association de Protection de la Nature
BD Base de Données
CETE : Centre Etudes Techniques de l'Equipement
CG67 : Conseil Général du Bas Rhin
COMOP : COMité OPérationnel
COST European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research
DCE : Directive Cadre sur l'Eau
DDAF 67 : Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
DIR : Direction Inter-régionale des Routes
DRE : Direction Régionale de l'Equipement
FNE : France Nature Environnement
IFEN : Institut français de l'Environnement
LGV Ligne Grande Vitesse
MISE : Mission Interministérielle des Services de l'Eau
ODONAT : Office des DOnnées Naturalistes
ONC : Office National de la Chasse et de la faune sauvage
PNRVN : Parc Naturel Régional des Vosges du Nord
PNRBV : Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges
RNN : Réserve Naturelle Nationale
RNR : Réserve Naturelle Régionale
RTE : Réseau de Transport d'Electricité
RFF : Réseau Ferré de France
SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion sur l'Eau
SANDRE : Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau
SDVP : Schéma Départemental à Vocation Piscicole
SETRA : Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
TVB Trame Verte et Bleue
ZNIEFF : Zones Naturelles d'Inventaire et d'Etudes Faunistiques et Floristiques
ZPS : Zone de Protection Spéciale