



Unité de recherche Ecosystèmes Montagnards

« Etat des lieux de la connaissance et des attentes des acteurs sur
l'impact des infrastructures de transport terrestre sur les paysages et
les écosystèmes »

***Synthèse bibliographique au niveau de l'arc alpin frontalier des
connaissances acquises sur l'impact des infrastructures de transport terrestre
sur les paysages, les écosystèmes et la biodiversité***

Novembre 2006

Convention MEDD n° CV05000136

Responsable scientifique :

Sylvie Vanpeene-Bruhier

Ingénieur du Génie Rural des Eaux et Forêts,
chargée de recherche

Email : sylvie.vanpeene@cemagref.fr

Tél. : 04 76 76 27 87

Chargée d'étude :

Julie Dalban-Canassy

CEMAGREF - Unité de recherche Ecosystèmes montagnards

2 rue de la papeterie BP 76
38402 Saint Martin d'Hères Cedex
Téléphone 04 76 76 27 27
Télécopie : 04 76 51 38 03

SOMMAIRE

Introduction	3
Préambule : les annonces, les engagements par rapport à la biodiversité	
I. Les engagements de l'Etat en faveur de la biodiversité et les programmes européens	5
II. Bilan LOTI : pour une amélioration des performances ?	8
III. Et ailleurs dans l'arc alpin ?	10
Chapitre 1. Les connaissances scientifiques	
I. Etat des lieux des connaissances	13
A. Les impacts sur les écosystèmes et la biodiversité	13
1. Effets directs	14
2. Effets indirects	20
3. Effets induits	29
4. Effets positifs	32
B. Les études spécifiques sur les espèces	33
C. Les impacts paysagers	37
II. Mise en évidence des lacunes	39
Chapitre 2. Transfert des connaissances	
I. Les colloques associant scientifiques et gestionnaires	43
II. Les programmes de recherche	43
III. Les publications de vulgarisation	44
A. Guides techniques et notes d'informations techniques	44
B. Sensibilisation locale	44
Chapitre 3. Les procédures d'études	
I. Contenu des études d'impacts	48
a. Le cadre des évaluations d'impacts	48
b. Le contenu exigé des études d'impacts	49
c. Des constats de lacunes dans les études d'impacts	49
d. Et ailleurs ?	50
II. Les mesures proposées dans les études d'impacts	51
A. Les diverses natures de mesures	51
B. Exemples de mesures mises en place dans le cadre de grands projets	54
C. Revue de mesures ponctuelles	57
D. Le suivi des mesures	61
E. Entretien et gestion des bords d'infrastructures	63
III. Attentes des acteurs	64
A. Les études d'impact	64
B. Mesures et suivi	68
Chapitre 4. Propositions	
Contexte du plan transport de la stratégie nationale pour la biodiversité	70
Besoins en recherche scientifique	70
Prendre en compte le plus en amont possible l'environnement	72
Contenu et rédaction des études d'impacts	74
La production des bilans après mise en service	75
Quelques propositions techniques	75
Conclusion	77

Bibliographie thématique	
Généralités sur les impacts sur l'environnement et les écosystèmes	78
Réglementaire	80
Autoroute / environnement	81
Train / environnement	82
Impacts	82
Pollution	83
Fragmentation	87
Corridors	89
Bruit	90
Mortalité de la faune	90
Faune en général	91
Grands mammifères : Ongulés, cervidés, Blaireau, Loutre, Renard...	92
Petits mammifères : Hérisson, Chauve-souris...	93
Oiseaux	94
Amphibiens / reptiles	96
Invertébrés, Arthropodes, Insectes	97
Milieu aquatique	98
Végétation	98
Plantes invasives	99
Paysage	99
Aménagement / gestion / suivi / mesures	99
Passages à faune	103
Etude d'impact et évaluation	104
Protection infrastructures / risques naturels	106
Alpes	106
Natura 2000 / espaces naturels	107
Etudes de cas	108
Sites internet	110
Liste des encarts	
Encart 1 : Le CSCF : Centre Suisse de Cartographie de la Faune	11
Encart 2 : Exemples de plantes invasives, la Renouée du Japon et l'Ambroisie	16
Encart 3 : Données sur l'écrasement de batraciens (étang du Grand Lemps, Isère)	17
Encart 4 : Les corridors biologiques	26
Encart 5 : La tourbière du Luitel	29
Encart 6 : L' autoroute de Maurienne A43	55
Encart 7 : La voie ferrée Lyon-Turin	56
Liste des tableaux et figures	
Tableau 1 : Surfaces de voiries des différents types d'infrastructures de transport	15
Tableau 2 : Moyenne des animaux tués par an sur les voies ferrées et les routes en Suisse	18
Tableau 3 : Observation de carnivores en bord de route par les agents ONFCS	34
Tableau 4 : Etapes de l'évaluation d'un projet d'infrastructure de transport terrestre	39
Tableau 5 : Classement par taxon des références bibliographiques recensées pendant l'étude	48
Tableau 6 : Mesures selon les étapes d'un projet d'infrastructure de transport et par impact	53
Figure 1 : Impact d'une chaussée sur des paramètres physiques	21
Figure 2 : Carte d'une partie du Land de Thuringe UZVR Henneberg-Westgrabfeld	25
Figure 3 : Aménagement d'une bordure de passage à faune multi-espèces	59

INTRODUCTION

En Europe, les déplacements de personnes ont doublé en 25 ans. Le transport de marchandises a lui augmenté de 80%. Les tendances pour 2020 annoncent un nouveau doublement du trafic de personnes et de marchandises avec la progression du transport routier et aérien et la régression du rail et du fluvial.

La voiture particulière assure 84 % des déplacements des personnes¹, le transport routier 75 % des marchandises². Devant l'augmentation sans cesse croissante du trafic de transport de marchandises dont la part principale est constituée par le transport routier (+ 3 % par an pour les camions), il convient de s'interroger sur l'impact environnemental et paysager des infrastructures de transport ; les impacts directs, indirects et induits seront à prendre en compte tant sur l'écosystème et leur flore et faune associées, donc sur la biodiversité, que sur les paysages.

Dès 2001, l'augmentation importance du transport routier transfrontalier de marchandises dans le corridor rhodanien et l'axe alpin, a été soulignée dans le livre blanc de la commission européenne comme un enjeu majeur à résoudre par le rééquilibrage route – rail. L'ouverture de l'Europe vers l'Est a encore renforcé la fréquentation de cet axe facilement engorgé en raison de ses conditions de trafic (tunnels avec les accidents de 1999 et 2005).

A cette importance économique du corridor de transport alpin transeuropéen, s'ajoutent les particularités écologiques et sociales de cette région qui justifient de se consacrer spécifiquement à la zone alpine.

En effet, la zone des Alpes est très intéressante à étudier de par ses spécificités et les enjeux importants en termes de biodiversité mais aussi en raison de la multifonctionnalité de l'espace dans un environnement spatialement contraint : infrastructures de transport terrestre, agriculture intensive, urbanisation résidentielle, industries et des milieux naturels plus ou moins modifiés, les cours d'eau et leur ripisylve et milieux humides associés. Il peut ainsi, dans cet espace, y avoir des interactions synergiques ou conflictuelles entre différentes occupations et utilisations de l'espace.

La création d'infrastructure de transport implique aussi dans ces vallées, une prise en compte des risques naturels qui peuvent mettre en danger la sécurité des biens et des personnes et engendrer des interruptions de trafic. Il s'agit d'aléas tels avalanches, chutes de blocs, glissements de terrain, érosions torrentielles, congères. La prévention, de ces risques naturels conduit très souvent à de nouvelles infrastructures de génie civil (barrière anti-neige, pare-avalanches, filet anti-chute de blocs) dont l'implantation sur les versants surplombant l'infrastructure peut avoir un effet direct sur des écosystèmes fragiles ou rares et un impact paysager non négligeable.

Les Alpes voient les infrastructures de transport de plus en plus utilisées avec, depuis 1999 (accident du tunnel du Mont Blanc), des reports de flux de véhicules non négligeables d'une vallée à l'autre, le tout dans un contexte global d'augmentation des transports surtout routiers. La configuration topographique des vallées et les conditions climatiques (exposition et régime des vents) induisent des effets particuliers des infrastructures tant en terme de choix techniques d'implantation des infrastructures (déblai remblai, soutènement, tunnel, viaducs...), que des milieux naturels concernés (ripisylves et zones humides de fond de vallée, prairies ou cultures permettant un système d'exploitation équilibré, pelouses calcaires et sèches de certains versants...), que de concentration des pollutions et des nuisances.

L'appel d'offre du MEDD auquel répond ce rapport, identifie 3 enjeux :

Etablir un état de la connaissance,

Faire un bilan des attentes de la part des acteurs,

Construire un questionnement permettant de donner lieu à un appel d'offre de recherche.

Notre proposition de synthèse et d'analyse critique de la bibliographie existante (articles publiés mais aussi rapports d'étude et études d'impact) permet de faire le point sur les connaissances existantes en France et dans l'arc alpin (principalement Suisse, Italie et Autriche), de dégager les thèmes pour lesquels les connaissances sont acquises et transposables, d'identifier les domaines pour lesquels des études ponctuelles existent mais nécessitent une réflexion pour pouvoir les

¹ En personnes.kilomètres

² En tonnes.kilomètres

transposer ou les généraliser, de répertorier les lacunes dans la connaissance et enfin de faire des propositions de thèmes de recherche à soutenir par des appels d'offre spécifiques.

Une grande attention fut portée à l'analyse de types de réalisation d'infrastructures menées avec un réel souci de prise en compte de l'environnement et du paysage afin d'analyser l'impact qu'a eu localement cette prise en compte mais aussi de voir comment ces acquisitions de méthodes de travail et de concertation ont ou n'ont pas été capitalisées et utilisées pour d'autres infrastructures plus récemment construites. Cette analyse fine a été menée sur la vallée de la Maurienne.

Méthodologie

Notre **recherche bibliographique** porte sur les articles, livres, thèses et rapports publiés sur le sujet en France et dans les pays de l'arc alpin frontalier (Suisse, Autriche et Italie principalement), mis à disposition par les services de documentation des organismes (IGA, CETE, INRETS...), la consultation des experts dans les bureaux d'études ou les sociétés régissant la construction ou la gestion des infrastructures de transports (SFTRF, RFF, AREA...), les données disponibles sur Internet (sur l'écologie, les transports, les pollutions...). Elle vise aussi par des recoupements et des enquêtes auprès d'organismes ou personnes ressource à mettre à jour la littérature grise sur le sujet : études d'impact, rapports non diffusés et non répertoriés dans les bases de données, observations naturalistes ou relevés d'associations de protection de la nature, rapports de suivi de mesures compensatoires...

Pour **les entretiens**, ont été interrogés des partenaires institutionnels à l'origine ou gérant des infrastructures ainsi que des bureaux d'études qui ont travaillé sur ces études d'impacts, sur la base d'un questionnaire élaboré (notamment concernant les études d'impacts et en insistant sur les lacunes ou problèmes rencontrés par les acteurs).

La synthèse bibliographique est effectuée à partir de toutes les données recueillies lors des lectures, qui auront été au fur et à mesure classées en fonction de :

- catégories d'impacts (directs, indirects, induits, positifs),
- cibles (paysage, espèces, habitats),
- procédures (études d'impacts, évaluations d'impacts, mesures compensatoires, suivi),
- la présence de lacunes (pour la recherche scientifique, pour les études d'impacts, sur un projet de construction),
- propositions éventuelles.

Cette étude réunit des chercheurs de différentes disciplines : écologie, géographie, paysagisme d'aménagement, agronomie, gestion des risques naturels, socio-économie, sociologie... au sein du Cemagref mais également avec d'autres partenaires (CETE, CERTU, INRETS, réseau alpin des espaces protégés, Institut de la montagne, Institut de géographie alpine, Université Joseph Fourier, Engref...).

Les grandes questions concernant les émissions de gaz responsables de l'effet de serre qui peuvent induire des modifications des écosystèmes n'ont pas été traitées dans cette étude de même que les impacts sur la santé publique.

Toutefois, il a été demandé, par le Ministère de l'écologie sur cet appel d'offre, de prendre en compte l'aspect de l'impact paysager des infrastructures de transports terrestres pour lequel la dimension humaine prédomine largement.

PREAMBULE

Les annonces sur les impacts des transports sur l'environnement Les engagements par rapport à la biodiversité

I. Les engagements de l'Etat en faveur de la biodiversité et les programmes européens

Le déclin continu des habitats naturels et du nombre d'espèces en Europe joint à la nature persistante des menaces (fragmentation des milieux naturels, destruction des biotopes, perte de fonctionnalités des espaces vitaux...) ne laisse aucun doute sur la nécessité d'une action urgente d'envergure en faveur de la conservation du patrimoine naturel européen [Berthoud et al., 2004].

La Stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère constitue une réponse européenne visant à favoriser l'application de la Convention sur la diversité biologique (signée lors du « Sommet de la Terre » en 1992 à Rio). Elle fait suite notamment à la déclaration de Maastricht, « Conserver le patrimoine naturel de l'Europe » (1993) et s'appuie sur la Convention de Berne (1979), la Stratégie européenne de conservation (1990), les conférences ministérielles de Dobris et de Lucerne (1991 et 1993), la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (1992). Ses buts peuvent se résumer ainsi :

- Réduire sensiblement ou, si possible, éliminer complètement, les menaces qui pèsent actuellement sur la diversité biologique et paysagère de l'Europe.
- Consolider la diversité biologique et paysagère de l'Europe.
- Renforcer la cohérence écologique de l'Europe dans son ensemble.
- Assurer la pleine participation du public à la conservation des différents aspects de la diversité biologique et paysagère.

La stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère a ainsi pour but d'encourager une mise en œuvre plus concertée et par conséquent plus efficace de politiques, des initiatives, des mécanismes, des fonds, des programmes de recherches scientifiques et des informations existantes afin de préserver et d'améliorer la diversité biologique et paysagère en Europe.

Lors de la mise en œuvre des actions, la Stratégie s'organise en plans d'actions quinquennaux qui définissent les actions principales à réaliser pour appliquer les séries d'objectifs de chaque plan. Le plan d'actions 1996-2000 avait parmi ses thèmes prioritaires la constitution d'un Réseau Ecologique Paneuropéen (REP). La mise en place de ce dernier a été décidé par la Conférence ministérielle paneuropéenne « Un environnement pour l'Europe » de Sofia le 25 octobre 1995. Les lignes directrices générales pour la constitution de ce REP ont été adoptées lors de la 3^{ème} réunion du Conseil pour la Stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère à Genève le 21 avril 1999. Le REP doit être mis en œuvre pour la conservation des zones nodales d'ici 2008.

Il doit favoriser la conservation de la nature à la fois à l'intérieur et à l'extérieur des zones protégées. Il vise à la conservation des écosystèmes, des habitats naturels et des paysages d'importance européenne ainsi que la sauvegarde d'espèces sur toutes leurs aires de répartition traditionnelle et des processus environnementaux sur lesquels reposent ces écosystèmes, habitats, espèces et paysages. Il repose essentiellement sur les réseaux européens existants, notamment le réseau Natura 2000 de l'Union Européenne et son extension aux Etats non-membres, le Réseau Emeraude de la convention de Berne. Il renforcera donc la cohérence des réseaux en place et améliorera les corridors, les zones tampons et la restauration des zones détériorées. Ainsi, les espèces animales et végétales pourront migrer librement au sein de ce REP.

La convention sur la diversité biologique, lancée lors du sommet de la Terre à Rio en 1992, a pour but de maintenir la biodiversité, de veiller à une utilisation durable de ses ressources et de partager équitablement les avantages qui en découlent. Les chefs d'états et de gouvernements se sont engagés à parvenir d'ici 2010 à une réduction significative de l'appauvrissement de la biodiversité.

La stratégie nationale pour la biodiversité, dont s'est dotée la France conformément à ses engagements lors de la signature de cette convention sur la diversité biologique, a pour objectifs de coordonner des orientations précises et des mesures concrètes en faveur de la biodiversité. Dans ce cadre, sept premiers plans d'actions ont été élaborés pour mettre cette politique en œuvre, portant sur

les domaines clés de l'agriculture, les infrastructures de transports terrestres, l'international, la mer, le patrimoine naturel, les projets de territoires, l'urbanisme.

Parmi ceux-ci, le **plan d'action « infrastructures de transports terrestres »** [*Ministère des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer, 2005*] a pour objet de contribuer aux finalités de la stratégie par une meilleure prise en compte des enjeux environnementaux dans l'élaboration des projets, la construction, l'entretien et l'exploitation des infrastructures de transports terrestres. Ce plan s'articule autour de cinq orientations : la sensibilisation et l'information, le développement de partenariats et d'expertises, la connaissance de la biodiversité, la préservation et la restauration d'habitats, la préservation et la non-perturbation d'espèces, la recherche scientifique et l'observation. Les enjeux importants à relever sont la consommation d'espace, la fragmentation du territoire, les modifications de l'environnement ou encore la préservation et la mise en place de corridors biologiques. Cette prise en compte des corridors biologiques devra s'intégrer et être déclinée en relation avec les différentes politiques d'aménagement (grands projets, agriculture, maîtrise foncière...).

Selon ce plan, un rééquilibrage est nécessaire entre les différents modes de transport afin d'éviter une prédominance excessive du transport routier par rapport aux autres modes. Le trafic ferroviaire (et en particulier le fret ferroviaire) dispose d'un potentiel de développement important.

Au niveau européen, d'autres réflexions rejoignent les objectifs du plan d'action « infrastructures de transports terrestres » français, par des textes réglementaires ou encore par des réseaux de recherche et de mise en commun d'actions.

- **La Convention alpine** : signée en 1991, elle lie les huit pays de l'arc alpin (Allemagne, Autriche, France, Italie, Liechtenstein, Monaco, Slovaquie et Suisse) ainsi que l'Union européenne qui ont décidé de joindre leur efforts pour la préservation et le développement durable de l'ensemble du massif alpin grâce à une politique globale couvrant plusieurs secteurs. Les enjeux sont à la fois économiques, sociaux et environnementaux, ce qui explique l'éventail des thèmes traités dans ce cadre : agriculture, tourisme, transport, préservation des paysages, risques naturels... La coopération transfrontalière constitue un élément essentiel aux objectifs de développement durable.

Dans le cadre de la Convention cadre, les parties contractantes s'engagent à mettre en valeur l'espace alpin dans le respect de l'environnement, c'est-à-dire à garantir un bon équilibre entre l'économie, l'écologie et le social. Outre un protocole « aménagement du territoire et développement durable » et « protection de la nature et entretien du paysage », elle est également constituée d'un protocole « transports » (octobre 2000, mise en application française en octobre 2005). Il a pour but de « réduire les nuisances et les risques dans le secteur du transport inter alpin et transalpin, de telle sorte qu'ils soient supportables pour les hommes, la faune et la flore ainsi que pour leur cadre de vie et leurs habitats » (art.2, al. 2, lit.j) [*Commission Internationale pour la protection des Alpes, 2005*], ainsi que de « limiter les effets susceptibles de mettre en danger le rôle et la biodiversité de l'espace alpin et la conservation de son patrimoine naturel et culturel » (art.1 ; lit.c). Les parties contractantes s'engagent à mener une politique durable des transports qui [*Protocole d'application de la convention alpine, 2000*] :

- réduise les nuisances et les risques dans le secteur du transport intra-alpin et transalpin, de telle sorte qu'ils soient supportables pour les hommes, la faune et la flore ainsi que pour leur cadre de vie et leurs habitats, notamment par un transfert sur la voie ferrée d'une partie croissante du trafic, en particulier du trafic de marchandises et par la création des infrastructures appropriées et de mesures incitatives conformes au marché ;

- contribue à réduire et, dans la mesure du possible, évite les effets susceptibles de mettre en danger le rôle et la biodiversité de l'espace alpin - dont l'importance dépasse les limites des régions alpines - et la conservation de son patrimoine naturel et culturel.

En outre, les parties contractantes conviennent d'exécuter des travaux de recherche et des observations systématiques et aussi de coopérer au niveau légal, scientifique, économique et technique avec des organisations internationales gouvernementales et non-gouvernementales. Ces dernières sont appelées en tant qu'observateur et on retrouve, entre autres, l'AEM (Association européenne des Elus de Montagne), la CIPRA, le Club de l'arc alpin, Euromontana, l'IUCN (Union Mondiale de la Conservation de la Nature), l'UNEP (programme environnemental des Nations Unies) ainsi que des partenaires tels que le réseau de communes « Alliance dans les Alpes », Via Alpina et Réseau alpin des espaces protégés.

Cette coopération transnationale entre régions montagneuses joue donc un rôle essentiel pour la mise en place d'un réseau écologique inter massif et de liaisons de biotopes, dans lequel s'inscrivent les corridors écologiques. C'est dans ce cadre que le réseau alpin des espaces protégés a

été chargé en 2004 par le comité permanent de la convention alpine d'une étude sur la mise en œuvre d'un tel réseau écologique dans les Alpes. Ce travail a abouti à l'édition d'un document de référence intitulé « Réseau écologique transfrontalier » en 2004.

Le réseau alpin des espaces protégés fédère tous types d'espaces protégés de grande taille, ayant du personnel et une intervention sur le terrain (gestion du territoire, accueil du public). Il permet, depuis 10 ans, un échange intense entre les parcs alpins, les réserves naturelles, réserves de biosphère et d'autres formes de protection, sans oublier l'implication des organismes et institutions de protection de la nature, des acteurs locaux, des populations et des scientifiques. Il a pour objectif la mise en commun des savoir-faire, des techniques et des méthodes des gestionnaires d'espaces protégés alpins. Il promeut la coopération dans les domaines suivants :

- Protection et gestion des espaces protégés des Alpes ainsi que de leurs ressources naturelles, habitats et espèces en prenant en considération les conventions et directives internationales en vigueur et, notamment, les dispositions pour la mise en place du Réseau Natura 2000.
- Développement d'un tourisme maîtrisé en cohérence avec la conservation du patrimoine et le projet économique territorial.
- Soutien de l'agriculture et de la sylviculture de montagne concourant au maintien de la biodiversité.
- Sensibilisation, information et formation du grand public et de la population locale sur les enjeux naturels et culturels des Alpes.

Il agit par la mise en commun de moyens de communication, l'initiation de projets européens, la mise en place de formations et d'outils de coopération des espaces alpins protégés.

Les actions du Réseau Alpin s'inscrivent résolument dans le cadre de la Convention Alpine et de ses protocoles d'application et il s'intéresse, notamment pour les transports, aux projets d'infrastructures dans les Alpes. Elles sont définies par son comité de pilotage international, constitué de représentants des espaces protégés de tous les pays alpins et sont validées par l'Assemblée Générale. Le réseau coopère directement avec le secrétariat permanent de la Convention Alpine pour toute action touchant aux espaces protégés, pour le développement de banques de données et des études et expertises en lien avec les politiques de protection de l'espace naturel et culturel des Alpes. Sa mission fondamentale se réfère à l'article 12 du protocole « Protection de la nature et entretien des paysages » de la Convention Alpine.

- Programme COST 341 (Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure) :

Les représentants de 12 pays européens lors de la réunion du groupe d'experts européen Infra Eco Network Europe (IENE) tenue en Roumanie du 9 au 11 octobre 1996 ont souligné le besoin de coopération et d'échange d'information concernant la fragmentation d'habitat provoquée par les infrastructures au niveau européen. Les participants ont identifié que des actions concertées sont nécessaires.

Le COST 341 (Cooperation in the field of Scientific and Technical research), initié en 1998 est issu de cette réflexion. Il a pris fin en 2003 par une conférence IENE à Bruxelles les 11-12 novembre. Seize pays y ont participé (Autriche, Belgique, Chypre, République Tchèque, Danemark, France, Hongrie, Irlande, Pays Bas, Norvège, Portugal, Roumanie, Espagne, Suède, Suisse, Royaume Uni) et une ONG (Centre européen pour la conservation de la nature).

Son principal objectif était de promouvoir une infrastructure de transport pan-européenne durable au travers de mesures de recommandations et de procédures de conception ayant pour but de préserver la biodiversité et réduire les accidents de la route, et par conséquent les victimes parmi la faune. Il établit la situation actuelle de la fragmentation des habitats provoquée par la construction et l'utilisation des réseaux de transport en Europe. Les pratiques européennes les plus innovantes et efficaces concernant des méthodologies, des indicateurs, la conception technique et des procédures pour éviter, réduire et compenser les effets nuisibles sur la nature, seront recueillies dans un manuel de bonnes pratiques. Une base de données offrira l'information en ligne sur l'expertise européenne, des données sur la littérature existante et un glossaire des termes utilisés dans le domaine de la fragmentation d'infrastructure et d'habitat.

Tout d'abord, la recherche sera effectuée par chaque pays participant séparément. Il est souhaitable que chaque pays soit représenté par des établissements des deux secteurs, transport et environnement, afin d'améliorer la qualité de l'étude. Ensuite, l'information fournie par les études nationales sera analysée et compilée afin de produire un rapport européen unique. En France le rapport national a été rédigé par le CETE (Carsignol, Billon, 2000)

Les conclusions de l'évaluation préliminaire effectuée dans les pays membres de l'IENE peuvent être récapitulées comme suit :

- La quantité de recherche effectuée jusqu'ici (si applicable) n'est pas suffisante pour fournir un fond scientifique adéquat afin d'offrir des solutions satisfaisantes au problème.
- Il y a très peu de mesures mises en application et/ou prévues pour atténuer et/ou compenser les pertes et les perturbations produites par fragmentation.
- Des différences importantes existent parmi les pays européens quant aux connaissances et savoir-faire scientifiques, les espèces et le paysage affectés, la conscience et les développements.

Cette mise en commun d'informations apportera de nombreux avantages tels que la réduction de l'impact engendré par une infrastructure linéaire de transport sur l'héritage biologique européen grâce à la mise en place de mesures scientifiques uniformes. En apprenant des erreurs passées et en évitant les lacunes en recherche grâce au manuel de bonnes pratiques, les travaux du COST 341 permettront un gain de temps et d'argent et une amélioration de la sécurité routière. La mise en œuvre de normes techniques permettra la fabrication plus rationnelle des produits connexes (écoducs, tunnels, barrières) ce qui peut engendrer des emplois. L'intégration européenne des procédures de planification et des impératifs techniques pour l'exécution des mesures de réduction et de compensation ainsi qu'un appui scientifique et technique à l'exécution des réseaux de transports trans-européens (TEN-T) sont également envisagés.

Les travaux parus à ce jour concernant ce programme sont, entre autres, un manuel européen (pour donner une ligne directrice lors des phases de planification, construction et conception des infrastructures de transport afin d'éviter ou réduire la fragmentation des habitats), une revue européenne (compilation des seize rapports nationaux écrit par les pays participants afin de résumer les recherches scientifiques fondamentales et appliquées et identifier les lacunes dans les connaissances) et une base de données (recensant toute la littérature et les recherches effectuées sur le sujet).

L'IENE a organisé les 13-15 septembre 2006 à Poznan (Pologne) un colloque dont il serait intéressant de consulter les actes lors de leur parution « Influence of transport infrastructure on nature ».

Le centre thématique de l'environnement terrestre (European Topic Centre Terrestrial Environment) est un consortium de 10 organisations³ d'états membres de l'union européenne. Il est l'un des centres de l'agence européenne pour l'environnement, il est basé à Barcelone (université autonome de Barcelone). Il implique le réseau européen d'information et d'observation (EIONET dans lequel 33 pays participent). Il a pour thématique principale les changements spatiaux afin de prendre en compte le développement durable et la préservation de l'environnement. Il développe des outils et des méthodes et en particulier des indicateurs environnementaux et des cartographies thématiques. Les principaux outils sont la couverture Corine Land Cover (CLC2000) et sa mise à jour en 2006 (CLC2006), le système d'information géographique sur l'environnement terrestre (TERRIS) qui permet de faciliter l'analyse spatiale et le développement d'indicateurs environnementaux utilisés dans les décisions publiques. Cette base de données n'est pas disponible pour la diffusion publique, seuls sont diffusés les applications issues des travaux de l'ETCTE. Ce centre thématique utilise actuellement cette base de données TERRIS pour analyser la fragmentation des milieux à l'échelle de l'Europe. [Breton, 2006]. Ce travail commencé en 2002 analyse l'impact des routes sur les zones vertes en terme de fragmentation du point de vue structurel mais aussi sur les espèces. En 2007 ce travail devrait être complété en intégrant les taux de mobilité des espèces.

II. Bilan LOTI : pour une amélioration des performances ?

Dans le domaine des transports, l'environnement constitue encore dans les esprits une « contrainte » et est souvent estimé comme source de surcoûts et d'ennuis. La dimension environnementale du développement durable n'est pas toujours partagée par l'ensemble des acteurs. Généralement, on

³ The Danube Delta National Institute, Roumanie ; l'Institut Français de l'Environnement, France ; l'Institut Géographique National, France ; the Institute of Geodesy, Cartography and remote-sensing, Hongrie ; GISAT, République Tchèque ; the Geological Survey, Finlande ; Ministère de l'Environnement d'Andalousie, Espagne ; the Umweltbundesamt Wien, Autriche ; Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, Italie.
Site internet : <http://terrestrial.eionet.europa.eu>

constate une certaine difficulté à assurer une prise en compte de l'environnement à son juste niveau dans les réflexions d'analyse de la valeur relatives aux projets d'infrastructures et de la notion de services assurés par l'environnement. Il serait nécessaire d'aborder les aspects environnementaux sous un angle fonctionnel en mettant en évidence la structuration environnementale du territoire et en définissant les conditions de mise en cohérence des infrastructures. Cette formalisation des enjeux fonctionnels de l'environnement doit être partagée par l'ensemble des acteurs et devrait permettre d'aboutir à des relations partenariales. Or un véritable partenariat s'enrichit d'une participation en amont car elle évite la constitution de conflits et permet une construction collective des projets. Lorsque le débat ne démarre pas suffisamment en amont, les contradictions restent. Les associations éprouvent le sentiment de ne pouvoir intervenir face à des décisions déjà prises. Il serait utile que les maîtres d'ouvrage sollicitent ce partenariat en amont. Ce souhait de réflexion globale très en amont est traduit dans les dispositions initiant le débat public (Commission du débat public) mais l'échelle n'est pas forcément celle qui correspond aux impacts environnementaux.

Conscient que les infrastructures de transport engendraient des effets pas forcément identifiés au moment des études d'impact, le législateur a souhaité que tout projet important d'infrastructure de transport s'insère dans une réflexion globale prenant en compte différents critères (Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs du 30 décembre 1982 dite L.O.T.I.). Ceux-ci concernent des besoins des populations et des activités localisées dans les territoires desservis, la complémentarité et la coopération des différents modes de transport pour la satisfaction de ces besoins, la nécessité d'une information claire pour le grand public. Le dossier doit aussi expliciter les choix d'investissements publics effectués par l'État et les collectivités territoriales.

Ceci relève de l'article 14 de la L.O.T.I. [*Loi n°82-1153 du 30 décembre 1982. Chap. III, Art. 14.*] « *Les grands projets d'infrastructures et les grands choix technologiques sont évalués sur la base de critères homogènes permettant de procéder à des comparaisons à l'intérieur d'un même mode de transport et entre différents modes ou combinaisons de modes. Ces évaluations sont rendues publiques avant l'adoption définitive des projets concernés.* »

Outre cette phase d'information du public avant la création de l'infrastructure, ce même article 14 prévoit en cas de financement public, la publication d'un bilan des résultats économiques et sociaux de l'infrastructure. La prise en compte de l'environnement bien que non explicitement citée est comprise dans le bilan social de l'infrastructure « *Lorsque ces opérations sont réalisées avec le concours de financements publics, un bilan des résultats économiques et sociaux est établi au plus tard cinq ans après leur mise en service. Ce bilan est rendu public.* » (art 14, LOTI).

En application de l'article 14, un bilan LOTI examine l'infrastructure dans son contexte d'application pour en apprécier ses effets par rapport à une situation de référence et juger de son impact par rapport aux objectifs poursuivis. Il s'agit d'une recherche de l'amélioration de ses performances.

La manière dont ces bilans exigés par la loi et leur mode de communication au grand public qui doit en être le destinataire ont été étudiés car après 20 ans d'application, ils ne semblaient pas avoir répondu aux attentes du législateur. Même si la loi date de 1982, seuls quelques bilans sont disponibles. C'est pourquoi le Conseil Général des ponts et Chaussées/ du Génie Rural, des Eaux et Forêts ainsi qu'un groupe de travail du PREDIT les ont analysés pour en tirer des enseignements permettant d'en mettre en évidence les lacunes et d'améliorer leur pertinence et leur diffusion. Voici quelques éléments tirés de ces études.

Les études peuvent paraître lourdes par rapport aux enseignements que l'on peut en tirer sur l'efficacité de l'infrastructure mise en service [*Ministère de l'Équipement, des transports, de l'aménagement, du territoire, du tourisme et de la mer. Autoroute A 57. Bilan LOTI*]. La pertinence des réflexions peut également être limitée par la difficulté de retrouver les études initiales support du dossier d'enquête d'utilité publique, c'est le problème classique des bilans LOTI. La loi prévoit que le bilan des opérations doit être mis à la disposition du public. Cette disposition permet au public, consulté lors de l'enquête préalable, de connaître les résultats de la réalisation. La mise à disposition doit être annoncée dans au moins 2 journaux. Encore faut-il que la consultation des documents n'exige pas un effort physique et intellectuel disproportionné par rapport à l'intérêt que le public peut avoir pour les sujets. Or les documents actuels ne peuvent concerner qu'un public de spécialistes soit du transport, soit de l'environnement. Les conclusions essentielles qui peuvent être tirées de la masse considérable d'informations recueillies devraient être mieux mise en relief. L'étude du Conseil Général des Ponts et Chaussées / du Génie Rural, des Eaux et Forêts demande en 1999 que les bilans

ultérieurs soient accompagnés d'une synthèse bien illustrée (cartes) et facilement compréhensible par les non-spécialistes [*Conseil Général des Ponts et Chaussées / du Génie Rural, des Eaux et Forêts, 1999*].

L'étude du PREDIT [*PREDIT, 1999*] s'intéressait à la manière dont ces bilans sont réalisés en insistant sur les dimensions méthodologiques et organisationnelles (qui sont les acteurs impliqués dans l'élaboration des bilans et quelles sont leurs relations et leurs contraintes ? Comment ils sont diffusés au public. Elle en conclut que si les évaluations a priori (études d'impacts...) sont bien rentrées dans les mœurs, les évaluations a posteriori restent quant à elles encore rares. Les procédures d'évaluation ont un contenu et une portée trop différents selon les situations géographiques et économiques des villes ou des régions prises en compte. Ces contradictions peuvent remettre en cause la pertinence même de la procédure. Le nombre de bilans LOTI réalisés à ce jour est très limité.

Les pratiques d'évaluation a posteriori dans le domaine des infrastructures sont peu nombreuses et limitées. Les bilans des autoroutes tendent à constituer un catalogue exhaustif, constitué d'études lourdes et onéreuses, sans être assuré de répondre aux demandes des partenaires en grande partie parce que les études n'appréhendent que des effets à court terme.

On constate des situations de tensions entre les acteurs et les organisations qu'ils représentent résultant d'une définition ambiguë du rôle de chacun : celui qui finance les bilans LOTI et qui en porte la responsabilité publique, celui qui est chargé de la réalisation des études du bilan ou bien encore l'organisme d'évaluation. Les situations de tensions observées ont comme point de départ la volonté de maîtriser le contenu de l'expertise : chacun tente d'imposer aux autres sa propre définition de la situation.

Enfin, comme les conditions de diffusion publique sont peu explicites dans le décret d'application, celle-ci est avant tout perçue comme un acte gênant. On redoute une remise en question des résultats, et surtout que l'information fournie au public soit reprise contre les projets à venir.

Ces conclusions assez négatives en 1999 sont encore d'actualité aujourd'hui car les bilans LOTI ne sont pas plus utiles et facilement accessibles (com. Pers., Noblet J.F.). Cet outil qui semblait prometteur n'a donc pas permis d'obtenir des résultats pouvant être transférés à de nouveaux projets.

III. Et ailleurs dans l'arc alpin ?

Afin de diminuer l'impact environnemental des flux de marchandises, la Suisse et l'Autriche ont imposé une politique systématique de mise sur rail des poids lourds sur leurs principaux axes [*Dro et al., 1994*], alors qu'en France $\frac{3}{4}$ des marchandises sont encore transportées par la route [*Commission Internationale pour la protection des Alpes, 2005*].

En Suisse, des dispositions constitutionnelles encouragent la protection de la faune et régulent la construction des voies de circulation routière et ferroviaire [*De Saadeler et al., 2003*]. Le droit suisse impose la mise en balance des différents intérêts en conflit et accorde dans certains cas, par exemple pour l'application de la directive Habitats⁴, une primauté aux intérêts écologiques. En privilégiant la prise en compte de l'environnement dans le processus de décisions, cette évaluation peut non seulement contribuer à l'amélioration de l'ouvrage mais aussi garantir son intégration dans l'environnement naturel.

Ainsi, une directive DETEC fixe la largeur des installations spécifiques pour la faune. Le réseau des autoroutes et des routes principales doit être assaini en 51 points d'ici 15 ans pour améliorer la perméabilité de ces réseaux aux petits animaux. Ces travaux sont planifiés lors des prochains entretiens de la chaussée [*Righetti, 2005*].

La Suisse s'orienterait vers un développement des transports de personnes entre les villes principales exclusivement par voie ferrée souterraine. Le transport souterrain permet en effet d'éviter la destruction d'habitats et la fragmentation du paysage. Par contre un bilan environnemental exhaustif serait nécessaire en prenant en compte l'impact des travaux percement, la consommation d'énergie pour assurer la ventilation et la sécurité dans les tunnels...

Par ailleurs, depuis 1932, la Suisse interdit aux camions de rouler la nuit [*Lassman-Trappier, 2004*] ce qui préserve les grands rapaces nocturnes et les chauves-souris.

Afin de préserver l'environnement, la Suisse a souhaité se doter d'un outil de cartographie de ses milieux naturels afin de pouvoir analyser leur évolution mais aussi leur fonctionnalité pour les

⁴ Directive n°92/43 CEE du 21 mai 92

espèces. Cet outil est le Réseau écologique national (REN) suisse développé en coopération étroite avec les organismes cantonaux responsables de la protection de la nature et du paysage. Il consiste en un rapport technique et scientifique qui présente le paysage suisse d'un point de vue écologique. S'appuyant sur des cartes aux échelles 1:500 000 et 1:100 000. Le rapport montre à la fois la fragmentation des habitats et les éléments de continuité, en n'envisageant pas seulement la situation actuelle, mais aussi le potentiel du paysage. Cette vision générale et tournée vers l'avenir offre un aperçu complet des grands réseaux écologiques suisses. Si cette vision doit se concrétiser, elle devra être adaptée plus précisément aux réalités sur le terrain. Le REN, qui complète la stratégie de conservation des espèces et habitats importants et menacés, est conçu pour fournir une base solide à l'objectif de régénération du biotope et pour faciliter un nouveau type de partenariat entre tous les acteurs concernés d'une façon ou d'une autre par les questions de paysage. Il faut mentionner en particulier les parties prenantes des secteurs suivants : transports et communications, agriculture et sylviculture, aménagement du territoire, chasse, pêche et protection de la nature et des paysages. Cet outil complété des bases de données sur la présence d'espèces très bien documentées en Suisse permet une bonne connaissance de l'état de l'environnement (Centre Suisse de Cartographie de la Faune, encart 1).

Encart 1 : Le CSCF : Centre Suisse de Cartographie de la Faune

Ce centre est une fondation de droit privé dont les membres sont la commune et l'université de Neuchâtel et Pro Natura. Il a entre autres pour objectifs de rassembler le maximum d'informations sur la faune de Suisse, de participer à la mise au point de concepts globaux de protection des espèces et des habitats, coordonner la recherche éco-faunistique en publiant des atlas par exemple et de rationaliser et d'uniformiser la méthode utilisée pour la prise de données faunistiques.

Il gère seul ou en collaboration avec d'autres institutions les banques de données concernant les invertébrés, les poissons, les amphibiens, les reptiles, les mammifères. Les données sont d'origines différentes : issues d'autres banques de données établies et gérées par d'autres partenaires, des données issues de réalisation de projets ponctuels, d'observateurs de terrain (personnes physiques et morales).

Il fournit les informations suivantes : catalogues de données brutes par station, milieu ou unité de surface (la résolution la plus fine est 2 km x 2km), listes d'espèces par maille de 5 km x 5 km ou par commune, région (pool d'espèces régional), et les cartes de distribution correspondantes, les listes potentielles d'espèce...

Sur son site internet, il est possible de consulter des cartes de répartition potentielles des espèces. Un code de déontologie régit la protection des données issues d'observateurs de terrain. Ainsi il existe 4 niveaux de confidentialité des données.

Le CSCF s'engage à fournir les renseignements sur la distribution d'espèces rares ou menacées aux institutions qui le financent ainsi qu'à toute institution (publique ou privée) engagée dans des projets ponctuels et concrets de protection de biotope et d'espèces.

Site internet : <http://www.unine.ch/cscf/francais>

Cette bonne connaissance spatiale de la répartition des espèces, des habitats et des corridors écologiques à l'échelle du pays permet ainsi de définir des pools d'espèces régionales qui apportent des références importantes pour des travaux de recherche en environnement.

Ce travail de synthèse de bases de données environnementales issues de sources diverses (études scientifiques, suivi par des associations et des naturalistes amateurs, données issues du monde de la chasse, pêche, agriculture...) n'existe pas en France. Une grande masse de connaissance locale de très grand intérêt est ainsi perdue car elle n'est jamais utilisée dans les états initiaux des études d'impacts. Les associations, non ou peu financées par l'Etat ou les collectivités, ne les communiquent pas aux bureaux d'étude payés pour réaliser l'étude d'impact. Une première conclusion de cette synthèse bibliographique est d'analyser comment la Suisse a pu mettre en place ces bases de données et en assurer une gestion et une mise à disposition de tous dans le respect des intérêts de chacun afin d'essayer de le transposer en France.

Synthèse

Le discours politique a désormais mis à l'ordre du jour dans de grands textes déclaratifs, la nécessité de préserver la biodiversité pour permettre un développement durable de notre société (Convention sur la diversité biologique, 1992). Ces annonces internationales se traduisent dans des stratégies internationales (Stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère, réseau Natura 2000) qui se dotent d'outils de réflexion et de mise en commun de leurs connaissances (convention alpine, réseau alpin d'espaces protégés, centre thématique de l'environnement terrestre, Programme COST 341 (Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure), Infra Eco Network Europe (IENE)...)

Au plan national il existe cette même prise en compte de la nécessité de préserver la biodiversité (stratégie nationale pour la biodiversité), elle-même déclinée en plans d'action sectoriels (par exemple, le plan d'action « infrastructures de transports terrestres » de 2005).

En France dès 1982, la Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs du 30 décembre 1982 dite L.O.T.I. avait mis en avant la nécessité d'une réflexion globale des impacts des projets d'infrastructures de transport et d'une nécessaire évaluation des effets réels une fois l'infrastructure en service (article 14). Cependant le bilan de l'application des dispositions de cette loi était en 1999 assez négatif et ne s'est guère amélioré depuis. Cet outil n'a donc pas permis d'obtenir des résultats pouvant être transférés à de nouveaux projets.

L'exemple suisse montre qu'une volonté politique forte peut imposer des changements des mentalités et des pratiques qui paraissent inenvisageables dans d'autres pays : imposer le ferroutage, constituer des bases de données environnementales unifiées à l'échelle du pays, définir un réseau écologique national.

La constitution en France d'une synthèse des données naturalistes éparpillées dans des associations et chez des organismes de gestion de milieux serait une première étape indispensable à une meilleure prise en compte des impacts environnementaux de tout changement (d'usage du sol aussi bien que climatique). L'expérience suisse en ce domaine serait à transférer et à adapter.

CHAPITRE 1

Les connaissances scientifiques

Les documents généralistes sur les impacts environnementaux des transports abordent essentiellement l'aspect environnemental au sens humain, ce qui signifie en priorité les impacts sur l'air et la santé humaine, puis les nuisances sonores, les vibrations et le côté esthétique des constructions (intégration paysagère), mais ils prennent encore peu en compte les aspects de biodiversité et d'écosystèmes. Les enjeux forts des débats, de type réchauffement de la planète, décroissance de production pétrolière et pollution de l'air, ont mis en arrière plan les impacts liés à la faune et à la flore [*Commission particulière du débat public, 2005*].

Pendant cette prise en compte a tendance à augmenter mais les connaissances scientifiques sur les impacts des transports terrestres sur les écosystèmes, la biodiversité et le paysage sont-elles suffisantes ?

Si elles existent, comment sont-elles appliquées dans les études d'impacts, des états initiaux aux mesures de compensation proposées ? Est-ce qu'un suivi des impacts des infrastructures mais aussi des effets des mesures de compensation est réalisé de manière satisfaisante ?

Qu'attendent les acteurs impliqués dans les enquêtes publiques lors d'étude d'impact sur la prise en compte de l'environnement ?

Comment les infrastructures de transport terrestre influent-elles sur la biodiversité et le paysage ?

Comment ces infrastructures sont-elles étudiées et évaluées du point de vue de la gestion durable de l'espace qu'elles impactent ? A ce titre, les attentes des acteurs (habitants, élus, transporteurs, protecteurs de l'environnement...) sont fondamentales à analyser.

Quelles sont les lacunes sur la problématique de l'impact des infrastructures de transport terrestre sur les écosystèmes et le paysage actuellement dans le domaine de la recherche ?

Comment s'effectue le transfert de connaissances de l'étape théorique aux cas concrets de projets d'infrastructures et quelles sont les lacunes mises en évidence par les acteurs de terrain ?

I. Etat des lieux des connaissances

Après plusieurs études précédentes sur la mobilité, la sécurité, les marchandises, les intégrations technologiques, la politique des transports et en matière d'environnement sur les véhicules propres, c'est le manque de prise en compte de la biodiversité et des écosystèmes qui a motivé, de la part du PREDIT (Programme pour la Recherche, le Développement et l'Innovation dans les Transports Terrestres), cet appel d'offre bibliographique sur les impacts des transports terrestres sur les écosystèmes, la biodiversité et le paysage.

A. Les impacts sur les écosystèmes et la biodiversité

Les effets des infrastructures sur la nature [*European State of the Art report, 2000*] peuvent être d'ordre direct, indirect, induit ou positif. Du fait de la combinaison de ces effets à différentes échelles, le rail, les routes et les autoroutes ont un impact sur les animaux sauvages et leurs habitats qui est disproportionné par rapport à la surface occupée par la voie [*Jackson, 2000*].

Les pertes directes (les effets écologiques les plus évidents) correspondent à la réduction de surface d'un écosystème ou d'un habitat, par sa transformation en une surface artificialisée [*Geneletti, 2003*] ainsi qu'à la mortalité par collision. La chaussée et des dépendances remplacent le milieu préexistant, le milieu boisé est ouvert par des trouées ce qui induit la constitution progressive de nouvelles lisières et la création de nouveaux milieux [*SETRA, 1985*].

Les pertes indirectes sont dues aux effets de fragmentation et de dégradation des écosystèmes (par bruit, pollution, lumière) [*Geneletti, 2003*]. Il ne s'agit pas là de destruction ou de mort des espèces mais de la diminution de compétitivité entre les espèces ou de la taille des populations.

Les effets induits par l'ouvrage sont liés aux changements d'usage du sol postérieurs à la construction et à la mise en service de l'infrastructure. Il peut s'agir d'un remembrement connexe, de la création plusieurs années après d'une zone industrielle ou de lotissements. Ces aménagements connexes lors des restructurations foncières sont souvent sous-estimés alors qu'ils se manifestent sous de multiples formes et ont souvent, au bilan, des impacts supérieurs aux effets directs de l'infrastructure.

Enfin les effets positifs sont ponctuels et souvent apparaissent lors des efforts de compensation et d'accompagnement mis en œuvre lors de l'élaboration des mesures.

Ces différents impacts des infrastructures de transports sur les écosystèmes et le paysage vont être examinés en détails dans cette partie.

Par effet direct et indirect, les routes affecteront la persistance des populations animales selon la taille de la route, le volume du trafic, le comportement de l'animal face à la route et la sensibilité des populations aux quatre effets suivants [Jaeger et al., 2005] :

- De substitution : diminution de la quantité et de la qualité des habitats,
- De mortalité, due aux collisions avec les véhicules,
- De coupure : inaccessibilité aux ressources de l'autre côté de la route,
- De fragmentation des populations animales en de plus petites et plus vulnérables fractions.

Il existe les mêmes effets pour le rail [RFF, septembre 2001] et les impacts spécifiques au rail sont les perturbations de qualité (vibrations, bruit, pollution) et les changements causés par les travaux d'excavation ainsi que la présence de couches de ballast. Les modifications microclimatiques sont également souvent importantes (création de tranchées ou remblais modifiant la circulation de masses d'air).

Cependant, alors que diverses études ont été menées sur les conflits routes/faune et flore ces dernières années, la problématique train/faune sauvage n'a pratiquement pas retenu l'attention [Revue d'information suisse de la biologie de la faune, 2002]. L'impact des transports ferroviaires sur le morcellement des habitats mérite également d'être approfondi et il existe un risque potentiel de conflit engendré par les trains. Les études antérieures se sont essentiellement attachées à la réduction des risques de collisions. Aucune recherche systématique n'a porté sur la fragmentation des habitats par ces voies ferrées. La vitesse des trains ne joue qu'un rôle mineur, mais la fréquence des passages et surtout le nombre de voies influencent la faune de part et d'autre de la ligne. Les anciens tracés ferroviaires ne sont pas équipés pour protéger les nappes phréatiques ou les sources et les nouveaux tracés ne le sont pas systématiquement [De Saadeler et al., 2003].

1. Effets directs

- Destruction d'habitats ou d'espèces aquatiques ou terrestres

La destruction d'habitats peut induire une perte de biodiversité, un déficit démographique, une extinction d'espèces rares et spécialistes ou encore une augmentation des espèces généralistes et sédentaires. En effet, tous les habitats n'ont pas la même signification biologique : la perte d'une zone humide par exemple est plus dommageable que la disparition d'une monoculture céréalière [SETRA, 2005].

Les espèces peuvent être affectées à différents degrés selon : leur taille (la micro-faune a peu de chances de pouvoir s'enfuir, et en particulier celle du sol, alors que la mésofaune pourra plus facilement s'échapper), leur cycle biologique au moment des travaux (impact aggravé durant les périodes de reproduction ou d'hibernation). Certaines espèces se déplaçant lentement peuvent également être affectées plus facilement lors des phases de chantier.

Cependant, les études d'impacts permettent généralement de prendre en compte la présence des espèces rares présentes sur des listes de protection, et si ce n'est pas le cas, les associations naturalistes interviennent très souvent sur ce type d'impact facile à mettre en évidence (l'exemple d'*Osmoderma eremita*, le pique-prune, est présent dans toutes les mémoires).

Concernant l'impact environnemental des infrastructures ferroviaires [De Saadeler et al., 2003], c'est essentiellement l'utilisation systématique des fonds de vallées, des bords de cours d'eau, des rives de lacs et des pieds de coteaux qui ont une influence très négative sur certains éléments patrimoniaux et paysagers importants en tant qu'interface et corridors écologiques naturels : ripisylve, milieux humides...

- **Perturbation des écosystèmes environnants pendant les travaux**

Généralement, les travaux nécessaires à la construction entraînent des défrichements et des terrassements, engendrant une perte directe d'habitat plus ou moins importante selon le type d'infrastructure (Tableau 1). Ils provoquent aussi la destruction d'espèces, un colmatage des habitats aquatiques dû aux rejets de sédiments, une émanation importante de poussières, une destruction de ripisylve due au recalibrage des rivières et à l'enrochement des berges, des dérangements ou encore des effets à distance avec la mise en place d'emprunts ou de zone de dépôts de matériaux.

Moyen de transport	Type	Largeur moyenne	Surface occupée en ha/km
Chemin de fer	Conventionnel 2 voies	26 m	2,6 ha
	Ligne TGV actualisée	32 m	3,2 ha
	Ligne TGV nouvelle	35 m	3,5 ha
Route	Autoroute 2*1 voies	20 m	2 ha
	Autoroute 2*2 voies	54 m	5,4 ha
	Autoroute 2*3 voies	60 m	6 ha
	Autoroute 2*4 voies	72 m	7,2 ha

Tableau 1 : Surfaces de voiries des différents types d'infrastructures de transport [De Saadeler et al., 2003].

Toutes les structures annexes liées à la construction d'une infrastructure : accès au chantier, centrale à béton, zone d'extraction, base de vie occasionnent, elles aussi, une destruction et une perturbation d'habitats.

En moyenne, pour un kilomètre d'autoroute, environ 10 ha d'habitats disparaissent en voirie et structures annexes.

- **Contamination des écosystèmes par des espèces invasives.**

La plupart du temps, les espèces invasives sont apportées par les engins lors de la phase de travaux sous formes de graines ou rhizomes. Il s'agit d'espèces pionnières qui colonisent des sols nus ou remaniés quand ceux-ci ne sont pas revégétalisés assez vite par d'autres espèces. Leur impact se manifeste par la modification radicale des communautés végétales avec perte importante du nombre d'espèces végétales présentes. Cela est dû au caractère très compétitif des espèces envahissantes qui leur permet d'éliminer les espèces moins agressives. Ces invasions sont d'autant plus gênantes que l'espèce concurrencée est rare, protégée ou à valeur patrimoniale. Ce changement de couvert végétal influe sur les populations animales, entraînant une perte de la diversité de la faune (faune du sol, insectes...). En outre, leur présence peut générer un effet induit par utilisation de désherbants afin de limiter leur progression.

Les modèles existants sous-estiment souvent le taux d'expansion montré par certaines espèces de plantes invasives [Campbell et al., 1998]. Cette anomalie est due au phénomène de migration facilitée par lequel les organismes utilisent un vecteur de dispersion actif ou passif (par exemple les engins passant d'un chantier à l'autre sans nettoyage des pneus ou lames). Les modèles permettent de comprendre le rôle joué par les corridors de migration, spécialement les rivières, dans la dispersion des plantes invasives à une échelle nationale. La relation entre le réseau hydrographique et le taux de dispersion est déterminée et appliquée avec un SIG pour faire des prévisions sur les chemins préférentiels d'invasion de ces plantes. Il serait possible d'adapter cette démarche à la gestion de chantier d'infrastructure pour déterminer les secteurs à risque à végétaliser rapidement y compris les stocks de terre.

Une plante envahissante, comme par exemple la Renouée du Japon, le Robinier faux-Acacia, l'Arbre aux papillons peut entraîner une profonde modification des paysages. Cependant, l'appréciation de la «dégradation» d'un paysage reste subjective.

Encart 2 : Exemples de plantes invasives, la Renouée du Japon et l'Ambroisie

Introduite en Europe au milieu du 19^{ème} siècle comme plante ornementale, la **Renouée du Japon** est invasive en France depuis 1939. Elle profite des terrassements et chantiers, des inondations et des travaux d'entretien des berges pour se propager sur les talus et berges des cours d'eau au détriment d'espèces et d'habitats parfois patrimoniaux telles des ripisylves. Au niveau de la biodiversité, son action est claire et radicale, elle diminue drastiquement la biodiversité jusqu'à constituer des massifs mono spécifiques. Le feuillage est très dense et épais du printemps jusqu'à l'automne ; les rhizomes monopolisent le sol et ses ressources. Les végétaux qui ne sont pas éliminés par l'ombrage de son feuillage ne résistent pas aux substances toxiques diffusées par ses racines. En empêchant tout autre végétal de pousser, les renouées bloquent littéralement l'évolution naturelle des formations végétales en place. Elle ne possède pas d'ennemis naturels (ni pathogène ni consommateur, ses feuilles étant toxiques). Sa multiplication essentiellement végétative par bouturage très performant de rhizomes explique sa dissémination par les engins de chantier.

Deux modes de lutte contre cette espèce peuvent être mis en place : le blocage de la croissance et l'épuisement des réserves de la plante en arrachant les rhizomes, en fauchant très régulièrement les tiges ou en recouvrant le sol d'un géotextile ; la mise en concurrence avec une espèce reconstituant un couvert arboré (pour diminuer la lumière) ou avec des herbacées couvrant le sol (pour diminuer les nutriments). La prévention par installation rapide d'un couvert végétal lors de mise à nu de sols et le nettoyage des engins passant d'un site à l'autre sont recommandés.

L'ambroisie est une espèce Nord américaine qui colonise tous les terrains où elle ne rencontre pas une concurrence trop vive tels que les voies de communication, les chantiers de construction ou encore les terrains en friche [SETRA, 2003]. Ses exigences écologiques sont faibles, si bien que les graines germent avec une grande facilité dès lors qu'elles trouvent un terrain favorable assez meuble et assez frais. Cette espèce pionnière, colonisatrice des terrains remaniés non encore végétalisés, est également opportuniste, se développant sur des substrats variés.

Son impact au niveau humain est bien connu en raison d'un problème de santé publique, cette plante provoquant des allergies respiratoires. Ce phénomène étant même identifié sur des chiens de chasse fréquemment présents en bord de route, on peut supposer que cela puisse s'étendre à la faune sauvage mais aucune publication n'existe sur le sujet.

Le retour d'expérience en matière de lutte contre l'ambroisie a montré qu'il est possible de mettre en œuvre des mesures simples et appropriées par :

- l'information (communiquer, informer, sensibiliser, former) : il est nécessaire d'assurer la reconnaissance de la plante, d'informer des problèmes et contraintes d'entretien qui lui sont liés, de préciser comment intervenir lorsque l'on est en présence d'ambroisie...
- le traitement : cartographier, établir un plan de lutte (plan d'action par site ou type de site : description des sites où les interventions sont prévues, les dates d'intervention, interventions de contrôle), mettre en place des mesures curatives (fauchage, désherbage, arrachage)
- la mise en place de mesures préventives : végétaliser ou éviter la destruction du couvert végétal afin de ne pas laisser les terrains nus ou en friche, limiter les interventions futures spécifiques contre l'ambroisie, réintroduire des espèces locales, offrir de nouveaux espaces à coloniser pour les espèces locales, offrir un aspect paysager naturel.

- **Mortalité d'espèces par écrasement**

Trois types de mortalité sont recensés [Owaller, 1994] :

- ▶ *interne* : alimentée par les animaux se reproduisant dans l'emprise même de l'autoroute. Elle n'a aucune incidence sur l'évolution des populations riveraines de l'autoroute ;
- ▶ *induite* : animaux attirés sur la route par les facilités de capture de proies, existence de cadavres... Elle peut décimer une espèce quand cela concerne des populations numériquement faibles ;

- *externe* : touche les populations installées de part et d'autre de l'ouvrage : quand la route franchit le domaine vital de l'animal et coupe un corridor de déplacement ou qu'elle se situe sur un axe migratoire. Elle peut mettre en danger d'extinction une population (encart 3).

Les déplacements des animaux sont de plusieurs nature : journaliers dans un espace limité pour la nutrition, saisonniers pour la reproduction et éventuellement la nutrition des jeunes mais aussi la migration, aléatoire quand un individu effectue une dispersion pour coloniser un nouveau milieu.

Encart 3 : Données sur l'écrasement de batraciens (étang du Grand Lemps, Isère)

Une route départementale coupe une voie de migration pour la reproduction de batraciens entre le versant boisé où ils passent l'hiver et leur stade juvénile et l'étang où ils viennent se reproduire. Des associations naturalistes s'étant saisies de ce problème, elles ont mis en place pendant plusieurs années un comptage précis des traversées de batraciens à la migration nuptiale entre fin février et avril. Après avoir au préalable compté les individus écrasés et identifié précisément les lieux d'écrasement donc de traversée, la FRAPNA et le CORA⁵ mettent en place durant toute la période de migration, des barrières amovibles empêchant la traversée des batraciens. Des seaux installés dans le sol à espace régulier réceptionnent les animaux que des volontaires comptent et identifient matin et soir avant de les amener en bord d'étang. Malgré les grandes variations annuelles observées, qui peuvent être liées aux conditions climatiques entre autre, les traversées de migration sont très importantes.

année	Longueur de barrière	Nombre de batraciens	Nombre par 100 m de route
1996	250 m	1321	530
1997	600 m	2243	375
1998	900 m	11112	1235
1999	900 m	8012	890
2000	3000 m	8160	270

De 1996 à 2002, 9 espèces ont été répertoriées : Crapaud commun et Triton palmé (les espèces les plus nombreuses), Grenouille rousse, Triton crêté, Triton alpestre, Triton ponctué, Grenouille agile, Grenouille verte, Salamandre tachetée.

Ce suivi de longue durée a abouti à la construction par le conseil général de l'Isère d'un écoduc d'un kilomètre de long pour la gouttière de récupération et avec 14 doubles traversées sous la chaussée (pour la descente à l'étang des adultes venant se reproduire et pour la remontée en forêt des juvéniles nés dans l'étang et des adultes regagnant les sites boisés à l'issue de la reproduction). Il a été mis en service fin 2004. Son coût s'est élevé à 230 000 € (soit l'équivalent d'un demi-rond-point).

Les premières études de suivi ont montré qu'en migration pré-nuptiale, les individus mâles ont une durée de traversée moyenne de l'ordre de 24 H. Pour la migration post-métamorphique, les juvéniles ne se dirigent vers les toboggans que s'ils se trouvent à faible distance. La traversée entraîne une perte de poids significative mais dont la cause et l'effet sur la survie n'a pas été étudié. Un suivi et une évaluation sont nécessaires pour identifier les problèmes pouvant réduire l'efficacité de l'ouvrage et ainsi améliorer les connaissances pour les futurs projets.

Les modifications démographiques induites par le surcroît de mortalité peuvent amener l'extinction pure et simple de la population atteignant le seuil minimum de densité compatible avec sa viabilité [Lebrun, 1975]. On constate que la migration se poursuit strictement par la même voie durant des années. L'hypothèse d'un marquage olfactif des voies de migration a été faite, d'autant plus, que des populations numériquement faibles sont plus hésitantes ou s'égarer. La lenteur de certaines espèces, leur timidité et leur inquiétude vis-à-vis des asphaltes, la chaleur irradiant des revêtements

⁵ Fédération Rhône-Alpes de protection de la nature et centre ornithologique Rhône-Alpes.

routiers au début de la nuit en coïncidence avec le moment des migrations, la vitesse des véhicules, le déterminisme extraordinaire des déplacements, le comportement en cas de danger sont les facteurs principaux du massacre des amphibiens. Par ailleurs, les fossés de drainage des bords de route constituent pour ces animaux des biotopes secondaires mortels car ils sédentarisent les individus en cours de migration pendant les périodes sèches.

Les facteurs influençant la mortalité sont liés [De Saadeler et al., 2003] à :

- ▶ La configuration géométrique de la route (niveau de sol naturel, déblai, remblai) qui influence les conditions d'éclaircement, d'humidité et de vent compte tenu de l'orientation des talus ;
- ▶ L'intensité des trafics,
- ▶ Le mode de gestion du bord de route,
- ▶ Les milieux traversés et la présence ou non d'un corridor écologique,
- ▶ La saison et les heures de la journée.

En Suisse, une étude a comparé les écrasements de faune par espèce entre la route et la voie ferrée [Dumont, 2004].



Besoin des infrastructures

Sécurité de l'utilisateur et de la faune



Espèces	Moyennes des animaux tués par année sur le réseau ferroviaire		Moyennes des animaux tués par année sur le réseau routier	
	nombre de cas	cas/1000 km	nombre de cas	cas/1000 km
Cerf	64	12.8	313	4.41
Chamois	16	3.20	25	0.35
Bouquetin	8	1.60	0.5	0.01
Chevreuil	506	101	7'463	105
Sanglier	16	3.20	198	2.79
Renard	469	93.8	5'275	74.3
Blaireau	144	28.8	1'635	23.0
Lièvre brun	33	6.60	700	9.86
Totaux	1'256	251	15'610	220

Cours Environnement et génie civil



Tableau 2 : Moyenne des animaux tués par an sur les voies ferrées et les routes en Suisse [Dumont, 2004].

Ces données montrent que le tribut payé par les chevreuils, renards et blaireaux est très important. En données brutes, la route est beaucoup plus meurtrière avec 15610 animaux tués par an. Par contre, en se rapportant à la longueur de réseau, le réseau ferroviaire est en nombre de cas par 1000 km beaucoup plus meurtrier que la route.

Lorsque la vitesse des véhicules et/ou la densité de routes sont élevées, le trafic routier a un effet local important sur la mortalité de la faune [Clevenger et al., 2003]. L'indice de mortalité est plus élevé durant les mois d'été de juillet et août pour les petits vertébrés, au printemps pour les grands mammifères (activité de reproduction) ainsi qu'au début de l'automne pour certaines espèces territoriales dont les jeunes de l'année doivent quitter la cellule familiale (renards). La mortalité des oiseaux augmente de mai à août (activité de reproduction et de déplacement), celle des amphibiens de février à mars, souvent épisodique et associé aux événements pluvieux pendant la période de reproduction.

Les mammifères sont plus souvent tués quand le fourrage est abondant en bordure de routes et une abondance de couvertures de protection, tandis que les oiseaux sont plus fréquemment tués

quand la hauteur de végétation en bordure de route est basse [Ramp et al., 2005]. Les effets des routes sur les populations d'oiseaux affectent leur densité, leur diversité et leur comportement.

La gestion des bords de route en terme de hauteurs de végétation devrait de manière optimale être faite en tenant compte des besoins particuliers des espèces les plus sensibles vivant en bordure de route. Si la gestion est différenciée par secteurs le long du linéaire tant en terme de hauteur de végétation que de date de fauche, elle permet une diversité des conditions favorables à plusieurs groupes d'espèces successivement le long de l'infrastructure.

Plusieurs types d'observatoire ont été mis en place avec une plus ou moins grande durée de suivi et exhaustivité. Ces études sont à généraliser si on veut avoir une meilleure vision de la répartition des mortalités par espèces le long des infrastructures.

L'ONCFS a essayé de généraliser le recensement des petits carnivores vus en bord de route (vivants ou morts) en demandant à tous ses agents la tenue de cahiers lors de chaque déplacement. Si ces données sont intéressantes (9500 observations récoltées par an), il est cependant difficile d'en connaître le degré d'exhaustivité, la multiplicité des recenseurs introduisant un biais important : certains agents prennent cette tâche au sérieux, d'autres ne notent pas systématiquement leurs observations. Cependant, ce recensement des animaux morts (notamment victimes de collisions routières) [Ruelle et al., 2005] localisés précisément permettent de dresser des cartes de répartition cohérentes, en accord avec les connaissances actuelles de la répartition des différentes espèces. Le suivi doit être poursuivi sur au moins 2 à 3 ans [Ruelle et al., 2004]. Les données d'écrasement peuvent aussi mettre en évidence la présence d'une espèce rare que l'on croyait disparue d'un département (cas d'une genette trouvée morte au bord d'une route en Isère alors qu'on la pensait absente du département).

En Isère, une sensibilisation du grand public a été faite en demandant que chacun communique les observations qu'il pouvait faire lors de ses trajets. Ceci a permis de compléter la carte du réseau écologique départemental et d'identifier des corridors locaux de déplacement.

La mise en place de clôtures est une mesure de réduction des écrasements des animaux sur la route, mais cela réduit de ce fait la connectivité en réduisant les mouvements au sein des populations (ce qui sera discuté dans le paragraphe effet de barrière). La mise en place de passages inférieurs est la solution qui peut satisfaire les deux objectifs. Ces mesures seront détaillées dans le chapitre 3.1.

- **Conséquences d'un aménagement hydraulique**

L'aménagement d'un axe routier à proximité d'un cours d'eau ou son franchissement, impose fréquemment la réalisation de travaux dans un lit mineur [SETRA, 1994]. En l'absence de précaution, un recalibrage ou la mise en place d'un ouvrage hydraulique peut fortement dégrader un cours d'eau, tant d'un point de vue physique que chimique. Les problèmes engendrés sont la rectification par chenalisation essentiellement. La présence d'un ouvrage de traversée mal aménagé peut être considérée comme un élément pouvant induire un état de déséquilibre du cours d'eau. Un cours d'eau rectifié n'a plus la richesse écologique qu'il avait à l'état primitif. La végétation s'y raréfie sensiblement, les micro-conditions de fond de cours d'eau (biotopes particuliers des certaines espèces en fonction de la granulométrie du lit et de la vitesse du courant) sont perturbées et en conséquence, une grande partie de la faune aquatique qui s'y abritait disparaît peu à peu ou se banalise [SETRA, 1985]. L'équipe HBAN du Cemagref d'Antony travaille sur ces questions en ayant adapté l'utilisation d'outils d'écologie du paysage terrestre aux milieux aquatiques. Un logiciel a été développé Anaqualand pour calculer la connectivité structurelle et fonctionnelle des habitats piscicoles. Il peut être utilisé pour tester des modifications d'habitats qui pourraient être engendrés par des travaux liés à des infrastructures [Le Pichon et al., 2006].

L'ouvrage de traversée peut faire obstacle à la migration des poissons, réduisant sensiblement les chances de reproduction et de développement de certaines espèces. L'auto épuration de l'eau, qui est l'œuvre des bactéries et des végétaux, peut diminuer considérablement lorsque les transformations apportées au cours d'eau ont conduit à une nette augmentation du débit. Des techniques douces sont employées pour pallier ces effets telles que la végétalisation des rives ou encore l'emploi de géotextiles tissés.

2. Effets indirects

- Interruption ou perturbation de corridors biologiques à différentes échelles

Depuis les voies de migrations paneuropéennes...

Deux fois par an, certaines espèces d'oiseaux effectuent des déplacements de plusieurs centaines à plusieurs milliers de kilomètres. Pour s'orienter et naviguer au cours de leurs migrations, ils utilisent, en combinaison, tous leurs sens et différentes sources d'information selon les circonstances et l'heure (champ magnétique, étoiles, soleil, repères topographiques, etc.). Un grand nombre d'espèces d'oiseaux (environ les deux tiers des espèces européennes) entreprennent tout ou partie de leur migration la nuit et utilisent de ce fait les étoiles pour leur orientation. La lumière émanant des routes peut alors provoquer des erreurs d'appréciation lors de la navigation et des conséquences importantes (souvent catastrophiques pour les individus concernés et les populations).

...jusqu'aux corridors très localisés de passage de batraciens par exemple.

. Les infrastructures peuvent avoir un impact considérable sur la faune [Grosselet *et al.*, 1997], elles constituent une barrière sectionnant en isolats les différents habitats alternativement exploités. Pour les amphibiens, leur biologie avec l'utilisation successive des milieux, lors des phases aquatiques et terrestres, peut être fortement altérée. Cet obstacle, par son effet de séparation des populations, entraîne un déséquilibre de l'organisation des métapopulations et met en danger la pérennité des populations. Nous avons développé cette notion dans les encarts 3 et 4

- Obstacles au déplacement des espèces par des effets de barrière physique, visuelle, thermique ou chimique des chaussées

• L'effet barrière

On distingue généralement 3 modes de déplacement fonctionnant à des échelles différentes :

- un mode propre à la petite faune à locomotion limitée (ex. micro-mammifères, nombreux insectes) lié à des habitats continus le long de lisières forestières, haies, talus ou berges de cours d'eau ;
- un mode propre à la faune à locomotion lente (ex. insectes, batraciens, reptiles et certains mammifères) qui se déplace sur des structures végétales favorables sous la forme de courts cheminements reliant des milieux vitaux ;
- un mode propre à la faune à locomotion rapide (ex. ongulés, mammifères carnivores, chauves-souris, divers insectes, oiseaux, papillons) qui se déplace souvent à découvert sur de longues distances en utilisant cependant de manière optimale les structures végétales existantes.

Les animaux sont généralement liés à un domaine vital⁶ bien défini dont ils ne franchissent pas les limites. Celui-ci inclut une unité plus petite : le territoire⁷ dont l'étendue est fonction de la taille, du sexe, du comportement social, des besoins alimentaires, du relief du terrain, de la saison. Chaque espèce possède une utilisation spécifique du milieu, fixée génétiquement et de laquelle elle ne peut dévier que faiblement.

L'infrastructure, coupant le domaine vital ou le territoire, peut donc constituer un blocage des déplacements journaliers et saisonniers des animaux et ainsi compromettre les échanges et entraîner des dégénérescences par consanguinité ou la disparition de petites populations isolées [SETRA, 1985]. Si le territoire est traversé par une infrastructure, les conséquences seront les plus importantes. (voir alinéa « *fragmentation* »)

Les routes encouragent parfois les mouvements longitudinaux et réduisent le taux de traversée. Elles gênent la dispersion des arthropodes (fouilleurs de sol) et réduisent le taux de migration vers les fragments isolés des habitats naturels ou semi-naturels [Mader *et al.*, 1990].

⁶ Espace dans lequel un individu accomplit toutes les activités nécessaires à son cycle vital (alimentation, repos, reproduction, transit)

⁷ Espace exclusif dans lequel un individu, un couple ou un groupe social se reproduit et ne tolère la présence d'aucun autre individu de sa propre espèce. Il est, en général, délimité par des marques odorantes, des émissions de cris ou des manifestations visuelles. [Fischesser, Dupuis-Tate, 1996]. Ex : hérisson de 2 à 15 ha, lièvre supérieur à 100 ha, blaireau de 50 à 200 ha.

Les tronçons de route ne recensant peu d'accidents sont généralement ceux qui ont une bonne perméabilité (voir alinéa « *fragmentation* ») et ceux à bords de route en forte pente.

La clôture de l'infrastructure⁸ produit un effet barrière quasi absolu pour les espèces de taille supérieure à la maille des grillages. Les points d'interruption ou les clôtures endommagées sont généralement des lieux d'écrasement importants. Il est nécessaire de prolonger la clôture jusqu'à un point de traversée adapté (buse, passage inférieur ou supérieur) afin de rétablir la connexion du milieu sans risque de mortalité par collision.

L'importance de l'effet barrière de la voie ferrée est de plusieurs niveaux : absolue (sauterelles, carabes), forte (souris, musaraignes, araignées, fourmis), faible (fouine, hérisson, écureuil, reptiles, batraciens, papillons), aucune (chevreuil, sanglier, lièvre, oiseaux), inconnue (chauves-souris). L'indice de mortalité est grand (rapaces nocturnes, amphibiens, reptiles), moyen (mammifères, quelques espèces d'oiseaux), nul (la plupart des oiseaux, araignées, carabes, sauterelles) ou inconnu (chauves-souris, papillons).

- Changements hydrologiques et microclimatiques

Les changements hydrologiques et microclimatiques qu'engendre l'infrastructure ne sont pas négligeables Ils provoquent un effet de bordure [De Saadeler et al., 2003] :

- ▶ Effet sur le microclimat : l'élévation de température, le renforcement de la luminosité et du vent entraînent une augmentation de l'évaporation et contribuent à modifier les conditions stationnelles qui régissent la biologie des espèces végétales et animales les moins mobiles et inféodées aux habitats proches,
- ▶ Effet localisé des émissions gazeuses et solides

Le rayonnement lumineux passe de 500 Lux à 15 m de la route à 10 000 lux au centre de la chaussée. La température augmente très ponctuellement sur la chaussée de + 6°C entre les 5 m au bord de la chaussée au centre de la chaussée. Le coefficient d'évaporation augmente aussi fortement mais sur une zone d'influence plus large (sur une cinquantaine de mètres de part et d'autre de la chaussée) (figure 1).

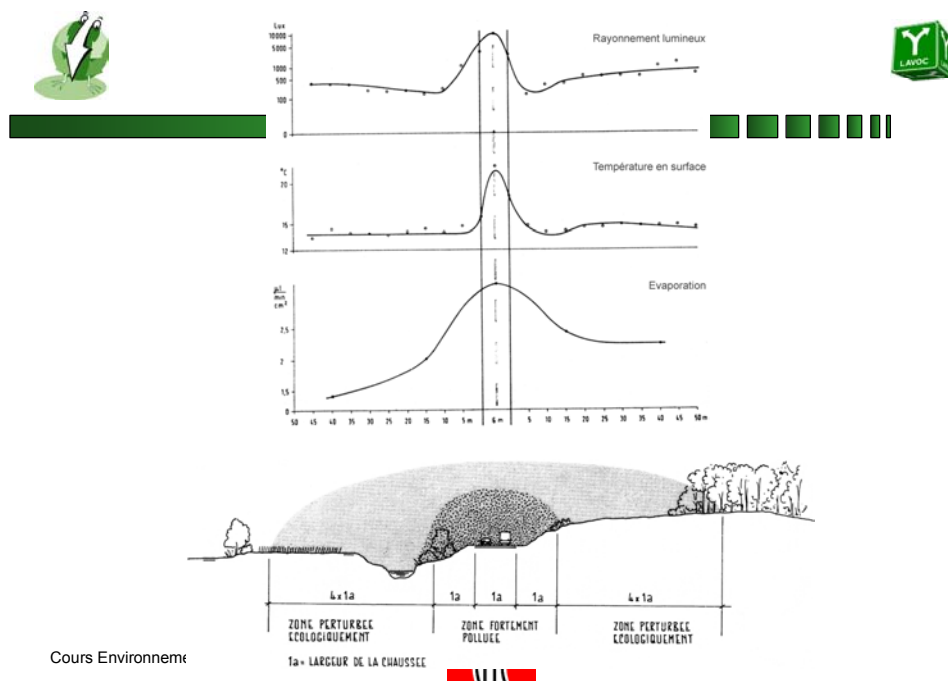


Figure 1 : Impact d'une chaussée sur des paramètres physiques : rayonnement lumineux, température en surface, évaporation et pollution [Dumont, 2004].

⁸ Elle est souvent mise en place pour des questions de sécurité routière plus que pour limiter les impacts écologiques. En Suisse, 2% des accidents sont dus à des collisions avec la faune [Dumont, 2004].

- Bruit, lumière et vibrations

Le dérangement lié au **bruit**, aux lumières et aux vibrations fait partie intégrante des effets à prendre en compte depuis la construction et au-delà de la mise en service du réseau.

Les résultats des études menées jusqu'alors concernant l'impact du bruit sur la faune sont assez divergents. En effet, certains auteurs indiquent que les bruits émis par les véhicules aux abords de l'autoroute ne semblent pas troubler les animaux, notamment le blaireau, le castor ou les grands cervidés [CTGREF, 1978], la régularité du passage des véhicules expliquant sans doute cette accoutumance. Ainsi, lors du colloque « Route et faune sauvage » (Chambéry, octobre 2005), un film a été présenté montrant la traversée de chevreuils et sangliers en passage supérieur au dessus d'une autoroute, malgré le passage intensif de camions de nuit au-dessous, la traversée des animaux n'est pas perturbée.

En revanche pour d'autres auteurs, le bruit provenant du trafic peut stresser les animaux et potentiellement restreindre l'utilisation des habitats et les déplacements [Clevenger et al., 2005]. Les études de suivi de déplacement individuel par radio tracking confirment que les ongulés et carnivores changent leurs mouvements en réponse aux vols d'avion, appareils de déneigement, trafic routier, bruit de construction [Bowles, 1995]. L'effet du bruit sur le sommeil des animaux est très peu étudié. Certaines espèces d'oiseaux (le loriot d'Europe, le coucou gris, le pouillot fitis) sont citées comme très sensibles à l'ambiance sonore aux abords des routes [De Saadeler et al., 2003]. En effet, les oiseaux ont des capacités auditives plus uniformes que les mammifères. Certains oiseaux sont capables de détecter une très basse fréquence [Bowles, 1995]. Les reptiles sont peu étudiés pour leur réaction au bruit, mais ils sont en revanche très sensibles aux vibrations.

Il existe quelques études renseignant sur les effets du bruit sur la communication sociale. La faune sauvage arrête la communication acoustique pour écouter un bruit inhabituel.

Jusqu'à maintenant, il n'y a pas de limites ou de standard établis pour limiter l'exposition au bruit pour les animaux. Il existe des directives (par le comité pour l'audition) pour évaluer l'exposition au bruit dans les évaluations d'impact environnementales mais elles sont au départ prévues pour les humains.

La lumière des phares des véhicules n'a semble-t-il aucune influence majeure sur la fréquentation des abords des voies de grande circulation. De ce fait, les phares d'un véhicule ne font donc pas fuir les animaux et certaines espèces (batraciens, hérissons, lapins...) ont un comportement d'arrêt sur la chaussée ce qui augmente considérablement leur risque de mortalité.

Outre les phares des véhicules, un rôle majeur est joué par l'éclairage artificiel nocturne des voiries⁹ car il perturbe les rythmes biologiques. L'impact des lumières nocturnes est complexe car il peut agir selon les espèces de manière antagoniste.

Ainsi, certaines sources lumineuses fonctionnent comme de véritables pièges écologiques pour certaines espèces en les attirant vers la source lumineuse (risque de mortalité par brûlure et prédation augmentée par chauve-souris...). Certains insectes nocturnes sont attirés hors de leur habitat préférentiel par la lumière artificielle. Ils sont détournés de leur cycle de vie normal et au lieu de chercher de la nourriture, de s'accoupler ou de pondre, ils gaspillent leur énergie à tourbillonner autour des lampes. Pour les amphibiens ou les chauves-souris, l'offre de nourriture à proximité d'une lumière artificielle est plus grande, mais ces prédateurs sont aussi facilement repérables par leurs propres ennemis (rapaces nocturnes, carnivores).

Les grandes infrastructures totalement éclairées peuvent constituer une barrière à très grande distance qui peut perturber fortement les oiseaux migrateurs (voir alinéa « *perturbation des corridors écologiques* »).

En ville, l'impact des lumières est plus étudié du point de vue de son effet sur l'augmentation des taux ou des périodes de reproduction de certaines espèces considérées comme gênantes de par les nuisances qu'elles peuvent provoquer (pigeons, moineaux...).

Pour les espèces lumifuges, la source lumineuse les fait fuir, de jour comme de nuit. Dans ce cas, il peut avoir perte d'habitat accessible aux individus et donc mise en danger de l'individu ou de la population si c'est un secteur sensible du domaine vital qui est isolé et non accessible. Certaines espèces abandonnent fréquemment des habitats favorables si ceux-ci viennent à être éclairés. Les

⁹ On peut noter que la présence d'une autoroute peut aussi induire un éclairage de sites naturels toute la nuit (falaises ou cascades...) dès lors qu'ils sont bien visibles de l'autoroute. Pour des espèces qui nichent et fréquentent ces milieux cet éclairage est très néfaste.

zones potentielles d'installation de population peuvent donc fortement régresser. Par ailleurs, les animaux tardent à quitter leurs quartiers lorsque les orifices de sortie sont éclairés. Ils commencent donc à s'activer plus tard dans la soirée et ont moins de temps pour chercher de la nourriture.

Peu de recherches sont menées sur les effets de l'éclairage et ce domaine mériterait une recherche conjointe en écologie des populations, éthologie et écologie du paysage afin d'aboutir à des cartographies de territoire ou domaine vital accessible et favorable aux espèces. Le cas des papillons de nuit serait ainsi à étudier car leur fréquence diminue fortement en lien avec l'éclairage continu des zones urbanisées. A terme, la diminution de la diversité des insectes pourrait également entraîner une réduction de l'offre de nourriture pour les espèces insectivores et donc mettre aussi ces espèces en danger d'extinction.

Quels sont les facteurs influant sur l'impact écologique de l'éclairage ? L'intensité lumineuse, la composition du spectre, le moment et la durée, la périodicité de l'éclairage ainsi que sa direction [OFEFP, 2005] sont particulièrement déterminants. Les longueurs d'onde composant le spectre lumineux vont être plus ou moins perçues selon les espèces.

La durée de l'éclairage est déterminante dans la phénologie des plantes. Seule la durée de l'éclairage et non son intensité, joue un rôle dans ce processus. Il n'existe pratiquement aucune étude scientifique s'intéressant à l'influence effective de la lumière artificielle sur les plantes poussant dans la nature ni sur l'impact des animaux qui s'en nourrissent. Des décalages de cycles biologiques peuvent ainsi apparaître et bouleverser des chaînes alimentaires entières et avoir des effets à échelles spatiale et temporelle variables.

En France, aucune mesure ponctuelle ou globale de réduction ou de suppression de ce type de nuisances n'est appliquée à l'heure actuelle [Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement/Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 1998. Raavel et al.], en ville, des recommandations et des matériels moins perturbant existent.

En Suisse, il existe des bases légales au niveau fédéral qui indiquent que les nuisances dues à la lumière artificielle sont à éviter dans la mesure du possible : les émissions lumineuses doivent être évaluées et limitées. Des mesures techniques limitant l'impact sont définies : canalisation du faisceau lumineux pour éviter tout débordement sur l'espace qui ne doit pas être éclairé, en particulier vers le haut (capuchon), isolation pour empêcher la pénétration d'insectes et d'araignées, possibilité d'avoir le spectre et l'intensité lumineuse réglables, fonctionnement par minuterie ou déclencheur.

- **Fragmentation et diminution d'espace vital d'espèces**

La fragmentation du paysage correspond à la traversée de milieux naturels ou à la coupure de réseaux écologiques par l'apparition d'obstacles (infrastructure, barrière, milieu artificialisé...) ou par des destructions de milieux naturels. Toute action empêchant ou limitant les flux relationnels du système crée une fragmentation, celle-ci est définie comme étant une diminution de connectivité dans le paysage [Serrano et al., 2002].

La fragmentation des écosystèmes agit par trois effets principaux [Geneletti, 2004] :

- ▶ augmentation de l'isolement des fragments d'écosystèmes (augmentation des distances entre taches d'habitat favorable, morcellement des habitats en mosaïque...),
- ▶ diminution de la taille de l'habitat favorable à l'espèce,
- ▶ augmentation de l'exposition aux perturbations extérieures par augmentation des lisières¹⁰ [Owaller, 1994] souvent favorables à une banalisation du milieu (concurrence accrue des espèces invasives, changement de conditions physiques et microclimatiques...).

La fragmentation des paysages est citée comme une des causes majeures d'extinction de certaines espèces animales dans les paysages anthropisés.

Ainsi, la survie des individus et le maintien des populations peut en grande partie dépendre des déplacements des individus entre les fragments d'habitats favorables nécessaires à la réalisation du cycle de vie [Pain, 2001] (encart 2). Plus les fragments sont éloignés, plus les déplacements seront faibles et difficiles et risqueront d'entraîner la mort ou la perte d'énergie des reproducteurs. En effet, la distance maximale que peut parcourir un animal est dépendante de la physiologie de l'espèce mais aussi liée à la capacité de percevoir de manière visuelle ou olfactive un autre milieu favorable.

¹⁰ Structures de transition entre deux ou plusieurs milieux différents.

Dans le cas de métapopulation, la fragmentation peut produire une perte de richesse spécifique dans les habitats sub-optimaux (habitats puits), dont la persistance requiert une immigration constante depuis des habitats sources [Lacroix, 2005]. Les espèces exigeant un grand domaine vital homogène mais aussi celles qui nécessitent une mosaïque d'habitats variés sont les premières à disparaître. Il en résulte une perte de diversité locale et une modification de la composition de la communauté. Et enfin, les conséquences apparentes peuvent être un frein à la dispersion et donc une dérive génétique par augmentation de la consanguinité [Berne, 2002], la surpopulation de secteurs et la non-colonisation de nouveaux milieux favorables. Analyser les impacts de la fragmentation doit être mesuré à l'échelle du paysage et non uniquement à l'échelle du fragment [Fahrig, 2003]. Ceci nécessiterait une meilleure prise en compte de l'écologie du paysage que cela n'est fait dans les études d'impact actuelles. En effet, l'écologie du paysage permet d'étudier l'évolution des paysages, la diminution globale des populations d'espèces animales ou végétales, de prendre en compte les déplacements des espèces et les notions de survie de population grâce aux relations existant entre l'ensemble des sous-populations (métapopulation). Elle permet enfin de définir un réseau écologique dont les éléments sont les réservoirs, les zones de développement, les continuums écologiques, les zones d'extension, les corridors biologiques [ECONAT, 2001].

Il existe pourtant de plus en plus de modèles pour prédire la fragmentation induite par les nouvelles infrastructures [European State of the Art report, 2000]. On peut citer ici la base d'information géographique TERRIS du Centre thématique européen sur l'environnement terrestre et ses développements sur l'analyse de la fragmentation. Une méthode de mesure de la fragmentation a également été développée en Allemagne (méthode UZVR¹¹) avec une réflexion pour différents Länder sur le concept de taille effective de maille [Jäger, 2000]. La taille de maille 100 km² est retenue dans les cartes produites en Allemagne (figure 2)

Ces modélisations de la fragmentation permettent d'aborder des questions qui sont difficiles à étudier empiriquement :

- ▶ A partir de quel seuil le degré de fragmentation des habitats devient-il critique ?
- ▶ Quelle est la configuration spatiale optimale pour les taches d'habitat connectées ?
- ▶ Où sont les localisations optimales des corridors écologiques ?
- ▶ Où sont les barrières potentielles aux déplacements et les goulots d'étranglements ?
- ▶ Quel effet aura la restauration des habitats ou le développement d'une infrastructure augmentant la fragmentation sur des espèces spécifiques ?

En comparant les différents scénarios avec la situation initiale, il est possible de prédire et d'évaluer les impacts sur les unités géomorphologiques et les écosystèmes naturels [Geneletti et al., 2002]. Les effets des alternatives sont étudiés à une échelle large et à travers tout le paysage et on inclut plus d'études détaillées en terme de résolution spatiale et de contenu d'information. L'agrégation de différents impacts dans des tableaux synthétiques peut ensuite être utilisée pour proposer des scénarios alternatifs. L'analyse multicritère représente un outil idéal pour accompagner les procédures de mise en place de l'infrastructure, en effet, elle est utile pour une évaluation en fournissant une méthodologie qui intègre à la fois les informations environnementales disponibles sur les impacts mais aussi, les valeurs et les préférences des décideurs politiques [Geneletti, 2005]. Elle peut être employée pour aider à structurer le problème décisionnel, standardiser et comparer les critères d'évaluation, générer des alternatives et enfin fournir des propositions. Cette analyse est appliquée pour obtenir une base de discussion lors de la création d'une route en proposant des alternatives acceptables de restauration de corridors. L'approche pour évaluer la fragmentation des écosystèmes naturels due aux infrastructures linéaires est-elle basée sur l'utilisation d'indicateurs spatiaux traditionnellement proposés dans les études d'écologie du paysage et d'évaluation [Geneletti, 2004]. Il conviendrait d'évaluer la fragmentation du paysage puis de définir les éléments naturels organisant l'ensemble des activités de la faune dans chaque secteur et les interactions entre les voies de déplacement de la faune et l'infrastructure [ECONAT et al., 2000]. C'est ce qui est mis en place dans les notions de réseau écologique (voir le réseau écologique de l'Isère).

Une autre approche est également possible, celle d'évaluer les milieux non fragmentés afin de les préserver. C'est l'objet de l'étude que le ministère de l'écologie et du développement durable a confié au Cemagref « Réaliser une cartographie des territoires naturels terrestres non fragmentés ». Dans le cadre de cette étude, il est mis en avant que le réseau routier secondaire en zone périurbaine induit des flux journaliers importants sans rapport avec la classification ou la dimension de la route [UMR Tetis, 2006] qui peuvent avoir un impact non négligeable.

¹¹ UZVR : Unzerschnittenen verkehrarmen Räume (espaces avec peu de trafic et non fragmentés).

Figure 2 : Carte d'une partie du Land de Thuringe UZVR Henneberg-Westgrabfeld

Nous avons vu que clôturer l'infrastructure est souvent utilisé pour limiter les collisions. Dans ce cas, pour en assurer la perméabilité aux espèces, il est nécessaire de restaurer ou de créer la perméabilité par des traversées sécurisées pour les animaux : buses multi-usages, passages à faune, tunnels larges, ponts ou passerelles aménagées...

Encart 4 : Les corridors biologiques

Une des solutions pour remédier à ce phénomène de fragmentation induit par la construction d'infrastructures de transport est de favoriser la présence de corridors à proximité et au travers de l'infrastructure, afin de renforcer la stabilité des populations interconnectées.

« Les corridors, qui ont vocation à assurer ou à rétablir la continuité des milieux naturels devront faire l'objet d'une attention particulière des services de l'Etat en termes de préservation ou de reconstitution. » [Ministère des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer, 2005].

Un corridor biologique est un espace libre d'obstacles offrant des possibilités d'échanges entre les réservoirs (milieux naturels de bonne qualité) ou les continuums, il constitue une des solutions à la fragmentation [Conseil Général de l'Isère. *Plaquette corridors*]. Un corridor est souvent structuré par des éléments plus ou moins naturels qui augmentent ses capacités de fonctionnement : arbres d'alignements, chemin piéton, vallon, cours d'eau, haie ou simple lisière, bande enherbée non traitée...

La fonctionnalité d'un corridor dépend aussi bien de sa configuration que des capacités locomotrices de chaque espèce. On distingue les corridors constitués :

- d'un espace étendu permettant le déplacement sans risque et offrant généralement le plus court chemin entre deux milieux favorables ;
- d'un espace étroit lié à la présence d'une structure de guidage majeure permettant les déplacements et servant simultanément de repère visuel, de refuge en cas de danger et de ressource alimentaire en cas de nécessité (ex : haies, bords de ruisseaux ou lisières forestières) ;
- d'une matrice paysagère riche en microstructures et utilisée pour les activités agricoles ou de loisirs (ex : bocage, jardins de zones résidentielles ou espaces agricoles extensifs).

Les corridors permettent d'augmenter ou maintenir la biodiversité, contribuent à l'agrandissement des populations de certaines espèces et diminuent la probabilité de leur extinction, évitent les phénomènes de consanguinité, ouvrent l'accès à des sites d'alimentation et des terrains de chasse plus grands, offrent l'abri contre les prédateurs et un mélange d'habitats aux espèces qui en utilisent plusieurs [OFEFP, 2001]. Plus le corridor est large, riche et continu, plus le nombre de espèces auquel il sera utile est grand et plus il facilitera les déplacements [INEA, 2004]. Les corridors d'un habitat donné et de dimensions données peuvent servir à un groupe d'espèces présentant des exigences similaires. Les corridors sont essentiels pour les animaux qui doivent migrer entre les différentes zones isolées pour répondre à leurs besoins saisonniers ou de reproduction. Ils ont souvent, outre leurs fonctions d'interconnexion, une valeur de conservation.

Toutefois, des questionnements peuvent être soulevés quant à la contribution des corridors pour la dispersion d'espèces invasives, le développement de maladies et de perturbations [Berne, 2002].

Pour que les passages à faune fonctionnent bien, il faut qu'ils soient réellement utilisés par la faune, l'infrastructure devient ainsi plus perméable au regard des biotopes traversés et la fragmentation territoriale s'estompe visiblement. Pour cela, les passages à faune auraient avantage à prendre place au sein de vastes corridors biologiques continentaux [SAPRR, 2003]. Il est nécessaire de préserver les corridors aboutissant à passages à faune mis en place et d'en assurer la pérennité¹².

¹² ce n'est pas toujours le cas, des arrachages de haies postérieurs de plusieurs années à l'installation d'un passage à faune peuvent anéantir son efficacité [Berne, 2002].

A échelle plus large, il est nécessaire de mettre en place des actions autour de l'infrastructure de transport garantissant et/ou renforçant la fonctionnalité des corridors créés ou préservés [Agence pour l'Urbanisme de la région grenobloise, 2006] :

- ▶ Au niveau des documents de planification en inscrivant la préservation de ces espaces dans le long terme (dans le Schéma Directeur, le SCOT).
- ▶ Au niveau de la gestion de l'espace en maintenant le rôle-clé assuré par les boisements alluviaux, en maintenant et renforçant le réseau boisé en milieu agricole, en diversifiant les haies, en augmentant la perméabilité des clôtures, en restaurant des canaux et en mettant en place des mesures d'accompagnement pour limiter les dangers pour la faune.
- ▶ Au niveau de la sensibilisation et de la participation de la population en impliquant les populations locales, en développant la vocation sociale des corridors (valorisation des sentiers) au-delà de la défense collective de la biodiversité, en recensant les animaux retrouvés morts sur les bords de route (appel à participation de tous).
- ▶ Au niveau de la gestion des infrastructures de transport : mise en place des passages à faune et mesures pour assurer leurs fonctionnalités, renforcement de la fiabilité des clôtures de sécurité bordant l'autoroute, passages sécurisés pour la faune aérienne (mise en place de talus de grande hauteur ; plantations d'arbres...)

Actuellement en France, ces corridors ne sont pas suffisamment connus d'un point de vue scientifique et ne sont par conséquent pas pris en compte et envisagés comme une solution réelle d'amélioration de la connectivité des milieux.

En Suisse, le « Concept Paysage Suisse » (décembre 1997) est un programme de reconstitution et de revitalisation des réseaux écologiques [De Saadeler et al., 2003]. Le projet « Corridors à Faune Suisse » a également été établi pour informer les maîtres d'ouvrage, élaborer des documents d'application (directives, guides, recommandations) ainsi que le suivi des ouvrages de rétablissement des passages pour animaux et doit permettre d'établir une grille détaillée des performances des types d'ouvrages pour divers groupes faunistiques concernés.

- **Pollutions chroniques ou ponctuelles induites susceptibles d'être négatives pour les écosystèmes et les espèces** (poussières, salage, métaux lourds...)

- Le sel de déneigement : le principal polluant issu des routes

Le salage [SETRA, 1994] modifie le pH du sol, provoque une nécrose des végétaux sensibles et la pollution du milieu aquatique (eaux superficielles et nappes phréatiques) [OCDE, 1993]. Des milieux humides patrimoniaux et des espèces protégées peuvent ainsi être mis en danger par un salage répété justifié par la sécurité des automobilistes (voir l'alinéa « cas particulier des zones de montagne ») Il constitue également un facteur important dans le déclin global des populations d'amphibiens du fait des particularités de leur épiderme¹³ [Sanzo et al., 2005]. Pour ces espèces, en cas de pollution ponctuelle faible on constate une réduction d'activité, de poids et des anomalies physiques et une mortalité pour de fortes expositions. Dans le cas de pollution chronique, on observe une baisse significative de la population, un temps de métamorphose décroissant, une perte de poids et d'activité et une augmentation des anomalies physiques.

De plus, le sel de déneigement contient des traces de métaux lourds, cause de pollution saisonnière en hiver [Cellier, 2005].

Les effets du salage des chaussées sont encore accentués par les projections diverses sur les végétaux [CTGREF, 1978]. On constate de plus un effet attractif vis-à-vis des grands animaux qui viennent lécher le sel en bord de chaussée ce qui augmente les risques de collision. De plus, la neige est un collecteur efficace de pollution et lors de la fonte des neiges, on constate la diffusion de flux acides très chargés en polluants.

- Pollution due à l'usure des infrastructures : un facteur important

Les polluants émis par l'usure des infrastructures (corrosion des barrières de sécurité) et mais aussi par l'usure des véhicules en circulation constituent également un facteur de pollution important lié aux infrastructures. Les polluants en cause sont des métaux et métaux lourds (cadmium, cuivre, fer, magnésium, plomb, zinc) ainsi que des particules et des macromolécules. Ils sont issus de

¹³ Les batraciens ont une peau en équilibre osmotique avec le milieu, une concentration en sel perturbe fortement leur équilibre physiologique.

l'essence, du moteur, des pneus, des huiles et des parties galvanisées des véhicules. Les couches de roulement par leur usure, produisent des particules qui peuvent contenir des concentrations significatives de métaux : aluminium, chrome, fer, lanthane, nickel, scandium, samarium et vanadium.

Ces polluants se retrouvent essentiellement en superficie du sol (la plus grande concentration des polluants se trouve dans les trois premiers centimètres du sol) et la végétation à proximité d'autoroutes [Garcia et al., 1998]. La teneur en éléments traces métalliques (zinc, cadmium, plomb) diminue avec la distance à l'autoroute (utilisation des graminées, des mousses, escargots comme bio-indicateurs) [SAPRR, 2005]- L'autoroute influe sur la contamination en plomb sur une distance allant au moins jusqu'à 40 m. Cette cinétique caractéristique est influencée par les vents dominants.

L'assimilation des métaux par les animaux se fait ensuite par les voies respiratoires mais aussi par le contact et l'ingestion de végétaux contaminés. Les particules et les macromolécules présentent essentiellement un risque de contamination de la chaîne alimentaire. Très peu de normes existent sur le taux de contamination admissible des animaux [Dalstein, 1996].

Certains groupes tels les mollusques sont très sensibles à ces polluants. Les escargots en respirant, en se nourrissant ou encore lors de leurs déplacements, par contact avec le sol, se contaminent en métaux lourds (cadmium, cuivre, nickel, plomb, zinc...). De plus, cette espèce a la particularité d'accumuler dans la glande digestive l'ensemble de ces métaux. Le plomb s'accumule principalement dans les viscères. Les populations les plus contaminées sont celles qui se trouvent le plus près de l'autoroute.

Afin de faciliter la comparaison des données de pollution et d'augmenter leur représentativité, il est impératif selon les Suisses de standardiser plus rigoureusement les méthodes d'analyses et de définir comme indicateurs-type des plantes ou familles de plantes bien précises [Dalstein, 1996].

- Pollution due aux émanations automobiles : le NOx, le plus impactant

Le NOx, autre polluant émanant des véhicules, [Etchelecou et al., 2001] est un facteur limitant pour le développement des espèces. Il provoque des changements physiologiques, une réduction de la croissance, un effet sur la nutrition (action conjuguée de l'acidification des sols et de la diminution du taux de mycorhization), une vulnérabilité accrue aux stress secondaires (sécheresse, froid). L'augmentation des nutriments dans le sol favorise la croissance de larves de prédateurs et augmente la sévérité des attaques de coléoptères. La modification de la richesse du sol entraîne une variation des mécanismes de compétition entre espèce et peut donc provoquer la disparition de certaines espèces oligotrophes ou pionnières.

- Les écoulements de la route : impact fort sur les milieux aquatiques

Les écosystèmes aquatiques peuvent être enrichis en matière organique ou inorganique après relargage des écoulements de la route [Boisson et al., 2005]. Les HAP sont reconnus comme potentiellement cancérigènes et sont susceptibles de contaminer l'environnement par les eaux de ruissellement [Dalstein, 1996]. En revanche, il n'est mené aucun suivi, ni aucune mesure en ce qui concerne les phytosanitaires utilisés souvent abondamment pour l'entretien des bordures de routes (voir le paragraphe gestion).

On maîtrise assez bien les mesures de polluants dans les eaux, il est donc facile d'obtenir de la documentation à ce sujet et l'existence de normes rend les processus de vérification et d'analyse plus systématiques. En ce qui concerne la qualité des eaux [Michel et al., 2001], on distingue les compartiments superficiel et souterrain, avec une méthodologie adaptée à ces deux compartiments (respectivement un découpage du territoire en bassins hydrographiques ou en nappes d'eau souterraines vulnérables sur le territoire). Puis une méthodologie commune consiste en l'évaluation des effets des scénarios étudiés et la détermination des mesures d'accompagnement environnemental. Les enjeux peuvent s'apprécier par rapport à diverses valeurs : les valeurs patrimoniales et liées à la biodiversité, les critères réglementaires, la gestion acceptable du risque, les valeurs sociétales.

- Cas particulier des zones de montagne

Les particularités de l'arc alpin ayant une influence sur l'environnement sont [Dalstein, 1996] : une fréquence élevée d'inversions de température, les phénomènes thermiques sur les versants

ensoleillés, un vent faible, le transport de polluants canalisé dans les grandes vallées alpines. Dans les écosystèmes alpins, la végétation est confrontée à des conditions de survie extrêmement difficiles, des changements même faibles des conditions environnementales (pollution, climat) peuvent perturber leur fragile équilibre.

Les versants souffrent particulièrement du bruit (effet amphithéâtre), d'un taux d'ozone dépassant les valeurs limites pour l'homme et la végétation, de dégradations surtout dans les forêts en raison de la durée de vie des arbres. Des dégradations visibles dues aux sels de déneigement, aux émissions dues au trafic se manifestent à une distance considérable de la source. Les dégâts causés par le sel de déneigement sont une cause principale du dépérissement des forêts à proximité de routes. L'exemple de la tourbière du Luitel montre que c'est 3 tonnes de sel qui la polluent chaque année (encart 5). Les tourbières de montagne peuvent être ainsi particulièrement mises en danger par le salage des routes [Nedjai et al., 2003].

Sur certains secteurs de montagne, l'accumulation des métaux lourds dans le sol des forêts dépassent les valeurs de référence stipulées par l'UE. L'acidité des sols augmente ce qui peut provoquer des dépérissements et des modifications de composition végétale de la strate herbacée.

Encart 5 : La tourbière du Luitel

La réserve Naturelle du Luitel (massif du Luitel) est soumise depuis les années 60 à une pollution en chlorure de sodium (NaCl) provoquée par le salage d'une route située en amont permettant l'accès à la station de Chamrousse. L'enregistrement automatique des débits et conductivités sur l'ensemble du lac du Luitel a montré l'importance et la rythmicité des apports salés issus des eaux d'écoulement durant deux phases : hivernale et printanière d'une part et automnale d'autre part. Les eaux de surface arrivant en hiver dans la tourbière ont une conductivité e 250 à 400µs/cm alors que les eaux du ruisseau non pollué ont une conductivité de 70 à 80 µs/cm.

L'augmentation simultanée des débits et de la conductivité durant ces périodes est un signe de pollution des eaux par le sel de déneigement. Environ 3 tonnes de sel arrivent au lac dont une faible quantité en sort naturellement par l'exutoire. Une seconde partie reste soit piégée dans les sédiments du fond (tourbe) soit est fixée par le radeau de sphagnes et est évacuée progressivement durant l'année. Une troisième part du sel pourrait quitter le lac par l'intermédiaire du principal accident tectonique qui limite le pic de l'Oeilly par le sud.

Dans le but d'atténuer cette pollution salée, une dérivation a été mise en place en octobre 2001, permettant l'adduction d'une quantité d'environ 5 l/s en moyenne en eau faiblement minéralisée et l'évacuation des eaux salées arrivant au lac. Un suivi précis des caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation a été nécessaire afin d'évaluer l'impact thermique de ces changements sur le milieu.

L'érosion fait partie des problèmes également rencontrés par les projets routiers surtout de montagne [Dalstein, 1996]. La mise en dépôt de matériaux excavés provenant de déblais peut aggraver les problèmes d'érosion et d'instabilité de talus.

3. Effets Induits

Généralement peu pris en compte au moment de la réflexion sur la création de l'infrastructure, les changements d'usage du sol postérieurs à la construction et à la mise en service de l'infrastructure peuvent concerner une surface sans proportion avec celle de l'emprise routière. Toute nouvelle artificialisation du sol (zone industrielle ou commerciale, lotissement, voirie annexe...) produit les effets directs et indirects décrits plus haut. Ils augmentent donc considérablement la surface perturbée et ils n'auraient pas eu lieu si l'infrastructure n'avait pas été construite.

Remembrement et changement d'usage agricole

Les remembrements connexes amplifient largement les impacts de l'ouvrage sur les territoires traversés. Leurs effets peuvent même parfois annuler les effets correcteurs attendus des mesures de réduction d'impact et compensatoires prévues dans l'étude d'impact. Des passages à faune peuvent

en effet perdre leur efficacité si le réseau de structures boisées ou d'espaces de prairies qui permettait aux animaux d'accéder aux passages à faune est détruit.

En effet, le projet de remembrement s'élabore parfois sans connaissance des études d'environnement réalisées [*Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement/Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 1998. Lierdeman, E.*] donc sans compréhension des choix de mesures compensatoires et sans représentation du maître d'ouvrage au sein de la CCAF (commission communale d'aménagement foncier). Le processus décisionnel du remembrement est donc largement indépendant du projet global de l'infrastructure et uniquement à l'échelle locale et avec un enjeu agricole. Les remembrements de ce fait présentent une absence de vision globale d'aménagement du territoire et de développement durable au sein du projet. Le maître d'ouvrage n'a aucun poids sur les décisions, il doit les financer sans pouvoir intervenir.

La pression du monde agricole pour restaurer la continuité des voiries agricoles impose souvent au maître d'ouvrage de faire franchir l'infrastructure par des passages supérieurs ou inférieurs qui pourront aussi être utilisés par la faune.

Dans le massif des Bauges, la création d'une infrastructure de par le remembrement connexe qu'elle a engendré a modifié les systèmes d'exploitation agricole influant de manière conséquente sur les paysages et les milieux naturels. En effet, la polyculture-élevage caractérisée par une matrice de prairies permanentes et de haies a cédé la place à une céréaliculture beaucoup plus intensive et donc moins favorable à la biodiversité [*programme européen NEWRUR*].

La modification d'un système d'exploitation agricole, voire de localisation de parcelles de cultures ou de prairie peut pendant l'intervalle entre les études d'impact et la réalisation du projet entraîner des modifications des populations animales et des déplacements de domaine vital. C'est ce qui s'est passé avec le Hamster d'Europe en Alsace (espèce protégée), une étude d'impact ayant localisé sa présence, l'implantation du Contournement Ouest de Strasbourg a été positionnée en conséquence. Or au moment de la réalisation des travaux plusieurs années après, les modifications des pratiques agricoles avaient entre autre entraîné le déplacement des Hamsters sur le site prévu pour l'infrastructure [*Losinger, 2005*].

Dans le cas des infrastructures ferroviaires, les contraintes géométriques des tracés entraînent également de nouvelles distributions de terrain et urbanisations [*De Saadeler et al., 2003*].

Nouvelles artificialisations des espaces

La réalisation de l'autoroute conduit fréquemment au développement de zones d'activités et industrielles en bordure d'infrastructure. Ceci entraîne autant d'emprunt supplémentaire de surface prélevée sur des habitats naturels ainsi qu'une perte de qualité esthétique du paysage.

On constate un manque évident d'analyses des effets de la construction de l'infrastructure au niveau local [*Petitjean, 2000*]. Il conviendrait en effet de fournir des informations sur les effets réels des grands travaux en termes d'emplois et de contribution à l'économie régionale. Pour cela, il est nécessaire de construire une batterie d'indicateurs susceptibles d'identifier plus clairement cette dynamique de chantier au niveau des entreprises locales de travaux publics et d'activités connexes à ce secteur en identifiant clairement les surfaces concernées et les milieux naturels impactés. Cela permettrait alors en appliquant des modèles théoriques d'économie spatiale, d'émettre des hypothèses sur les conséquences réelles et complètes des infrastructures. Ceci devrait normalement faire l'objet des bilans LOT I mais ceux-ci sont généralement incomplets et ont de graves lacunes sur ces thèmes. En effet ce bilan qui est une formalisation économétrique généraliste ne renseigne que très peu sur les effets territoriaux des infrastructures.

Un deuxième effet remarquable est l'augmentation de population qu'une nouvelle infrastructure peut amener. En effet, l'infrastructure de transport engendre le développement de nouveaux emplois et la facilité d'accès à des lieux antérieurement non desservis, qui peuvent alors être peuplés et développés. Le développement des communes en périphérie de l'autoroute de plus en plus loin des centres urbains induit des modifications sur le milieu naturel (effets directs et indirects).

Protection des infrastructures :

Dans les vallées ou sur les versants ainsi que dans certaines zones à relief de collines, l'infrastructure peut être soumise à des aléas naturels tels les glissements de terrain et l'érosion, les avalanches, les congères, les laves torrentielles et les chutes de blocs. En zone de plaine ou à proximité des cours d'eau dans les vallées, les inondations sont le principal risque à éviter. Afin d'éviter que ces aléas ne se transforment en risques, il convient d'éviter au mieux toute exposition des biens et personnes circulant sur l'infrastructure.

La protection des infrastructures est mise en place avant tout dans un souci de sécurité des personnes et l'on n'envisage généralement pas l'impact que ces protections, qui sont, elles aussi, des constructions, ont sur l'environnement et le paysage. Les mesures de protection peuvent être du génie civil mais aussi plus récemment du génie biologique ou une combinaison des deux techniques. Elles sont souvent étudiées et mises en place après la construction de l'infrastructure car il y a peu d'emprise de part et d'autre, notamment en terrain de montagne donc elles ont des difficultés à être planifiées.

En ce qui concerne la protection des routes contre **les avalanches**, la première étape est de localiser les trajets potentiels d'avalanche sur le tracé de la route [Brugnot, 1979]. Ensuite sont mises en œuvre des méthodes physiques de protection des routes contre les avalanches complétées par des mesures de signalisation. Les protections pare-avalanches (râteliers, dents, déclencheurs d'avalanche) sont assez fréquemment installées sur le versant bien au-dessus du tracé de la route. Leur impact n'est généralement pas du tout étudié dans les études d'impact alors qu'il peut être important car ces équipements sont parfois installés à proximité de zones fragiles (tourbières de pente ou petits marais alcalins) et de toute façon à haute altitude donc dans des conditions difficiles pour reconstituer le couvert végétal naturel. Ces installations peuvent avoir un impact négatif sur les paysages de montagne (dents en béton, galeries pare-avalanches au-dessus des routes...).

Le boisement d'un versant est une protection complémentaire, relevant du génie biologique, puisqu'une zone forestière homogène dissipe l'énergie de l'avalanche par frottement [Lauer, 1998]. Il s'agit d'ouvrir pour une optimisation de la forêt en tant qu'ouvrage de protection. Cette option peut alors représenter un point positif pour le maintien de la biodiversité. Les forêts de protection sont en effet des forêts peu gérées (condition de pentes trop fortes et mauvaise qualité des bois pour envisager une exploitation économique rentable). Une forêt de protection est souvent riche en bois mort laissé sur place ou d'arbres à cavités qui sont très favorables à des taxons vivant dans le bois (insectes, oiseaux, champignons...).

Un programme européen en cours, PROVIALP, a pour objet de proposer des outils afin d'utiliser au mieux le rôle de protection que peut jouer la forêt vis-à-vis des infrastructures de transport car l'impact environnemental est beaucoup plus favorable qu'utiliser du génie civil [Rey et al., 2003].

Les congères moins prises en compte que les avalanches car elles n'ont généralement pas d'impact sur la sécurité humaine. Une congère peut avoir des impacts économiques importants en raison du flux de trafic qu'elles peuvent perturber. De ce fait certains aménagements peuvent être faits mais de manière moins systématique que pour protéger la route des avalanches. En outre alors qu'une cartographie des avalanches potentielles peut être faite, les zones de création de congères ne sont généralement pas anticipées, elles sont découvertes a posteriori une fois l'infrastructure en service [Naaim Bouvet et al., 1993]. Des protections peuvent alors être envisagées et selon l'impact paysager, il s'agit de barrières à neige ou de plantations pare-congères. La faible surface des barrières à neige introduit peu d'impact environnemental mais il est toujours préférable de leur préférer des haies pare-congères. Des recherches seraient nécessaires afin d'améliorer les techniques de génie écologique utilisables : choix des essences feuillues ou résineuses ou combinaison des deux, épaisseur et disposition de la barrière, distance et orientation par rapport à la route, mode d'entretien pour assurer la pérennité de l'efficacité...

Protéger la route contre les **chutes de blocs**, est un enjeu souvent moins évoqué par le grand public que les avalanches mais pourtant pour les utilisateurs des routes, ces dernières années des accidents mortels (route des Grands Goulets, Aussois) ont eu lieu alors que l'on ne déplore pas de morts sur la route dus aux avalanches. Le génie civil pour protéger les routes ou les voies ferrées consiste à poser des filets contre les parois à risques ou à les bétonner. Les impacts pour les milieux sont importants car ces travaux sont précédés parfois de la création d'une voie d'accès et

occasionnent la coupe des arbres et la destruction de la végétation en place. Or on constate fréquemment que la pose des filets s'effectue sans vérification des habitats se trouvant sur la paroi et de ce fait peut détruire ou perturber des espèces patrimoniales. Si la largeur de la vallée et la configuration des versants le permettent, des merlons (tas de pierre ou de terre revégétalisée de 5 m de hauteur environ) peuvent être utilisés, leur impact environnemental est moindre.

La forêt de protection peut également jouer un grand rôle dans la protection des routes contre les chutes de bloc à moindre coût et avec un grand intérêt écologique. En tout, plus de 10 % des forêts domaniales de montagne jouent un rôle de protection exclusif contre la chute de blocs. Cet effet de protection intervient sur les distances d'arrêt des pierres et sur la hauteur des rebonds. Ainsi pour le site d'étude situé en amont de la route d'accès à Val d'Isère, il ressort des travaux de modélisation que 80 % des blocs jusqu'à 15 tonnes sont arrêtés par la forêt sur une pente de 25 à 35°. Seuls 20 % atteignent la route. Dans le cas où la forêt disparaîtrait, les proportions seraient inversées et 80 % des blocs s'écraseraient sur la route. (programme européen ROCKFOR¹⁴)

La réhabilitation des talus de TGV est souvent effectuée dans le but de protéger l'ouvrage contre l'érosion et de limiter les perturbations de fonctionnement de l'équipement (éviter les chutes de pierres sur les voies...) [Dinger, 2000].

4. Effets positifs

Malgré le constat précédent de nombreux effets négatifs des infrastructures de transport terrestres sur les écosystèmes et le paysage, il peut y avoir ponctuellement et par l'effort de compensation et d'accompagnement mis en place, des effets positifs.

L'efficacité et la pertinence du **rétablissement de corridors écologiques** le long des routes fournissent une stabilité des populations interconnectées et des milieux de substitution (dépendances vertes, zones d'emprunts ou de dépôts).

La création de dépendances routières, de même que la restauration ou recréation d'habitats humides, qui en découle parfois constituent des zones de transition et d'échange entre habitats naturels des paysages traversés. Ces habitats créés avec des conditions écologiques favorables, des modes de gestion adaptés peuvent représenter un réservoir biologique et un corridor écologique. Néanmoins, leur rôle conservatoire sur la faune est assez mal connu.

Les zones d'emprunts de matériaux secs (carrière de roches massives) peuvent fournir des habitats compacts, relativement étendus et hétérogènes (carreau, trou d'eau, front de taille) pouvant fournir des habitats de qualité pour quelques espèces patrimoniales (batraciens, reptiles, oiseaux). Cependant, les possibilités de mise en œuvre de cette mesure compensatoire sont rarement évoquées (les réaménagements agricoles, forestiers ou paysagers sont courants et souvent réussis mais les réaménagements écologiques réfléchis sont plus rares). Leurs potentialités en terme d'habitats de substitution ont été étudiées par la Charte des producteurs de granulats, tant pour les carrières en roche calcaire qu'acide¹⁵.

Enfin, **les bords des routes** eux-mêmes sont souvent colonisés en tant que nouvel habitat ou corridors de transition (fonction d'habitats, de conduits de déplacement).

Tous ces effets positifs constitueront une réelle fonction d'amélioration écologique si trois conditions sont réunies [SETRA, 2005] :

- ▶ des conditions écologiques favorables,
- ▶ des modes de gestion adaptés,
- ▶ des pertes par collision inférieures aux capacités de reproduction des espèces présentes.

Ces nouveaux habitats remplissent alors un rôle de réservoir biologique (source) et de corridor écologique (connexion avec d'autres réseaux existants). Ils abritent cependant plus souvent une biodiversité banale que patrimoniale.

¹⁴ ROCKFOR Project ROCKFALL – FOREST INTERRELATION Efficiency of the Protective Function of Mountain Forest against Rockfall

¹⁵ Potentialités écologiques et réaffectations des carrières de roche éruptive du Massif armoricain (Analyse bibliographique et réflexions), Potentialités écologiques des carrières de roche calcaire (analyse bibliographique et réflexions).

Synthèse

Les pertes directes sont :

- ▶ La destruction d'habitats ou d'espèces aquatiques ou terrestres,
- ▶ La perturbation des écosystèmes environnants pendant les travaux,
- ▶ La contamination des écosystèmes par des espèces invasives,
- ▶ La mortalité d'espèces par écrasement,
- ▶ Les conséquences d'un aménagement hydraulique.

Les pertes indirectes sont dues à la fragmentation et à la dégradation des écosystèmes :

- ▶ Interruption ou perturbation de corridors biologiques à différentes échelles
- ▶ Obstacles au déplacement des espèces par des effets de barrière physique, visuelle, thermique ou chimique des chaussées
 - L'effet barrière,
 - Changements hydrologiques et microclimatiques,
 - Bruit, lumière et vibrations
- ▶ Fragmentation et diminution d'espace vital d'espèces
- ▶ Pollutions chroniques ou ponctuelles
 - Le sel de déneigement : le principal polluant issu des routes,
 - Pollution due à l'usure des infrastructures : un facteur important,
 - Les écoulements de la route : impact fort sur les milieux aquatiques,
 - Le cas particulier des zones de montagne

Les effets induits par l'ouvrage sont liés aux changements d'usage du sol postérieurs à la construction et à la mise en service de l'infrastructure :

- ▶ Remembrement connexe et changement de système d'exploitation agricole,
- ▶ Nouvelles artificialisations des espaces : création d'une zone industrielle ou de lotissements,
- ▶ Travaux de génie civil pour protéger les infrastructures.

Enfin les effets positifs sont ponctuels et dus à des mesures de compensation :

- ▶ Rétablissement de corridors écologiques,
- ▶ Création de dépendances routières ou récréation d'habitats humides,
- ▶ Zones d'emprunts de matériaux à potentialité écologique.

Un certain nombre d'ouvrages (passages à faune...) permet non pas de restituer un état préexistant mais à restituer une certaine fonctionnalité aux espaces naturels. Ce sont les effets indirects qui déterminent, en grande partie, que ce soit sous l'aspect aménagement foncier ou développement urbain, la modification de la structure du territoire et les incidences environnementales sur l'ensemble de l'espace traversé par l'infrastructure.

B. Etudes spécifiques sur les espèces

L'analyse bibliographique met en évidence une forte hétérogénéité dans la prise en compte des impacts sur les espèces et dans les études. En 1998, les recherches les plus souvent effectuées sur les espèces concernaient les mammifères de grande taille, le hérisson, les oiseaux nidificateurs, les effets de la lumière artificielle sur la faune, les effets d'isolement d'espèces d'amphibiens et les possibilités d'atténuation d'impact et de compensation [De Vries, 1998].

On retrouve ci-dessous les espèces classées des plus au moins étudiées.

Mammifères de grande et moyenne taille

En Europe, ils font partie des animaux dont les populations voient leur taille et leur structure de population particulièrement affectées par la construction de voies de circulation isolées par des clôtures ou très fréquentées [Hartl, 1998]. L'espèce la plus étudiée est **le cerf**, bien que les connaissances s'avèrent encore insuffisantes. En effet, les données pour juger des effets du fractionnement de l'espace par les infrastructures sur les populations d'ongulés sont fragmentaires

[Cibien *et al.*, 1995]. Il serait nécessaire de mettre en place des suivis à long terme avec des moyens appropriés (marquage massif d'animaux, suivis démographiques) et une réflexion sur les critères à utiliser.

Les mortalités de grands gibiers liées aux autoroutes sont le plus fréquemment dues aux reports des franchissements aux points d'arrêt des clôtures [CTGREF, 1978], à la pénétration sur l'autoroute en dépit des clôtures (par-dessus : Cerf ou par-dessous : sanglier, chevreuil ou par une brèche).

Blaireau, renard et hérisson font partie des animaux les plus fréquemment tués par des collisions sur le réseau secondaire où les routes ne sont pas isolées par des clôtures.

espèce	Nombre d'observations	% observation morts	% communes
Blaireau	2100	80%	14 %
Fouine	3000	70 %	17 %
Martre	1100	70 %	8 %
Putois	1000	80 %	7 %
Belette	500	75 %	5 %
Hermine	400	25 %	3 %

Tableau 3 : Observation de carnivores en bord de route par les agents ONFCS [Ruette, 2005]

Chauve-souris

Les chauves-souris sont perturbées par la lumière artificielle et attirées vers les lignes de végétation ou le milieu aquatique en bordure de route [Lemaire *et al.*, 1998]. En effet, elles se déplacent préférentiellement en suivant les structures végétales et selon les espèces, se nourrissent sur le haut des herbes, en bordures d'arbres ou au-dessus de points d'eau. Avec la création d'une infrastructure, l'éclairage éventuel et les coupes de linéaires d'arbres ou de haies diminuent la qualité des sites de nourrissage et du nombre de points de repos (arbres où elles se suspendent pendant la nuit).

Pour établir les habitudes des espèces dans les paysages et leurs trajets préférentiels, les inventaires par détection sont un point de départ indispensable. Les chauves-souris peuvent être localisées en été avec un détecteur spécifique et leur site de nourrissage et les arbres perchoir sont trouvés mais pas les lieux d'hivernation [Bats and road construction]. L'hivernation et la reproduction ont lieu dans des lieux spécifiques reliés par des couloirs de migration. Le problème des chauves-souris est donc complexe et il existe peu de publications sur le sujet et elles restent très ponctuelles. C'est pourquoi des recherches scientifiques utilisant de nouvelles méthodes de radio-tracking devraient être initiées afin de suivre les trajets et les habitudes de vol des espèces [SETRA, 2005].

Quelques données sont cependant connues et devraient pouvoir être appliquées de manière plus systématique :

- ▶ Eviter de couper les lignes végétales par les routes. Si une route interrompt une ligne boisée fréquentée par les chauves-souris, le risque de mortalité est connu (collisions majoritairement en septembre et octobre avec des poids lourds roulant la nuit). 1 à 5 % des chauves-souris sont tuées en essayant de traverser la route [Bats and road construction].
- ▶ En cas de bonne connaissance d'un point de traversée d'une route, installer un rideau boisé suffisamment haut peut obliger les chauves-souris à s'élever pour traverser la chaussée et de ce fait être à l'abri des collisions avec les poids lourds.
- ▶ Utiliser la lumière avec précaution en préférant l'utilisation de lampes au sodium et en hauteur,
- ▶ Utiliser au maximum les cours d'eau pour créer des passages à chauve-souris
- ▶ Abaisser le niveau de végétation près des routes pour inciter les espèces à passer sous la route et non au-dessus,

Il est enfin nécessaire de maintenir les populations installées dans les ouvrages d'art existant et de créer des gîtes dans les ouvrages d'art neufs [Owaller, 1994]. Des guides de recommandations pour inspecter un ouvrage d'art avant entretien existent et sont appliqués quand les intervenants ont été suffisamment sensibilisés.

Aucune étude n'est publiée sur les collisions des chauves-souris avec les trains.

Les amphibiens

L'étude des amphibiens sur le terrain fait appel à des méthodes de recensement variables suivant les espèces, les milieux et les saisons [SFTRF, 1993]. Une bonne connaissance de la biologie

et de l'écologie des espèces, de son cycle de vie avec la succession des milieux et trajets nécessaires, est donc essentielle pour obtenir des résultats significatifs. Le facteur temps joue un rôle important. Un inventaire fiable, en particulier des espèces rares et des axes de migration, nécessite des investigations à différentes périodes de l'année et, si possible, étalées sur plusieurs saisons biologiques. En effet, pour certaines espèces la phase juvénile en zone boisée peut durer de 3 à 5 ans avant la maturité sexuelle et donc le premier retour à la mare de naissance.

Pour un amphibien, la probabilité d'être tué lors d'une traversée de route va de 30 à 60% avec un trafic de 3200 véhicules/jour et de 80 à 90% en traversant une autoroute [Hels et al., 2001]. L'exemple chiffré tiré du suivi de l'étang du Grand Lemps (encart 3) montre que le nombre d'individus tués peut être très important.

La protection des amphibiens suppose la définition de directives de gestion [SFTRF, 1993] qui peuvent concerner l'organisation spatiale de l'environnement (présence et distribution des biotopes favorables : organisation en archipels des mares plutôt qu'en insulaire, présence de corridors permettant les échanges entre biotopes), l'évolution temporelle (conservation des mécanismes de la dynamique des milieux pour assurer une régénération permanente des biotopes favorables aux différentes espèces), les relations biocénotiques (prise en compte de la présence d'amphibiens lors de toutes les interventions : par ex activités halieutiques).

Différentes solutions ont été étudiées pour remédier à l'effet de coupure d'une infrastructure linéaire pour les batraciens dans le cas où le territoire de vie et le lieu de ponte sont séparés par l'infrastructure [Mougey, 1993] :

- ▶ capture manuelle à l'aide de barrières et de seaux et transport de l'autre côté de l'infrastructure,
- ▶ mise en place de tunnels (« crapauducs ou écoducs »),
- ▶ création d'un étang de substitution pour la ponte du même côté que le territoire de vie.

En ce qui concerne les effets des voies ferrées, on constate la présence de divers obstacles de franchissement : les rails, les fossés cuvelés qui servent à l'évacuation des eaux de ruissellement, les conditions microclimatiques au niveau de la voie ferrée (variation de luminosité, température, évaporation). Les conséquences de cet effet de coupure sont d'ordre démographique (processus d'immigration et d'extinction (surtout pour les espèces ayant besoin d'un grand domaine vital et les espèces spécialistes) et génétiques (populations divisées, isolées et limitées numériquement : dérive génétique, disparition des formes rares et consanguinité).

Les crapauducs sont des passages à sens unique ou à double sens, avec des caniveaux collecteurs de préférence ombragés par la plantation de quelques arbustes feuillus et un couvert herbeux en bordure. Ils ne doivent pas excéder 60 mètres de long et bénéficier d'un entretien indispensable à effectuer une fois par an avant la période de migration. La construction des tunnels se justifie quand une espèce commune traverse en grand nombre, quand il y a présence d'une espèce rare et protégée ou bien quand il y a présence d'une grande diversité d'espèces.

Le manque d'information sur les périodes de déplacement des amphibiens peut engendrer des effets imprévus lors de la mise en place d'un crapauduc (cas du Grand Lemps). En effet, la période de migration donc de présence dans les tunnels dépend du climat, elle est donc variable selon les années. L'information maximale doit être donnée aux équipes chargées du salage des routes durant l'hiver à proximité des crapauducs. En effet, un salage abondant fut effectué lors d'un épisode neigeux tardif qui a eu lieu au moment de la migration des amphibiens. Le sel s'étant répandu dans le tunnel, il a provoqué la mort d'une grande partie des amphibiens présents par pénétration cutanée d'une solution très concentrée en sel.

Les **mares de substitution** devraient idéalement avoir une surface de 100 m², une profondeur de plus de 50 cm, être à moins de 25 m d'un bois, à moins de 500 m d'une population d'amphibiens connue, à moins de 275 m d'une autre mare et à plus de 100 m d'une terre cultivée. Elles doivent être absolument dépourvues des poissons carnivores et donc ne pas être alevinées par des sociétés de pêche.

Les oiseaux

L'occurrence des oiseaux est liée à la taille des fragments, à leur connectivité et à la structure de la végétation [Brotons et al., 2001]. La proximité d'une autoroute réduit les probabilités d'occupation des fragments isolés par les oiseaux et réduit de ce fait la probabilité de persistance des

métapopulations. Les routes et autoroutes réduisent souvent la qualité de l'habitat des vertébrés par des nuisances sonores ou des perturbations visuelles. De plus, les oiseaux voulant traverser la route ou venant se nourrir à proximité (rapaces, corbeau...) sont fréquemment tués. Les collisions avec les véhicules sont une des causes les plus importantes de mortalité des oiseaux (50 % de la mortalité des chouettes effraie).

Les études montrent que l'avifaune trouvée dans la végétation de bordure est dominée par des espèces communes, s'alimentant dans les champs agricoles mais nichant ou s'abritant dans les bordures [Bennett et al., 2001]. Les bords de route peuvent être favorables aux oiseaux s'ils constituent un habitat complémentaire à l'habitat dominant [Meunier et al., 1999].

La prolifération de petits rongeurs dans les talus est très favorable aux rapaces qui y trouvent une nourriture abondante. Les rapaces diurnes (buse, faucon) et nocturnes sont très souvent victimes des collisions avec les voitures. Les rapaces nocturnes chassent en planant au ras de la végétation et se font éblouir par les phares, ils sont les victimes les plus fréquentes et la chouette effraie est la plus touchée¹⁶ en raison de son vol de 1,5 à 3 m du sol. Le Sétra estime qu'il y a environ 1 effraie tuée par km et par an sur le réseau autoroutier soit de l'ordre de 15 000 à 20 000 effraies par an [SETRA, 2006]. Sur autoroute avec un trafic de 400 poids lourds par heure, une chouette a 1 chance sur 20 d'être heurtée. Sa mortalité est plus importante lorsque l'autoroute passe sur remblai (pas de talus sur les côtés). Le Sétra vient de rédiger une note technique proposant des mesures d'aménagement des bords de route (plantation d'arbres de haut jet, accotements non végétalisés...) pour diminuer la mortalité des chouettes effraie. En plus de l'effet direct de mortalité, la chouette effraie possède une grande sensibilité à la fragmentation du paysage [De Saadeler et al., 2003] contrairement à la hulotte qui est moins sensible.

La mortalité des rapaces est accrue en hiver car poussés par la faim, ils se rabattent sur les cadavres écrasés donc se posent directement sur la chaussée. Les oiseaux granivores sont également très vulnérables en hiver car les salages déneigent les accotements où ils peuvent trouver des aliments sans devoir creuser la neige.

La petite faune

Une étude sur la perméabilité pour la petite faune [ECONAT et al., 2000] a montré que les infrastructures représentent un obstacle physique infranchissable. Ceci est du essentiellement à l'hostilité de la nature du substrat (revêtements routiers), à la perturbation du microclimat (augmentation de l'insolation, de la température de surface, de la vitesse du vent et de l'évaporation, alors que l'humidité relative décroît), à un changement de végétation et de structure du milieu. L'effet barrière est fonction de la largeur de l'infrastructure, de la densité du trafic, de la vitesse des véhicules, du positionnement du tracé par rapport au terrain naturel.

Peu de données chiffrées existent mais une étude établit que les routes et le trafic réduisent la densité de hérisson d'environ 30 % ce qui affecte les probabilités de survie des populations locales [Huijser et al., 2000].

En ce qui concerne la petite faune, le SETRA a édité un guide d'aménagements et de mesures pour une prise en compte la plus complète de ces espèces (voir le chapitre 2).

Nous n'avons pas trouvé de données autres qu'anecdotiques et locales sur les écrasements de reptiles mais l'impact est aussi important pour ces espèces (y compris pour des espèces en danger dans le sud de la France).

Les insectes

Il n'existe pas d'études sur les insectes mais chacun a pu constater l'impact de son trajet en été au nombre d'insectes sur le pare-brise. On dénombre, sur les pare-brise, une centaine d'insectes tués par kilomètre. A certaines périodes et dans des secteurs de migration, des papillons sont tués en grand nombre. Selon les conditions climatiques le microclimat au-dessus de la chaussée les rabat vers le sol et augmente encore la fréquence des collisions.

Une étude menée sur des passages à faune supérieurs ou inférieurs a montré qu'ils étaient fréquentés par des insectes et arthropodes [Berne, 2002] même s'ils n'ont pas du tout été pensés pour eux.

¹⁶ Sur 2292 oiseaux bagués morts par collision depuis 1953, 138 espèces ont été dénombrés et il y a 661 chouettes effraie.

Synthèse

Les espèces animales les plus étudiées sont celles qui occasionnent des collisions avec des véhicules risquant de mettre en danger des vies humaines : grands mammifères et grands rapaces (le risque étant du à leur taille), batraciens (le risque étant du au grand nombre d'écrasement pouvant rendre la chaussée glissante). Quelques espèces patrimoniales sont également étudiées mais de manière localisée (chauve-souris). Pour ces espèces, des mesures de protection existent et nous verrons qu'elles sont vulgarisées et appliquées dans les grands projets d'infrastructure (guides « passages à faune » du SETRA). Le réseau secondaire est beaucoup moins bien aménagé.

Les autres taxons ne sont quasiment pas pris en compte et étudiés alors que les enjeux en terme de perte de population sont peut être plus cruciaux que pour les chevreuils et les sangliers dont les populations sont en croissance.

Cependant, même pour les taxons étudiés, les études espèces par espèces ne suffisent pas. Afin de comprendre le fonctionnement d'une population dans un secteur traversé par une infrastructure, il convient de regarder le fonctionnement global du milieu en analysant tous les niveaux de la chaîne alimentaire en terme de groupes fonctionnels par exemple. Ce type d'analyse peut en effet éviter de restaurer un habitat compensatoire pour une espèce prédatrice en réhabilitant l'habitat de son espèce proie de l'autre côté de l'infrastructure.

Pour l'instant ce type d'étude n'existe pas. Elle ne peut pas être faite au cas par cas, ce qui serait beaucoup trop long et coûteux. Elle nécessite de modéliser les fonctionnements des populations en interaction dans des paysages spatialement explicites. Pour cela il est nécessaire d'acquérir des données de terrain en volume important pour expliciter les liens du modèle et les paramétrer.

C. Les impacts paysagers

Même si le paysage au sens esthétique n'est pas lié aux impacts sur les écosystèmes et les habitats, l'appel d'offre demandait explicitement de traiter également la question du paysage.

De nos jours, la population souhaite que tout projet routier s'intègre harmonieusement dans le paysage. La diversité des paysages français et la notion même de paysage nécessitent une approche systémique lors de la conception d'une infrastructure. La cohérence du projet repose sur les interactions entre ces composantes, lesquelles sont centrées sur le substrat paysager [SETRA, 2002].

Le paysage auquel on s'intéresse ne se limite pas à l'emprise de la route, le projet repose sur le territoire qu'il va structurer. Il existe donc une relation de continuité à établir entre l'autoroute et les paysages traversés.

La politique du 1 % Paysage et développement s'engage à consacrer 1 % du montant total des ouvrages à des travaux visant à réhabiliter et mettre en valeur des paysages environnant l'infrastructure et situés hors de l'emprise routière [Les chemins du paysage]. Il s'agit d'une démarche partenariale par laquelle l'Etat propose aux acteurs locaux (collectivités locales, chambres consulaires...) une politique de gestion maîtrisée des espaces proches des autoroutes concernées [Direction des routes, Direction de l'architecture et de l'urbanisme]. Cette politique a comme objet de maîtriser certains effets négatifs dus à l'arrivée de l'infrastructure tout en favorisant la valorisation du territoire [SAPRR, 2005]. Les principes fondateurs sont la valorisation paysagère, vecteur du développement économique, des actions en dehors de l'emprise autoroutière et dans la zone de co-visibilité de l'autoroute, des projets portés par des maîtres d'ouvrages publics locaux. On peut toutefois se questionner sur la pérennité des actions après le départ de l'Etat et de la société concessionnaire lors de la mise en service de l'infrastructure. On peut regretter que cette politique ne soit pas appliquée pour gérer de manière maîtrisée les milieux hors emprise dans un but de préservation du fonctionnement des écosystèmes et des espèces.

La contextualisation paysagère d'une route fait désormais partie de tout le processus de conception et de mise en œuvre de la route : mission de coordination paysagère, préétude paysagère (Loi Paysage 8 janvier 1993), projet opérationnel et d'assistance à la maîtrise d'œuvre (charte d'aménagement et de mise en valeur des paysages). L'ouverture de carrières et les zones de dépôt

de matériaux excédentaires peuvent avoir un impact paysager très important notamment en montagne [*Les chemins du paysage*]. Les recommandations utiles pour leur localisation et pour le cahier des charges de l'étude spécifique de réaménagement dont elles feront l'objet doivent être établies avec précision.

La notion de paysage est par essence subjective puisqu'elle est une synthèse entre, d'une part, les composantes de l'environnement (géomorphologie, biogéographie, empreintes économiques et sociales) et d'autre part, la perception par les individus de ces composantes. En ce qui concerne les projets ferroviaires, l'expérience paysagère n'est pas la même que l'on soit passager empruntant la ligne ou riverain à proximité. Or les deux points de vue sont nécessairement à prendre en compte. En phase projet s'ajoute la question délicate des représentations individuelles du paysage à venir. Une phase de visualisation paysagère s'appuie sur différents types d'outils (notamment les simulations informatiques de visualisation 3D) et les solutions paysagères qui en découlent sont de deux natures : soit elles procèdent de l'idée d'insertion où l'on tente de fondre l'infrastructure dans le paysage, soit, si l'insertion est impossible, il s'agit d'un traitement esthétique où on ne cache plus l'infrastructure mais au contraire on la montre.

Quelle que soit la solution retenue, elle doit rétablir les liens physiques et symboliques entre chaque partie du territoire que la nouvelle infrastructure va séparer.

Le paysage représente une connectivité fonctionnelle [*Berne, 2002*]. L'échelle du paysage est importante car elle permet la correspondance avec l'échelle des interventions humaines. C'est pourquoi la convention européenne du paysage (juillet 2000) cherche à promouvoir la protection, la gestion et l'aménagement des paysages [*De Saadeler et al., 2003*].

Les impacts d'une infrastructure sur le paysage sont essentiellement un effet de coupure visuelle (c'est-à-dire le paysage « esthétique » traité par l'homme) et des effets sur le paysage en tant que lien de fonctionnement d'un ensemble de populations animales et végétales [*Dron et al., 1994*]. La plupart du temps, le premier effet est le plus étudié et pris en compte car il contient une dimension humaine et esthétique importante.

Un des impacts positifs, par contre, reste la mise en valeur possible du patrimoine naturel grâce à la construction étudiée de l'infrastructure mais ceci devrait être explicitement prévu. Ainsi par exemple des talus sont plantés d'espèces invasives (buddleia, robinier...) ce qui peut être néfaste au milieu environnant.

Les plantations écrans, les alignements verticaux et les barrières peuvent être des outils intéressants pour réduire les effets de linéarité du couloir de transport dans le paysage mais il convient de ne pas lui substituer une autre forme de linéarité. Il faut adapter l'alignement horizontal à la texture du paysage et à ses caractéristiques topographiques. Pour être efficace, l'atténuation des incidences principales d'un projet d'aménagement sur le paysage ne doit pas négliger la conception et l'atténuation des éléments connexes de ce projet.

La gestion des habitats qui peuvent être créés pour réhabiliter le paysage n'est pas toujours réfléchi en prenant en compte des objectifs de préservation de l'environnement (traitement, date de fauche...).

Synthèse

Dans un projet d'infrastructure, le paysage d'un point de vue esthétique est bien traité grâce à un outil d'aménagement du territoire sur une zone plus large que celle de l'emprise du tracé. Cette démarche partenariale nécessite d'être poursuivie au-delà de la phase de construction pour assurer la gestion durable des actions mises en place

Cet outil d'aménagement du paysage devrait être couplé avec la restauration écologique pour réfléchir ces deux aménagements en synergie et non plus de manière séparée donc contre-productive et plus coûteuse.

II. Mise en évidence des lacunes

Nous avons répertorié un grand nombre de documents sur la protection des batraciens ou des grands mammifères aux abords des infrastructures ou encore, de la grande et petite faune en général, mais qu'en est-il des autres taxons (Tableau 4) ?

	Nombre de références recensées
Grands mammifères	37 (dominante ongulés)
Petits mammifères	29 (dominante hérisson)
Amphibiens / reptiles	28 (dominante batraciens)
Oiseaux	24
Arthropodes, insectes	14
Végétation	9
Plantes invasives	8
Milieu aquatique	1-2
Petits vertébrés / invertébrés	1-2

Tableau 4 : Classement par taxon des références bibliographiques recensées pendant l'étude.

Les amphibiens les plus étudiés dans les aménagements sont les espèces les plus communes, les plus repérables. Ainsi les aménagements compensatoires sont bien adaptés aux crapauds communs et grenouilles mais pas aux tritons et salamandres. On constate une fois les mesures compensatoires réalisées, des problèmes d'utilisation des passages par les tritons et salamandre et aucun recul sur la traversée des jeunes. Ainsi, beaucoup de mares de substitution et de crapauducs sont réalisés mais ils sont souvent mal conçu et ne bénéficient d'aucun suivi. Seul un protocole de suivi mis en place dès le début de l'infrastructure et financé sur une durée suffisante (au moins une dizaine d'années) peut apporter de l'information permettant de faire progresser les connaissances et adapter dans l'avenir les crapauducs aux salamandres et tritons pour en faire des vrais écoducs.

Concernant **les insectes**, les scientifiques ont encore peu de recul sur les méthodes, sur les groupes d'espèces à suivre et sur les mesures à prendre. Il est très difficile, sauf cas d'espèce patrimoniale, de repérer les points de conflit car on connaît très peu la répartition des espèces dans le territoire.

Les chauves-souris constituent une problématique relativement nouvelle, malgré quelques recherches très intéressantes, il y a encore peu d'expérience sur ces espèces. La difficulté est que chaque situation doit être étudiée de manière fine par suivi des trajets des individus pour connaître leur utilisation des milieux de part et d'autre de l'infrastructure. Un bon état des lieux préalable au projet d'infrastructure est donc nécessaire sur un périmètre d'étude beaucoup plus large que l'emprise afin d'identifier les colonies de chiroptères pouvant traverser l'infrastructure lors de leurs trajets vers les sites de nourrissage.

Les oiseaux sont bien pris en compte dans les études d'impact en terme de présence car leur repérage est facile et normalisé (points d'écoute avec des protocoles précis et des gens formés). Cependant l'évaluation des impacts de la route sur leurs populations est mal connue et peu de mesures concrètes sont proposées. On remarque également un besoin de connaissances sur les processus qui influencent la situation et la dynamique des populations des bords de route et aussi pour les autres habitats linéaires.

La **grande faune** est bien étudiée et prise en compte de mieux en mieux dans les mesures de réduction d'impact (passages à faune adaptés et bien positionnés). Quelques incertitudes restent au niveau de l'aménagement et des dimensionnements de passages. Une étude du CETE est en cours pour essayer de mieux connaître la relation fréquentation/largeur de passage. En Suisse, les ouvrages restituent les corridors écologiques (donc des grands et larges passages). Des suivis de passages sur les autoroutes sont effectués par les gestionnaires et leur efficacité est connue : les passages sont utilisés. Par contre aucune étude ne met en évidence le rôle de ces traversées dans la dynamique des populations.

Les **reptiles et les micro-mammifères**, sont les moins étudiés. Les quelques études trouvées sont trop spécifiques et locales. Il existe quelques données disparates sur des observations (mortalité ou fréquence des reptiles dans des dépendances routières). Le laboratoire d'herpétologie du CNRS de Chizé répertorie grâce à un réseau d'observateurs les reptiles morts (2000 données recueillies). [Vereyden, 2005]. Une étude montre que malgré une présence de reptiles en nombre important dans les dépendances, peu se font écraser sur les autoroutes. La plupart des mortalités recensées sont sur des petites routes communales. En outre, comme la reproduction est tardive chez ces espèces (10 à 20 ans), la mortalité d'adultes reproducteurs même en faible nombre peut mettre en danger des populations. Pour les reptiles, taxon en danger, les dépendances vertes si leur gestion est adaptée pourraient être conçues comme des habitats de substitution.

La **végétation** est uniquement étudiée du point de vue de la pollution en bord de chaussée et de la disparition des espèces patrimoniales. Actuellement, aucune étude concrète n'a été effectuée concernant les modifications micro/méso/macro climatiques et leurs impacts sur les groupements végétaux. Le rôle des infrastructures dans l'éventuelle modification des groupements végétaux en bord de route et au-delà de l'emprise n'est pas étudié (en terme de propagation d'espèces invasives par exemple).

Concernant la **pollution des sols et des végétaux**, il existe très peu d'études, voire aucune, sur les hydrocarbures (car très compliqué et coûteux). Les études sur l'impact des polluants atmosphériques sur les insectes sont rares [Cellier, 2005]. L'étude de l'impact de la pollution atmosphérique due aux transports sur les végétaux est encore très peu abordée et, lorsque c'est le cas, seulement pour les polluants « classiques » (NOx...). Des études d'impact à proximité des voies de circulation suivant un transect perpendiculaire à l'infrastructure ont été réalisées, mais elles restent ponctuelles dans l'espace et le temps.

Le **fonctionnement écologique des milieux traversés** par l'infrastructure n'est pas assez étudié et nécessite absolument d'initier des recherches selon des directions variées. Les études sur la pollution portent sur les végétaux en bord de route, parfois les sols et quelques espèces bio-indicatrices telles les gastéropodes. Ce qui manque est une vraie prise en compte de la diffusion de la pollution induite par le transport terrestre sur l'ensemble de la chaîne alimentaire. Les études de diffusion de la pollution dans la chaîne alimentaire existantes sont actuellement trop ponctuelles.

En effet, il est noté dans plusieurs études que les dépendances vertes sont des milieux de vie pour certaines espèces (micro-mammifères, lapins...). Quel est l'impact de la pollution sur ces populations de consommateurs primaires des végétaux pollués ? De plus, leur présence attire leurs prédateurs qui viennent d'un territoire au-delà de l'emprise. Comment leur prédation d'animaux vivant dans l'emprise influe-t-elle sur leur cycle de vie ? Quelle part de leur régime alimentaire représentent ce milieu de chasse ? Y a-t-il diffusion de la pollution au-delà de l'emprise par ces vecteurs ?

Il n'existe aucune étude [Little et al., 2002] pour tester si les passages à faune augmentent le risque de prédation ou si les espèces proies évitent les passages empruntés par les prédateurs (ayant laissés leur odeur). Des études supplémentaires seraient nécessaires pour évaluer les effets des passages sur la démographie et le flux génétique de la population à proximité des routes. Si les passages à faune aménagés spécifiquement pour certaines espèces sont parfois suivis, c'est généralement seulement l'espèce cible qui est observée (chevreuil, sanglier...). On connaît mal leur fréquentation par les autres taxons, une étude ponctuelle en Isère a produit des données intéressantes sur les micro-mammifères, hérissons, mustélidés et arthropodes utilisant des passages calibrés pour la grande faune [Berne, 2002].

De plus, un grand nombre de traversées sous la chaussée existent afin de restaurer des continuités hydrauliques, ces ouvrages même non adaptés pour la faune sont utilisés. Il y a des observations ponctuelles qui sont réalisées mais il existe très peu de connaissances sur l'efficacité des buses pour augmenter la perméabilité des routes et la connectivité des habitats pour la faune terrestre [Clevenger et al., 2002]. Or, à toutes les échelles de résolution (espèces, groupe d'espèces, communautés), la densité du trafic, les niveaux de bruit et la largeur de la route sont des facteurs importants affectant l'utilisation des buses hydrauliques sous la chaussée par les espèces. Il existe des problèmes de cohabitation entre hommes et faune liés essentiellement à la non-prise en compte des mécanismes fonctionnels existants entre les habitats et à une mauvaise gestion des espaces qui lui sont nécessaires [Conseil Général de l'Isère. *Plaquette corridors*]. C'est parfois l'organisation et la

gestion du paysage autour de l'infrastructure qui serait à prendre en compte plus que la traversée elle-même qui manque parfois de données scientifiques.

On constate également un manque de données en écologie, sur la cicatrisation, la renaturation des milieux, leur réponse (pour pouvoir quantifier un impact). Tout ceci est difficilement pris en compte par manque de retour d'expérience et car il y a peu de centralisation des données.

Fréquemment, l'analyse des caractéristiques de la biodiversité est limitée à la prise en compte de sites de conservation ou d'espèces protégées [Geneletti, 2005].

On constate que les aspects les plus développés sont les effets directs et indirects des infrastructures de transport terrestres sur les écosystèmes et le paysage mais que les ouvrages, mais aussi les études d'impacts, ne prêtent quasiment pas attention aux effets induits et positifs. C'est ainsi par exemple que l'on trouve des ouvrages sur la protection des infrastructures de transport contre les aléas naturels mais aucuns sur l'impact de ces protections sur l'environnement.

Il manque en France des bases de données naturalistes centralisées qui pourraient servir de base aux études d'impact et des sources de données pour des études scientifiques. Le coût et le temps d'acquisition des données de terrain sont toujours très élevés et bloquent un certain nombre d'études pour lesquels les délais (durée d'une thèse ou durée d'un appel d'offre de recherche ne sont pas adaptés). Seule la mise en commun de données acquises par les opérateurs chargés d'environnement, des réseaux de naturalistes ou dans des observatoires à long terme¹⁷ (tels les LTSER du réseau d'excellence européen Alter Net ou LTER du réseau mondial ITER) pourrait favoriser la meilleure prise en compte de l'environnement dans une analyse globale de l'impact des infrastructures de transport ou d'autres causes de modification de l'usage du sol. Une réflexion préalable sur la hiérarchisation de ce type de base de données est cependant complexe ; de grands réseaux d'association de protection de la nature l'ont fait de manière interne. Des partenariats autour de **l'établissement d'observatoires environnementaux** (avec données structurées et bilans valables) sont souhaitables car des problèmes importants persistants, qui pourraient être plus facilement étudiés à l'aide d'observatoires, dont la notion de fonctionnalité, de corridors et de connectivité entre les milieux. Il n'existe actuellement pas de méthodologie reproductible, certifiée. Il existe un besoin clair d'expériences de recherches appliquées sur les milieux. Actuellement, aucun soutien de la recherche n'est observé et l'association d'universitaires lors des projets est assez limitée.

Certains problèmes à priorité élevée ne sont pas résolus : l'effet de l'isolement des habitats par les infrastructures, la prédiction des taux de succession des espèces suite à leur création ou leur restauration et le coût réel du remplacement des habitats. [Cuperus *et al.*, 1999]. L'effet de la fragmentation des habitats selon les interactions entre espèces reste un problème pour les recherches futures [Fahrig, 1998] et on constate en outre un besoin de directives scientifiques établies pour les mesures de compensation.

A cours de ce chapitre nous avons pu apprécier la quantité de lacunes existantes concernant les impacts des infrastructures de transports terrestres sur les écosystèmes, la biodiversité et le paysage. Il convient maintenant de savoir si ce qui est actuellement connu est suffisamment transféré et utilisé lors des projets. C'est l'objet du chapitre 2.

¹⁷ LTSER long term socioeconomic and ecological research, LTER long term ecological research

Synthèse

Un grand nombre de taxons ne sont pas suffisamment étudiés, ce sont principalement ceux qui ne posent pas de problème de sécurité routière ou de disparition d'espèces patrimoniales. Des études sont nécessaires pour améliorer leur prise en compte.

Pour les taxons les mieux étudiés, les reconnections de corridors de déplacement sont désormais pratiquées avec suffisamment de connaissances tant au niveau de leur localisation que de la configuration des ouvrages de franchissement. Des connaissances complémentaires sont en cours d'acquisition. Ce qui fait défaut par contre est un suivi généralisé afin de disposer de suffisamment de données pour pouvoir faire des études à l'échelle du paysage.

Le fonctionnement écologique des milieux traversés par l'infrastructure n'est pas assez étudié et doit être une priorité. Coupler l'écologie du paysage avec l'écologie des populations et d'éthologie est une nécessité. Développer la modélisation en paysages spatialement explicites est également une piste de recherche à privilégier. Ces études sont cependant coordonnées à la mise en commun de bases de données acquises par tous les opérateurs chargés d'environnement et des réseaux de naturalistes ou dans des observatoires à long terme.

CHAPITRE 2

Transfert des connaissances

Le transfert des connaissances acquises par les scientifiques aux services techniques, aux bureaux d'étude chargés des études d'impact et aux aménageurs est une nécessité pour avoir une action sur les milieux. Ce transfert de connaissance peut prendre plusieurs voies : des colloques associant scientifiques et gestionnaires, des programmes de recherche basés sur l'association dans les projets retenus d'équipes scientifiques et impérativement de gestionnaires, les publications de vulgarisation, les formations. Nous n'avons pas analysé l'offre de formation tant au niveau formation initiale des acteurs de l'aménagement qu'en formation continue.

Une autre étape du transfert de connaissances, est son intégration dans les politiques publiques à tous niveaux hiérarchiques (de l'Europe au plan de développement durable défini dans le PLU d'une commune).

I. Les colloques associant scientifiques et gestionnaires

Il est parfois difficile d'associer dans un même colloque, scientifiques et gestionnaires (et même scientifiques de différentes disciplines de l'écologie). Les réseaux de diffusion d'information, les enjeux, les attentes et les questions importantes sont différents et la compréhension est parfois difficile. Les scientifiques sont parfois « frileux » à venir participer à des colloques ou séminaires dont les gestionnaires sont organisateurs. Les gestionnaires ne se sentent pas à leur place dans un colloque d'une discipline scientifique. Il faut vraiment une volonté au départ pour organiser ce type de colloque mixte en identifiant un thème de colloque qui puisse convenir et attirer les deux publics.

C'est parfois à l'issue d'un programme de recherche que des colloques mixtes de grande qualité peuvent se tenir ou lorsque des habitudes de travail sur des projets particuliers ont pu peu à peu créer des liens. C'est par exemple le cas du colloque de restitution final¹⁸ et des colloques thématiques issus du programme « recréer la nature ».

Les colloques « route et faune sauvage » régulièrement organisés¹⁹ commencent à réussir à ce mixage des populations, leur dernière édition à Chambéry en 2005 regroupait ainsi plus de 200 personnes, parmi lesquelles, des chercheurs, des bureaux d'études, des administrations ou offices chargés de l'environnement, des aménageurs et des associations.

Une association d'ingénieurs écologues comme l'AFIE est un bon niveau d'intégration des connaissances scientifiques vers les gestionnaires, leurs journées thématiques ont eu des thèmes particulièrement intéressants : *Gestion et protection des amphibiens : de la connaissance aux aménagements*. journées AFIE des 22-23 octobre 1992 à Mulhouse, *Gestion et protection des chauves-souris : de la connaissance aux aménagements*. journée AFIE du 23 juin 1994 à Metz, Les méthodes d'évaluation des impacts sur les milieux, Journée technique AFIE du 22 novembre 1996 à Bordeaux.

II. Les programmes de recherche

Il ne s'agit pas forcément de programmes de recherche appliquée mais de projets de recherche fondamentale associant des acteurs locaux.

Le principal programme national de recherche qui a permis des avancées est « **Recréer la nature : réhabilitation, restauration et création d'écosystèmes** », initié par le Ministère de l'écologie et du développement durable en 1995. Il a eu pour objectif de comprendre dans un premier temps les processus écologiques et socio-économiques caractérisant les opérations de restauration

¹⁸ « *Recréer la nature : réhabilitation, restauration et création d'écosystèmes* » colloque de Grenoble, 11-13 septembre 2001

¹⁹ entre autres Bagnoux, 1985 ; Strasbourg, 1998, Aussois XXX, Chambéry, 2005.

de différents types de milieux [Chapuis, 2001]. Le comité qui en a défini les priorités de recherche était composé de représentants des ministères chargés de l'environnement, de la recherche, de l'agriculture, des élus, d'associations ainsi que d'établissements publics ou privés de la gestion de l'espace.

Ce programme a été centré autour de quatre questions. Quels sont les déterminants des choix et les motivations des intervenants ? Comment sont choisis les systèmes de références ? Quelles sont les échelles spatio-temporelles pertinentes d'action ? Quelles sont les modalités de suivi et d'évaluation de ces interventions ?

Parmi les nombreux projets soutenus, les différents corridors végétaux bordant les réseaux ferroviaires et autoroutiers ont fait l'objet de programmes de recherche. Ces programmes ont montré que le succès de la restauration des écosystèmes dépend du contrôle rigoureux des dynamiques écologiques sous diverses contraintes. Le succès de la restauration exige en outre une approche paysagère, prenant en compte la dimension historique et impliquant l'ensemble des groupes sociaux intéressés. La restauration des écosystèmes doit s'appuyer sur des connaissances scientifiques, mais aussi sur une éthique. Dans le domaine ferroviaire, cette restauration est consacrée essentiellement à la végétalisation des ouvrages afin d'assurer son insertion paysagère et la gestion extensive de la végétation.

A l'issue de ce vaste programme, des documents techniques ont été publiés, destinés aux concepteurs et aux maîtres d'œuvre de projets de réhabilitation ou de restauration de la nature, ainsi qu'aux équipes opérationnelles de terrain. Toutefois, ils ne livrent que des informations qualitatives, soit sur des principes d'action, soit sur des précautions à prendre vis-à-vis des processus de restauration. Il a ensuite été envisagé une valorisation sous forme de guides ou de publications scientifiques.

III. Les publications de vulgarisation

La transmission de l'information du scientifique au gestionnaire passe souvent par des guides techniques mais aussi par des revues ou articles. La vulgarisation vers le « décideur politique » passe par des rapports commandés par les ministères ou les grands organismes de l'état pour les décisions nationales ainsi que par la participation de scientifiques dans les comités consultatifs ou des instances internationales²⁰. Au niveau du décideur politique local, la sensibilisation est l'élément clé qui déclenchera des études concrètes au niveau local. Cette sensibilisation est souvent l'œuvre des associations de protection de la nature. La diffusion des informations vers le grand public est organisée également par les associations mais aussi par les aménageurs et les collectivités publiques (par exemple un Conseil Général).

A. Guides techniques et notes d'informations techniques

Le public concerné par les guides et notes d'informations techniques sont les aménageurs (sociétés concessionnaires d'autoroutes, SNCF et désormais RFF, directions départementales de l'équipement, services routes des collectivités territoriales ...) ainsi que les bureaux d'études qui vont intervenir à différentes étapes de ces projets. Les organismes produisant ces guides sont principalement les services techniques de l'état (CETE, DIREN) et les fédérations de sociétés d'autoroute (SETRA, AFSA...) ainsi que des bureaux d'études mandatés. Au niveau européen aussi, des guides ou codes de bonne pratique ont été diffusés [Bickmore, 2003].

Ces guides et notes techniques traitent des thèmes suivants :

Réduction des collisions [SETRA, 2003].

Rétablissement de perméabilité et franchissement des autoroutes par le grand gibier [CTGREF 1973 ; CTGREF 1978 ; SETRA 1993 ; ASFA 1998 ; SETRA 2003].

Suivi des passages à faune [SETRA 1998].

Petits mammifères [SETRA 1992, 2005].

Mesures de limitation de la mortalité pour la chouette effraie [SETRA 2006]

Prise en compte de la végétation [SETRA 2003, 2005].

Pollution des sols [SETRA 2004, 2005].

Pollution de l'eau, préservation des rivières [SETRA 1994, 1998].

Pollution des végétaux [SETRA 2004, 2005].

²⁰ Ce type de vulgarisation n'est pas analysé ici.

Impact paysager [SETRA 2002 a et c,].
Gestion des dépendances [Autoroutes du Sud de la France 1998 ; SETRA 2000].
Etudes d'impact [Biotope, DIREN Midi-Pyrénées, 2002].

Ainsi le *Guide sur la prise en compte des milieux naturels dans les études d'impacts* publié par Biotope à la demande de la DIREN Midi-Pyrénées s'adresse aux porteurs de projets d'aménagements, aux bureaux d'études ainsi qu'aux services instructeurs et aux associations de protection de l'environnement. Il expose les principes que devrait suivre une étude d'impact menée de manière correcte en prenant en compte l'environnement dans sa globalité.

Le dernier guide technique produit par le SETRA nous paraît le plus complet et faisant dans sa première partie une très bonne vulgarisation de tous les impacts d'une infrastructure en terme de fonctionnement d'un paysage. Ce document « Aménagement et mesures pour la petite faune » [SETRA, 2005] est un guide (illustré de cas réels ou d'exemples adaptés à la réalité des études routières) pour aider les acteurs de l'aménagement du territoire et des transports à avoir une démarche de développement durable et à prendre en compte les enjeux liés à la biodiversité. Les méthodes d'études utilisées sont l'étude des habitats et des territoires (pour comprendre le fonctionnement d'une aire d'étude) et l'étude des espèces et des populations (inventaire et dénombrements).

Ce document décrit les nombreux impacts existants sur les écosystèmes liés aux infrastructures de transport ainsi que les aménagements et mesures nécessaires pour y pallier. Cet ouvrage, s'il est appliqué par les aménageurs et les bureaux d'étude, devrait faire progresser de manière importante les états des lieux des impacts et les mesures de compensation ou réduction d'impact.

En effet, en comparant cet ouvrage au contenu d'une étude d'impacts disponible sur Internet (construction de la RN19 Lure-Delle), on constate que cette étude d'impacts prend en compte, dans son volet « milieu naturel », les impacts sur les habitats (fragmentation, destruction par les opérations de terrassement, dégradation par les pollutions), sur les espèces (mortalité par collision, dérangements liés au bruit, vibrations, lumières). Par contre, l'impact sur les populations (perte de biodiversité, déficit démographique, extinction des espèces rares et spécialistes, augmentation des espèces généralistes et sédentaires) n'est pas analysé. Les propositions d'aménagement sont très générales et privilégient les passages à faune et les clôtures sans évoquer la possibilité d'aménagements plus spécifiques (captures de sauvetage et transferts de population, signalisation, système d'avertissement électronique, surfaces réfléchissantes, barrières olfactives, création de milieux, gestion extensive des dépendances vertes, corridors biologiques, adaptation des bordures, échappatoires, grilles canadiennes, bassins, éclairages artificiels). Les effets positifs liés à la création de milieux neufs (dépendances routières, zones d'emprunts) semblent également faire défaut et seuls les inconvénients de l'infrastructure sont développés.

Ce guide technique, destiné aux donneurs d'ordre (DDE, DIREN, Ministères, collectivités territoriales) et aux bureaux d'études, constitue un outil de travail de bonne qualité et fiable. Il doit être utilisé selon la fonction, le niveau d'intérêt et les objectifs de chacun. Néanmoins, certaines lacunes sont à noter, notamment un manque d'information concernant la pollution issue des infrastructures et de leurs interactions avec les milieux, particulièrement des phytosanitaires utilisés pour l'entretien des bords de routes.

Au niveau national, la Fédération des Parcs Naturels régionaux de France et son pôle développement durable ont récemment produit un rapport proposant la définition d'une méthodologie commune et partageant les expériences acquises sur les corridors écologiques [Girault, 2005]. Cette prise en compte au niveau des parcs naturels régionaux de l'importance des corridors ne pourra que favoriser la prise en compte des impacts environnementaux en terme de fragmentation des espaces naturels par les infrastructures.

B. Sensibilisation locale

Nous traitons dans ce paragraphe, les éléments recueillis au niveau de la région Rhône-Alpes et en particulier dans le département de l'Isère. En effet, cette région est avec celle du Nord-Pas-de-Calais, pionnière en terme de prise en compte des réseaux écologiques avec dans le premier cas la notion de développement d'une **trame verte** [INEA, 2004] et pour l'Isère, la notion de réseau écologique.

La trame verte doit remplir deux fonctions écologiques [région/Diren Nord Pas-de-Calais, 2000] :

- 1- restaurer et maintenir des « habitats » riches en biodiversité
- 2- assurer les connectivités biologiques [offrir des conditions « normales », optimales, de déplacement pour les espèces]

La « trame », en tant que réseau naturel cohérent, telle qu'envisagée par le schéma de services collectifs « espaces naturels et ruraux », est une condition pour assurer durablement le dynamisme de la biodiversité. Avec le Schéma de services « *Espaces naturels et ruraux* », c'est l'occasion d'expérimenter et mettre en oeuvre à l'échelle de la région la notion de réseau écologique et de corridors biologiques. A plus grande échelle, c'est un élément du réseau écologique paneuropéen.

Les aménageurs doivent aussi penser à intégrer les corridors de « silence », de « calme » ou de « noir », pour répondre aux problèmes de fragmentation respectivement par le bruit, par le dérangement et par la pollution lumineuse.

A titre d'exemple et d'expérience, sont expérimentés depuis 1996 dans la région Nord-Pas de Calais les « *Contrats de Corridors Biologiques* », avec pour objet d'apporter une aide aux acteurs locaux pour mettre en place un remaillage écologique cohérent et pertinent du territoire.

La mise en place du réseau écologique de l'Isère est l'application au niveau du département de ce qui avait été fait dans le REN en Suisse [Berthoud et al., 2004] grâce à l'implication du service environnement du conseil général de l'Isère qui a soutenu et convaincu de l'intérêt de cette approche innovante. Elle a été soutenue par les élus avec une volonté politique forte.

Le Réseau Ecologique Départemental en Isère (REDI) répond aussi bien à des objectifs politiques qu'à des objectifs pratiques de gestion de la diversité biologique d'un territoire [ECONAT, 2001]. La définition d'un réseau écologique départemental passe par la collecte d'informations sur la situation actuelle des valeurs patrimoniales naturelles, puis par une identification des éléments utiles, prioritaires ou complémentaires, permettant la reconstitution de ces réseaux de biotopes. Un réseau écologique traduit la répartition et l'utilisation spatiale de milieux plus ou moins intacts ou dégradés, reliés entre eux par des flux d'échanges, variables dans le temps et en intensité. Un réseau écologique est un système de maintenance, voire de survie d'un ensemble d'écosystèmes transformés par l'utilisation du sol. La fragmentation du paysage résulte des discontinuités du paysage ou des réseaux écologiques existant créé par l'apparition d'obstacles ou des destructions de milieux, par des actions empêchant ou limitant les flux relationnels du système. Maintenir le réseau écologique constitue une possibilité d'optimiser le maintien de la biodiversité dans un espace paysager transformé, dans lequel on souhaite préserver ou renforcer le patrimoine naturel existant. Le réseau écologique est constitué des éléments suivants : zone nodale (zone source correspondant aux espaces vitaux), zone de développement (espaces vitaux partiellement suffisant pour le développement), corridor biologique (espace libre d'obstacles offrant des possibilités d'échanges) et continuum (milieux favorables ou utilisables temporairement par un groupe écologique).

Le REDI est donc une méthode de représentation d'un réseau écologique avec l'analyse de la fragmentation paysagère par cartographie des obstacles naturels et artificiels, la localisation des habitats remarquables servant de zones réservoirs pour la faune, l'identification des continuums propres à chaque groupe faunique, l'identification du réseau des corridors. Puis l'étude se poursuit par un traçage des axes de déplacement de la grande faune, des informations sur les obstacles et les points de conflits ainsi que les points noirs [Conseil Général de l'Isère. *Plaquette corridors*].

La démarche du REDI donne la possibilité d'améliorer la cohabitation des infrastructures de transport avec les milieux naturels, tout en préservant la sécurité routière et en évitant les intrusions sur la chaussée [AREA, 2004]. Les améliorations permettent de faciliter le passage des animaux par exemple par l'aménagement d'ouvrages hydrauliques dotés d'une zone exondée pour permettre le cheminement des animaux à sec, la mise en place d'un système de détection de la faune et d'avertissement des automobilistes (système Calström), des échappatoires pour faciliter la fuite d'animaux lorsqu'ils pénètrent dans l'emprise, des clôtures végétales, des techniques d'entretien mieux adaptées. Ce REDI est ensuite à appliquer de manière plus fine au niveau communal et les zones définies comme corridors importants, constituent un volet réglementaire dans les documents d'urbanisme (inscription en zones réservées).

Cette prise en compte au niveau communal ou intercommunal est en cours dans deux secteurs du département (cluse de Voreppe et vallée du Grésivaudan). Ce niveau de finesse de travail se fait par des enquêtes terrain avec des rencontres avec les acteurs locaux connaissant le mieux la faune et

la flore (association de protection de la nature, agriculteurs, chasseurs...) [Agence pour l'Urbanisme de la région grenobloise, 2006]. A cette étape, la sensibilisation du grand public se fait par l'intermédiaire des élus locaux et des acteurs rencontrés. A l'échelle du département et pour toucher un public beaucoup plus large, tout un ensemble de moyens de communication ont été utilisés : plaquettes d'une trentaine de pages, gratuites, diffusées très largement (*Prendre en compte les corridors biologiques, Comment prendre en compte l'environnement dans l'élaboration du Plan Local d'Urbanisme*) ; exposition et film (les chemins de la vie) mis à disposition des communes et des établissements scolaires. Même si ces éléments de vulgarisation ne concernent pas uniquement l'impact des infrastructures, ils vont dans le sens de la réduction des impacts en modifiant les comportements de chacun (mieux observer, faire remonter des informations et être plus attentif lors de ses trajets routiers).

En région Rhône-Alpes, la FRAPNA (fédération Rhône-alpes des associations de protection de la nature) a produit un outil pédagogique pour les écoles et collèges : la mallette pédagogique « *Nature sans frontières Préservons les corridors écologiques* ».

Synthèse

Aux différents niveaux de transmission de connaissances entre les scientifiques et les aménageurs, bureaux d'étude et élus locaux, des réussites existent. Ils doivent servir d'exemple et être généralisés.

Le type de lien créé entre recherche fondamentale et besoins concrets des aménageurs au cours du programme « recréer à la Nature » est ainsi à reproduire. C'est par des projets concrets associant équipes de recherche et acteurs locaux sur des projets de recherche fondamentale que ce lien peut se créer et que des collaborations peuvent se mettre en place.

Les principes et méthodes à mettre en place pour réaliser une étude d'impact sérieuse sont décrites dans le « guide sur la prise en compte des milieux naturels dans les études d'impact » de la DIREN Midi-pyrénées. Le transfert des concepts d'écologie du paysage et d'écologie des populations aux aménageurs est réalisé de manière très pédagogique dans le guide du Sétra « Aménagement et mesures pour la petite faune ». Il serait intéressant d'étudier quel est l'impact de ces deux documents récents et de voir comment leurs recommandations sont appliquées.

L'exemple du département de l'Isère montre qu'une volonté politique peut permettre de décliner des outils de connaissance et de prise en compte de l'environnement du niveau départemental au niveau communal et en touchant tous les habitants par des campagnes de communication ambitieuses.

CHAPITRE 3

Les procédures d'études

L'appel d'offre du Ministère de l'écologie et du développement durable demandait de fournir des réponses sur les attentes des acteurs intervenant dans le domaine des transports terrestres quant aux impacts à prendre en compte dans la mise en place et l'utilisation d'une infrastructure de transport terrestre, les enjeux principaux qui les concernent, les intéressent, les inquiètent, les motivent. Différents groupes d'acteurs ont ainsi été définis pour constituer un panel représentatif.

Après avoir recueilli leurs connaissances et expériences concernant plus particulièrement les études d'impacts, nous avons recensé leurs avis sur les procédures telles qu'elles se déroulent actuellement : thèmes bien traités, points négatifs, manques, attentes.

I. Contenu des études d'impacts

A. Le cadre des évaluations d'impacts

Selon la Loi du 10 juillet 1976, les études d'impacts liés aux projets d'infrastructures doivent s'attacher à prévenir, gérer et compenser les enjeux environnementaux sur un projet précis.

Le projet de loi sur la démocratie de proximité du 25 juin 2002 demande la participation du public à l'élaboration des projets d'aménagement ou d'équipement ayant une incidence importante sur l'environnement ou l'aménagement du territoire [Bomstein et al., 2002]. Ceci est organisé dans le cadre d'un débat public qui consiste à aller au contact de chaque citoyen avec une communication adaptée et ouverte à différents groupes d'opinion. Il engendre un changement d'échelle afin d'envisager un aménagement global et de réfléchir à une gestion des flux de transits. Il a pour niveau d'échelle le choix de l'implantation de grandes infrastructures. Il peut donc difficilement aborder des impacts écologiques d'un projet car il se situe rarement à cette échelle. Les seuls avis possibles seraient par exemple de refuser la traversée d'un grand massif forestier ou montagneux pour en demander le contournement.

On procède à **une évaluation** pour garantir la prise en compte de l'environnement de la conception à l'exploitation du projet (Tableau 5). Il y est intégré les objectifs et les enjeux de chacune des étapes stratégiques ou techniques de la conception et de la construction ainsi que les rôles des différents acteurs [Lerond et al., 2001].

Phases du projet		Etapes de l'évaluation
Conception	Etudes préliminaires	Cadrage des études préalables d'environnement
	Avant-projet sommaire	- Etudes préalables d'environnement - Profil environnemental de l'aire d'étude
	Enquête publique	- Dossier d'étude d'impact - Complément du profil avec les résultats de l'enquête publique et des consultations des administrations et collectivités locales
Décision	Déclaration d'utilité publique	
	Engagements du maître d'ouvrage	- Etudes d'incidences - Etude d'impact de remembrement, de déboisement, de carrière... - Etat de référence
	Conception détaillée	Etude d'environnement détaillée
Travaux	Chantier	Plan d'environnement pour la conduite du chantier
	Début des travaux	Suivi du management environnemental intégré au projet
Exploitation	Mise en service du projet	Bilan environnemental (LOTI) : - après un an - après cinq ans.

Tableau 5 : Etapes de l'évaluation d'un projet d'infrastructure de transport terrestre [Lerond et al., 2001].

Les études d'impact sont plutôt perçues comme une obligation administrative et ne sont pas réellement prises en compte ou sont mal utilisées, alors qu'elles devraient être un vrai outil

d'acquisition de connaissances utiles à la définition d'un projet ayant le moins d'impact possible sur l'environnement. Les enjeux politiques passent souvent avant les considérations environnementales.

En limitant l'évaluation environnementale aux effets (projets) et non aux causes (décisions en amont), on limite l'efficacité de la procédure car la participation du public est trop tardive et il est souvent trop tard pour modifier radicalement, voire supprimer un projet dont les décideurs ont entériné l'opportunité. En effet, concerter se résume souvent à informer les citoyens sans réelle marge de manœuvre pour prendre en compte leurs aspirations, l'information étant moins dangereuse à partager que la décision. La concertation doit encore s'opérer plus en amont dans la procédure afin de constituer une réelle source d'aménagement durable.

Concernant les infrastructures ferroviaires, l'application des études d'impact est encore récente [De Saadeler et al., 2003] et le retour sur expérience n'a pas encore eu lieu.

B. Le contenu exigé des études d'impacts

Les différentes étapes de l'étude sont la délimitation de la zone d'étude, l'analyse des impacts du tracé sur les différentes populations, le choix des mesures compensatoires, l'amélioration des potentialités des biotopes (disponibilités alimentaires, en eau, présence de zones de refuge) et la rédaction d'un cahier des charges pour la réalisation de chaque opération [USAP, 1996].

D'un point de vue réglementaire, une étude d'impact doit contenir [Biotope, DIREN Midi-Pyrénées, 2002] :

- une analyse de l'état initial du site et de son environnement, portant notamment sur les richesses naturelles et les espaces naturels agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs, ainsi que sur les biens matériels et le patrimoine culturel susceptibles d'être affectés par le projet ;
- une analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents, de l'installation sur l'environnement et en particulier sur les sites et paysages, la faune et la flore, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la commodité du voisinage (bruits, vibrations, odeurs, émissions lumineuses) sur l'agriculture, l'hygiène, la salubrité, la sécurité publique, sur la protection des biens matériels et du patrimoine culturel ;
- une analyse de l'origine, de la nature et de la gravité des inconvénients susceptibles de résulter de l'exploitation de l'installation considérée. A cette fin, elle précisera notamment, la nature et les risques liés aux déchets, le niveau acoustique des appareils qui seront employés ainsi que les vibrations qu'ils peuvent provoquer, le mode et les conditions d'approvisionnement en eau et d'utilisation de l'eau ;
- les raisons pour lesquelles, notamment du point de vue des préoccupations de l'environnement, parmi les solutions envisagées, le projet présenté a été retenu ;
- les mesures envisagées par le demandeur pour supprimer, limiter et si possible compenser les inconvénients de l'installation ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes. Ces mesures font l'objet de descriptifs précisant les dispositions d'aménagement et d'exploitation prévues, leurs caractéristiques détaillées ainsi que les performances attendues notamment en ce qui concerne la protection des eaux souterraines, l'épuration et l'évacuation des eaux résiduelles et des émanations gazeuses, l'élimination des déchets et résidus de l'exploitation, les conditions d'apport à l'installation des matières destinées à y être traitées et du transport des produits fabriqués ;
- pour les carrières et les installations de stockage, les conditions de remise en état du site.

C. Des constats de lacunes dans les études d'impacts

Ce paragraphe ne traite pas des entretiens menés dans le cadre de cette étude mais analyse des mesures prises localement par les pouvoirs publics pour essayer d'améliorer le contenu des études d'impact.

Une étude commandée par le Ministère de l'Ecologie en 2000 menée sur la Savoie, a fait le constat d'une très nette insuffisance de la prise en compte des enjeux naturalistes. Alors qu'un grand nombre de textes législatifs et réglementaires et de circulaires définissent clairement le contenu exigible d'une étude d'impact. Dans les faits, la grande majorité des études d'impact soumises aux services instructeurs n'est pas d'une qualité suffisante pour permettre à l'Etat d'évaluer les enjeux naturalistes. Les différentes variantes envisagées sont rarement présentées et analysées, l'analyse de l'état initial généralement très insuffisante, l'analyse des impacts est réduite à l'emprise des équipements, les mesures réductrices des impacts sont particulièrement négligées. Ce groupe de réflexion a donc dégagé des actions prioritaires : définir le contenu minimum des études d'impact et mettre au point un cahier des charges à l'usage des bureaux d'études pour produire des études

d'impact de qualité facilitant la prise de décision de l'Etat en faveur du développement durable. L'action concrète issue de ces recommandations a été d'envoyer un courrier aux organismes en relation avec les projets d'infrastructures de transports terrestres : bureaux d'études, services de l'Etat et maîtres d'ouvrage [*Projet Territorial de l'Etat, juin 2000*]. Ce courrier leur rappelait les règles à respecter pour des études d'impact de qualité. Cependant, actuellement, aucun suivi de la prise en compte de ces lettres au sein des organismes ciblés n'a été effectué.

La DIREN Midi Pyrénées avait également du faire le constat d'un manque de qualité des études d'impact puisqu'elle a trouvé important de financer la rédaction d'un guide [*Biotope, DIREN Midi-Pyrénées, 2002*]. L'avant-propos signé de la directrice de la Nature et des Paysages et du directeur des études économiques et de l'évaluation environnementale du MEDD souligne que ce document va aider les maîtres d'ouvrage, les bureaux d'études ainsi que les services instructeurs et le public de s'assurer de la qualité du volet « milieux naturels » des études d'impact. Le guide souligne qu' « *une bonne étude d'impact, c'est en premier lieu un diagnostic écologique de qualité, qui analyse en profondeur et qui propose des solutions permettant d'éviter des destructions irréversibles d'espèces. [...] Ainsi une bonne étude d'impact, c'est également un outil de génie écologique qui doit anticiper les effets possibles sur une zone plus étendue que celle du projet lui-même afin de préserver les corridors biologiques situés en milieu ordinaire et qui relie entre eux les espaces remarquables.* ».

D. Et ailleurs ?

En Suisse, l'étude d'impacts apparaît comme un instrument d'aide à la décision permettant de faire l'inventaire de tous les intérêts à prendre en considération [*De Saadeler et al., 2003*]. Les principes méthodologiques enseignés dans les cours d'environnement et de génie civil (EPFL) mettent en avant :

- La prise en compte des besoins de l'infrastructure de transport et les besoins du milieu naturel,
- L'intégration précoce de l'écologue,
- Une conception concertative sur le principe du win-win,
- Un travail sur un vaste secteur paysager,
- Un effort sur les aménagements et la position plus que sur les dimensions de l'ouvrage,
- Des exigences d'efficacité,
- Des contrôles et des suivis à long terme de l'aménagement.

L'accent est mis sur la nécessité d'assurer la perméabilité de l'infrastructure et de soigner l'aménagement des passages.

La Suisse ne dispose pas d'observatoires [*SAPRR, 2005*]. Elle intègre par contre un certain nombre de mesures (exemple de l'autoroute A1) : mesures de protection et de réduction des impacts (clôtures pour la faune), mesures de reconstitution des cheminements, mesures d'intégration (mise en œuvre de bassins de décantation, de décharges de matériaux ou d'intégration d'ouvrages d'art), mesures de compensation (renforcement de la biodiversité régionale avec revitalisation de gravières et glaisières, remaniements fonciers pour reconstitution des réseaux écologiques très fragmentés ou lacunaires). Les mesures doivent être étudiées avec soin afin d'identifier les problèmes susceptibles d'intervenir dans leur mise en œuvre. La possibilité pour le service des autoroutes d'acquérir les terrains dans le cadre des remaniements parcellaires est essentielle afin d'assurer la maîtrise des espaces nécessaires aux mesures.

Synthèse

Les études d'impact sont plutôt perçues comme une obligation administrative et sont mal utilisées. Elles devraient être un vrai outil d'acquisition de connaissances utiles à la définition du projet ayant le moins d'impact possible sur l'environnement. Un guide récent précise ce que doit contenir une étude d'impact et comment elle doit être menée pour être de qualité [*Biotope, DIREN Midi-Pyrénées, 2002*].

En Suisse, les études d'impact semblent plus efficaces car l'intégration de l'ingénieur de génie civil et de l'écologue se fait plus tôt avec une volonté politique clairement affirmée de préserver l'environnement.

II. Les mesures proposées dans les études d'impacts

A. Les diverses natures de mesures

La règle veut que l'on tente en premier lieu de supprimer la source potentielle d'impact ; qu'on cherche en deuxième lieu, si le projet doit se faire à cet endroit, à atténuer les impacts ; en troisième lieu, et en dernier recours uniquement, si aucune atténuation n'est suffisante, à compenser les pertes en biodiversité par des mesures d'aménagement de milieu de substitution ou de reconstitution d'un autre type de milieu nature, voire par une compensation financière [André et al., 1999].

Les mesures de suppression, consistent en la modification du type d'aménagement projeté, du tracé de l'infrastructure, de ses grandes caractéristiques [Direction des routes, 2004]. Elles ne peuvent être envisagées que suffisamment en amont du projet si une concertation locale se passe très tôt et permet d'étudier des alternatives de tracé par exemple. Par contre, quand la décision politique de faire l'infrastructure est prise sur un tracé précis, le projet peut être repoussé quand l'opposition de l'opinion locale est forte. Si le dossier est finalement repris au bout de plusieurs années d'interruption, les premières études environnementales faites au début ne sont plus forcément pertinentes mais elles ne sont pas forcément refaites au mieux réactualisées. En cas de présence d'espèces ou d'habitats de la directive Habitat, la procédure d'évaluation d'incidence peut dans le futur augmenter le poids de l'environnement dans le choix des tracés.

Les mesures de réduction consistent en l'adaptation des caractéristiques du projet et la réalisation de mesures de restauration de milieux ou de certaines fonctionnalités écologiques [Direction des routes, 2004] permettant la réduction des impacts sur les espèces et habitats présents. Elles doivent pouvoir réduire chacun des impacts décrits dans le début de ce rapport.

- réduction de la mortalité directe

Afin de réduire le nombre de collisions entre véhicules et grands ongulés, deux types d'actions sont nécessaires [SETRA, 2003] : celles sur les animaux mais aussi celles sur les conducteurs.

Plusieurs dispositifs physiques permettent d'empêcher que les animaux franchissent, mais des actions peuvent aussi être positives de terme de gestion de l'habitat et des populations. L'autre cible est l'automobiliste dont le comportement, peut influencer beaucoup sur la mortalité des animaux (dispositifs d'alerte, campagnes d'information et de sensibilisation auprès des usagers de la route...).

- réduction de la fragmentation en restaurant la connectivité

Les connexions dans le paysage jouent un rôle important dans la dynamique écologique dans et entre les habitats [Collinge, 1996]. La restauration des connections interrompues par l'infrastructure se fait en créant des passages mixtes ou spécifiques à la faune au-dessus ou sous l'infrastructure. Ils peuvent être généralistes et de grande taille ou spécialisés pour un groupe d'espèces (amphibiens en particulier).

Pour des espèces peu prises en compte, comme les insectes, des restaurations de corridors fonctionnels peuvent être peu coûteuses en laissant des zones non fauchées en liaison avec des milieux herbacés plus naturels, ceci réduit la probabilité de perte d'espèces de certains insectes. Les concepteurs et architectes paysagers sont de plus en plus impliqués dans des projets utilisant les principes d'écologie du paysage, pour préserver, restaurer et augmenter la diversité biologique. C'est pourquoi une variété d'interventions paysagères est souvent proposée en préservant et augmentant la diversité biologique, minimisant l'érosion du sol et la sédimentation, et réduisant l'introduction d'espèces invasives.

Il peut aussi pour certaines espèces territoriales, exister des mesures de transfert de populations (captures de sauvetage et transferts de population). La gestion adaptée des dépendances permet de favoriser l'occupation de l'espèce d'un seul côté de l'infrastructure (gestion extensive des dépendances vertes, corridors biologiques, création et entretien de mare de substitution) ainsi que l'adaptation de l'infrastructure (passages hydrauliques de petites dimensions, adaptation des bordures, échappatoires, grilles canadiennes, bassins, éclairage artificiels).

Les mesures de compensation ont pour but quand un habitat ou des espèces a été détruit, de créer ailleurs cet habitat ou habitat d'espèces, voire même de créer un milieu tout à fait différent de celui qui a été détruit si ces nouveaux habitats ont un intérêt écologique. La compensation écologique doit permettre de ne pas perdre les conditions d'habitats, les types d'habitats, les populations d'espèces, les groupes d'espèces ainsi que les fonctions écologiques [Cuperus et al., 1999]. Elles ont pour objet de prendre en compte le risque d'isolement, le risque d'interruption des processus de colonisation de nouveaux milieux et le risque de perte d'accès à des ressources essentielles. Les compensations écologiques permettent de retrouver les fonctions écologiques et les valeurs naturelles qui sont toujours affectées même après tous les efforts mis en œuvre (atténuation) pour réduire les impacts de l'intervention sur le milieu [Cuperus et al., 1996]. Avec les mesures compensatoires il n'est plus question d'agir directement sur les effets dommageables d'un projet, mais de leur offrir une contrepartie [André et al., 1999]. Elles doivent durer aussi longtemps que les autoroutes elles-mêmes. Il peut par exemple s'agir de reconversion de cultures en prairies (plus riches en espèces qu'une monoculture), de la mise en place d'une gestion conservatoire de prairies humides, de la réhabilitation de frayères, de la création de mares [Direction des routes, 2004]. Cependant, les habitats anciens et établis de longue date seront difficilement remplaçables car plus le temps requis pour le développement d'un habitat est long, plus il sera difficile de compenser les dégradations causées.

Par exemple, les mesures compensatoires applicables dans le cadre d'un tracé autoroutier peuvent être de réhabiliter en site écologique, une carrière ouverte pour la construction [Cuenot, 1998]. Ce site peut être aménagé et suivi pour étudier la dynamique de colonisation spontanée par la flore et faune (recueil des eaux de ruissellement pour former une mare avec ceintures végétales, renforcement des clôtures et plantes grimpantes, utilisation des matériaux en place sans apports extérieurs). On peut alors constater des résultats positifs : repeuplement du site avec des amphibiens, des reptiles, des oiseaux et des mammifères (chevreuil, renard, blaireau, lièvre, fouine, hermine), les travaux d'entretien consistant en un fauchage annuel tardif pour maintenir la pelouse sèche et la lutte contre les plantes invasives.

Les mesures d'accompagnement consistent à la mise en place d'observatoires de l'environnement, à la prise d'un arrêté préfectoral de protection de biotope ou encore à la désignation d'une zone en site Natura 2000 [Direction des routes, 2004].

A chaque phase de la mise en œuvre d'une infrastructure, la plupart des impacts peuvent être évités, réduits ou compensés. Le tableau 6 reprend quelques exemples de mesures, elles sont classées par impact et en fonction des phases du projet.

Lorsqu'elles sont laissées à l'instigation du maître d'ouvrage, en particulier sur de petits projets, les mesures sont généralement jugées insuffisantes. Un travail de concertation en amont avec des acteurs qui connaissent bien les milieux permet d'élaborer des mesures plus efficaces. Ces mesures suivent parfois des effets de mode et une solution technique qui semble efficace peut être appliquée sur de nombreux projets sans qu'elle soit toujours pertinente. Il est reproché aux mesures proposées de n'être pas des vraies mesures favorables aux milieux naturels, mais plutôt des mesures techniques, telles que le « verdissement » de talus. Plusieurs acteurs nous ont fait remarquer que le terme « compensatoire » était inexact car ces mesures ne compensaient jamais réellement les pertes causées. Un habitat banal s'installe progressivement après les espèces pionnières. D'autre part, un manque de prise en compte des effets dans leur globalité est déploré, les mesures sont souvent ponctuelles alors qu'elles devraient être adaptées à l'échelle d'une population.

	Conception	Construction	Exploitation
Effet de coupure	<ul style="list-style-type: none"> - Investigations approfondies menées sur le terrain pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision - Mesures destinées à réduire ou à atténuer les effets négatifs (boisement compensateur, reconstitution de lisières, amélioration de la transparence,...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'ouvrages de franchissement (ponts ou passages souterrains) pour les animaux sauvages tous les kilomètres en moyenne et selon les préconisations des études - Les chantiers peuvent être différés ou complètement réorganisés 	<ul style="list-style-type: none"> - Surveillance continue après la mise en service de l'infrastructure - Entretien des passages et des dépendances
Impacts paysagers	<ul style="list-style-type: none"> - Souci permanent et précoce d'intégration de l'infrastructure dans le paysage. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement et plantations des talus ou des accotements de façon à mettre en valeur les paysages visibles depuis l'autoroute, tout en tenant compte des caractéristiques de la flore locale. - Réaménagement des zones d'emprunt de matériaux - Mesures de réhabilitation de points noirs paysagers selon la politique du 1% Paysage 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien adapté des plantations
Consommation d'espace	<ul style="list-style-type: none"> - Le maître d'œuvre fera un choix de tracé qui préserve au mieux les milieux naturels - Mesures compensatoires significatives prévues 	<ul style="list-style-type: none"> - Les surfaces qui doivent être défrichées doivent donner lieu à un reboisement largement supérieur aux parcelles défrichées 	<ul style="list-style-type: none"> - Création de milieux humides, équivalents à des mares par le fonctionnement de certains bassins de traitement des eaux de ruissellement - Remises en état permettant de recréer des milieux avec de fortes potentialités naturelles. - Mise en place de contrôle des eaux pour détecter la présence possible de pollution émanant des écoulements de la route
Impacts sur la biodiversité	<ul style="list-style-type: none"> - Etudes préliminaires sur le terrain - Pour végétaliser privilégier les espèces végétales indigènes car elles sont mieux adaptées au milieu environnant et favorisent le développement de la faune locale - Favoriser la biodiversité dans leurs abords immédiats : dépendances vertes (accotements, talus, aires,...), fréquemment clôturées. 	<ul style="list-style-type: none"> - Revégétalisation rapide et pérenne - Mise en place d'opérations de sauvetage dans le cas où le déroulement du chantier menacerait des espèces animales ou végétales rares - Adapter les dépendances vertes autoroutières afin d'assurer une continuité entre des milieux géographiquement isolés (restauration de corridor) 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation limitée des herbicides, ralentisseurs de croissance, fauche raisonnée des pelouses - Gestion adaptée pour le maintien ou l'extension de populations des aires ou dépendances techniques (créations de bassins, réaménagement de carrières,...)
Impacts sur l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Eviter le plus possible les zones sensibles 	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagements de grande technicité dans les zones de grande vulnérabilité : étanchéification des chaussées, dispositifs de collecte, bassins de stockage et de traitement des effluents - Les fossés en terre enherbés et les classiques bassins de décantation sont dans la plupart des cas une réponse efficace 	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de la pollution dans les bassins de décantation - Procédure adaptée en cas de pollution accidentelle

Tableau 6 : Mesures selon les étapes d'un projet d'infrastructure de transport et par impact.

Synthèse

Plusieurs types de mesures sont prévus :

Les mesures de suppression : modifier le type d'aménagement projeté, le tracé ou les caractéristiques de l'infrastructure.

Les mesures de réduction : adapter les caractéristiques du projet, réaliser des mesures de restauration de milieux ou de fonctionnalités écologiques afin de réduire les impacts sur les espèces et habitats présents.

réduction de la mortalité directe,

réduction de la fragmentation en restaurant la connectivité.

Les mesures de compensation : créer ailleurs un habitat ou un habitat d'espèces détruit par les travaux, voire même créer un milieu tout à fait différent de celui qui a été détruit si ce nouvel habitat a un intérêt écologique (par exemple, de réhabiliter en site écologique, une carrière ouverte pour la construction).

Les mesures d'accompagnement : mettre en place des observatoires de l'environnement, prendre un arrêté préfectoral de protection de biotope ou désigner une zone en site Natura 2000.

Un travail de concertation en amont avec des acteurs qui connaissent bien les milieux permet d'élaborer des mesures plus efficaces.

B. Mesures mises en place dans le cadre de grands projets

Les encarts 6 et 7 présentent des mesures figurant dans les études d'impacts d'infrastructures alpines : autoroute de Maurienne, voie ferrée Lyon -Turin.

En effet, l'exemple de l'autoroute de Maurienne est très intéressant de par l'outil (charte Environnement et Paysage) et l'organisation adaptée (mission Environnement et Paysage) mis en place pour réaliser de manière exemplaire ce chantier de grande ampleur dans un site sensible. L'Etat s'était en effet engagé, pendant toute la période d'étude de détail et de travaux, à mettre en place un large partenariat avec l'objectif d'aboutir à une insertion optimale de l'autoroute dans son environnement [*Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme. A43, section Aiton – Freney*]. La mise en place d'un comité de coordination, d'un comité technique permanent et d'une charte Environnement et Paysage avec un groupe de travail permet de concrétiser cet engagement. L'opportunité de valoriser les espaces traversés les plus dégradés et l'occasion de participer à la création et au suivi de sites naturels expérimentaux ont été discutés dans le cadre de la création d'un observatoire écologique, de la mise en place d'un groupe de travail Environnement et Architecture et d'une mission Environnement et Paysage.

Suite à des études préalables, la charte fixe les orientations concernant les acquisitions foncières, les besoins en matériaux avec requalification des sites d'extraction et utilisation des déchets, le paysage (élimination des points noirs, requalification des voies de circulation de la vallée), l'environnement (préservation faune, flore, biotopes, ressources en eau), l'architecture (intégration de l'infrastructure dans le paysage et cohérence entre les différents ouvrages), la protection contre le bruit et l'urbanisation (éviter le développement incohérent des zones d'activité de long de l'autoroute). Des mesures compensatoires sont envisagées pour assurer le maintien des équilibres écologiques sans coupure.

Un livre blanc présente les propositions du maître d'ouvrage de l'infrastructure [*SFTRF, 1995*]. Il cite les mesures préconisées sur le relief et la géomorphologie, l'eau, la végétation et la faune, les activités économiques, l'urbanisation, la qualité de vie, les activités industrielles et commerciales, le patrimoine, le paysage. Il a pour but d'informer les acteurs sur les enjeux et perspectives du territoire, de présenter les caractéristiques paysagères, environnementales, architecturales et socio-économique du territoire emprunté, de présenter les règles permettant de repérer les opportunités de projet, les objectifs fixés par la charte et les actions réalisées éligibles au 1% paysage.

Les études d'impact ont été menées avec soin et avec des cahiers des charges précis. Par exemple, l'inventaire botanique exhaustif dans la zone du tracé et sa zone d'influence potentielle a été effectué pendant les périodes idéales d'observation et les flux migratoires des animaux sont pris en compte. Des cartes de synthèse des mesures compensatoires sont établies, concernant le relief et la morphologie, l'eau, les activités économiques, l'urbanisme et la qualité de vie, la végétation et la faune, le patrimoine et le paysage.

Le paysage a été pris en compte en créant des points forts paysagers, en mettant en valeur le patrimoine bâti, en masquant les zones dégradées à proximité de l'autoroute, en éliminant des points noirs (friches industrielles). L'accent a été également mis sur le recyclage des déchets avec le retraitement des matériaux de démolition, l'utilisation des déchets dans les remblais routiers (pneus, laitiers...), l'utilisation des boues et compost de stations d'épuration pour la végétalisation.

Durant la phase de travaux, la remise en état des lieux est exigée au fur et à mesure de l'avancement du chantier. Une démarche « Qualité » communique sur cette remise en état : les efforts réalisés en matière de paysage et d'environnement sont valorisés par une signalisation adaptée et l'organisation de visites de chantier.

L'autoroute étant très peu construite sur des terres agricoles, elle n'occasionne que très peu de remembrements [SFTRF, 2002]. En effet, sous la pression des chambres d'agriculture pour ne pas mettre l'autoroute en rive droite en raison d'une forte activité agricole, la SFTRF a opté pour une localisation de l'autoroute en rive gauche, au détriment du milieu naturel, mais en adoptant à la fois une démarche technique pour optimiser le tracé et une démarche environnementale.

Encart 6 : L'AUTOROUTE de Maurienne A43

Les mesures prévues pour diminuer l'impact sur l'environnement sont [SFTRF, 2002] :

- Faune : passages à grande faune (mixte, spécifique, axe de déplacement aménagé), petite faune (mixte, spécifique), batraciens (ouvrage spécifique, mare de substitution).
- Flore : aménagement du milieu aquatique, pelouses sèches, suivi et entretien pour éviter le développement de plantes invasives.
- Milieu aquatique : reconstitution des cours d'eau, plan d'eau piscicole, réaménagement écologique, aménagements de loisirs.
- Mesures compensatoires : défrichement, création de points d'eau, pose de clôtures, création de garennes, réaménagement des dépôts et carrières.

Bilan des réalisations [AREA, 1995] :

Une grande partie des mesures prévues ont été respectées. L'insertion dans le paysage est bonne. Les cours d'eau n'ont pas été perturbés par des pollutions, les captages sont protégés au-delà des prévisions. La petite faune s'est adaptée, les populations de grands mammifères sont constantes mais la banalisation de l'avifaune et des batraciens s'est accrue. Les mesures compensatoires ont été nombreuses : zones humides protégées par arrêtés de biotope, gestion des milieux humides par le Conservatoire du Patrimoine Naturel de Savoie, impacts directs limités sur le monde agricole (remembrements limités mais au détriment de milieux naturels), paysages mis en valeur par les aménagements, habillage végétal, emprunts limités et réaménagés avec soin.

Bilan des suivis :

En 2006, un bilan des dix ans de mesures et de la convention avec le CNPN a été établi. Les actions prévues ont été réalisées : la gestion des sites naturels remarquables et éléments ponctuels au titre des mesures compensatoires (plaine du Canada, Hurtières, Oeillettes, coteau de Serpollière), l'observatoire environnemental relatif aux milieux naturels (passages à faune (grande faune et crapauds), poissons (pêche électrique de bilan et de contrôle), libellules (comptages et piégeages annuels), écrevisses (dénombrement et observation régulière), amphibiens (comptage et suivi crapauds), tulipes (conservation ex-situ et in-situ avec le Conservatoire Botanique National Alpin) mais toutes les espèces potentiellement attendues sur les sites ne sont pas présentes au bout de 10 ans. Pour le suivi, il est difficile de tirer des conclusions car les protocoles n'ont pas été assez cadrés (manque de matériel de suivi des passages, les périodes et répétitions des études de terrain ne s'effectuent pas sur une année...). Il n'y a pas eu d'intégration dans une optique de suivi global, les différentes associations, fédérations de chasse... ont fait des suivis pour leur propre chef sans en informer le conservatoire.

En 1996, la mise en place des mesures compensatoires a été confiée pour 10 ans au Conservatoire du Patrimoine Naturel de Savoie qui est chargé :

- D'assurer la maîtrise foncière des terrains à intérêt patrimonial (25 ha achetés) ;
- De rédiger des plans de gestion les mettre en œuvre sur des sites patrimoniaux : les Hurtières (plan d'eau géré), la plaine du Canada (restauration de prairies, gestion agricole pérenne), Serpollière (pelouses sèches), Cône des oeillettes (préservation et réimplantation d'une espèce disparue du site, la Tulipe de Maurienne)
- D'assurer le suivi des sites et des espèces et le suivi global du patrimoine naturel de Maurienne avec un questionnement sur le fonctionnement des milieux.

En 2006, la convention de gestion et de suivi par le Conservatoire du Patrimoine Naturel de Savoie au titre des mesures compensatoires et à l'observatoire environnemental de l'autoroute de Maurienne [*Conservatoire du Patrimoine Naturel de Savoie, SFTRF, 2005*]. Son bilan est bon, sauf en ce qui concerne le suivi où il a semblé manquer une centralisation des données et soulève la nécessité d'une structure porteuse (par ex : le syndicat du pays de Maurienne). Dans le futur, il serait souhaitable de hiérarchiser les sites naturels remarquables de Maurienne et mettre en évidence le rôle essentiel de la connectivité et la nécessité de préserver ou de recréer ces connexions en particulier des corridors biologiques transversaux et longitudinaux en analysant globalement la connectivité des milieux aquatiques à la fois de manière longitudinale le long de l'Arc / autoroute et de manière transversale entre les 2 versants). Il faudrait également renforcer l'Observatoire environnemental en lien avec la poursuite du suivi de la qualité des milieux et des espèces phares, et la mise au point des indicateurs de suivi et de résultats relatifs à la fonctionnalité des milieux.

Malgré quelques disfonctionnements dans les procédures d'études et de réalisation ou de suivi, l'autoroute de Maurienne reste un exemple des plus pédagogiques sur la prise en compte de l'environnement dans un projet de construction d'une infrastructure de transport, qui plus est compte-tenu des caractéristiques à la fois montagneuses difficiles et d'une grande sensibilité écologique de la région.

En ce qui concerne les tracés ferroviaires, il est toujours préférable d'utiliser au maximum le réseau ferroviaire existant afin d'éviter de nouvelle coupure dans le paysage et les espaces agricoles, ainsi que le passage par tunnel (nuisances sonores et émissions polluantes réduites) [*Débat public, 2003*]. En région Rhône-Alpes, un autre grand projet d'infrastructure est celui de la voie ferrée Lyon-Turin (encart 6) qui crée de nouvelles voies et a une partie en tunnel.

Encart 7 : La voie ferrée Lyon-Turin

L'insertion paysagère du Lyon-Turin prévue donc est de positionner des barrières «vertes» (réalisation de buttes arborées obtenues par le stockage d'un certain volume de déblais) le long des parties à l'air libre, de manière à réduire la vision de l'infrastructure.

Afin d'éviter la dégradation des écosystèmes pendant la phase de travaux, des solutions seront mises en place pour éviter l'envol des poussières : arrosage des pistes pour rabattre les poussières, pulvérisation d'eau sur la chaîne de traitement des déblais, humidification du chargement des camions et nettoyage des pneumatiques avant départ du chantier, limitation de vitesse à 20 km/heure dans le périmètre des chantiers.

L'application d'une notice de protection de l'environnement et de remise en état du site après mise en service sera constituée [*RFF, 2003*].

La gestion de déblais est conçue pour minimiser les impacts :

Réutilisation du quart du volume sous la forme béton, pour la construction des tunnels ;

Stockage sur des sites à revaloriser, par exemple d'anciennes carrières qui feront l'objet d'un aménagement végétal progressif, sans attendre le stockage total des déblais ;

Les zones de dépôt non réutilisées seront situées dans d'anciennes carrières, un modelage des dépôts adapté aux sites et un traitement paysager seront mis en place. [*LTF, 2003*].

En ce qui concerne la préservation des milieux naturels, les grands corridors biologiques recoupés par le projet seront préservés [*RFF, 2003*]. Les voies de déplacements des espèces seront rétablies avec l'aménagement d'ouvrages mixtes et la création d'ouvrages spécifiques.

Dans le cadre de l'Avant Projet de Référence (APR), LTF a fait réaliser une « charte architecturale et paysagère » qui préconise de maintenir les échelles du paysage par une fragmentation visuelle et agir sur le terrassement par raccordement doux et une géométrie affinée [RFF, 2003]. Ce cas étant en cours de réalisation et étant d'une envergure telle qu'il génère de nombreux conflits, il est, à l'heure actuelle, difficile de porter un jugement sur la réalisation globale du projet d'un point de vue environnemental. Des dysfonctionnements dans les procédures d'études ou concernant des inquiétudes quant aux matériaux de déblais seront évoqués dans le chapitre « attentes des acteurs ».

Sur des projets de plus faible ampleur, des mesures de compensation efficaces ont été mises en place pour préserver certaines espèces. Lors de la construction de la déviation de Valence en 1992 [Margnat, 1998], le remembrement connexe détruit une forte proportion de vieux arbres et haies dans la zone agricole. Cette destruction de haies et de vieux arbres à cavité a incité les maîtres d'ouvrage à réaliser en mesure de réduction d'impact, un maillage de haies visant à protéger les cultures du vent et à abriter une faune auxiliaire des cultures (rapaces prédateurs de campagnols notamment). Ces haies ont donc acquis à terme une certaine valeur écologique. Comme il s'agit d'arbres jeunes, elles ne sont pas favorables à une espèce présente sur le site, la chouette chevêche. C'est pourquoi, au titre des mesures compensatoires, des nichoirs spécialement adaptés à la chouette ont été installés. Ceci a nécessité des rencontres préalables avec les propriétaires des terrains afin de sensibiliser la population à l'intérêt de l'entreprise et garantir une certaine pérennité à l'opération. L'installation de ces nichoirs permet aussi de mener une étude de la dynamique des populations de chevêche par baguage, une étude du régime alimentaire en période de reproduction en équipant des nichoirs avec une caméra infrarouge ainsi qu'une étude de l'habitat de l'espèce dans la plaine de Valence.

Synthèse

L'autoroute de Maurienne est un exemple très pédagogique de la prise en compte de l'environnement dans une infrastructure de transport en zone montagneuse et à grande sensibilité écologique. Les outils innovants mis en place sont la charte Environnement et Paysage et la mission Environnement et Paysage. Un livre blanc a présenté les propositions du maître d'ouvrage, il a informé les acteurs sur les enjeux et perspectives du territoire en terme de paysage, d'environnement, d'architecture et de mesures socio-économiques. Les études d'impact font l'objet de cahiers des charges précis. Une démarche « Qualité » a communiqué sur la remise en état au fil du chantier. La mise en place des mesures compensatoires et le suivi ont été confiés pour 10 ans au Conservatoire du Patrimoine Naturel de Savoie.

Pour la ligne ferroviaire Lyon-Turin, RFF a fait réaliser une « charte architecturale et paysagère » lors de l'Avant Projet de Référence (APR). Cependant, le projet est en cours il n'est donc pas possible de l'analyser d'un point de vue environnemental.

Sur des projets de plus faible ampleur, des mesures de compensation efficaces permettent de préserver certaines espèces (nichoirs pour la chouette chevêche). L'exemple montre l'importance de rencontres préalables avec les propriétaires des terrains afin de sensibiliser la population et de garantir une certaine pérennité à l'opération.

C. Revue de mesures ponctuelles

- Clôtures/obstacles

L'efficacité des obstacles dépend de leur constitution et de leur hauteur selon les animaux concernés, de leur emplacement par rapport à l'infrastructure, de l'aménagement des abords de l'obstacle et de la voie considérée [Müller, 1998]. Le choix du type d'obstacle à mettre en place doit tenir compte de différents éléments locaux (configuration du terrain, couverture du sol, climat, tracé de la route) ainsi que du comportement des animaux dans la région considérée, de leurs performances

physiques et de leur comportement spatial face à un obstacle. Par exemple, pour les oiseaux et les chauves-souris, la création de rideaux d'arbres assez denses et élevés suffit à les obliger à franchir la voie de circulation à une hauteur suffisante pour éviter les collisions.

Pour être efficaces, les obstacles doivent assurer la sécurité du trafic, protéger la faune contre les dangers du trafic, ne présenter de danger ni pour les hommes ni pour les animaux, être de conception simple et bon marché pour leur réalisation, nécessiter d'un minimum de contrôles et d'entretien.

Une solution standard concernant le blocage de la faune au niveau de l'infrastructure est la pose de clôtures dans la traversée de zones giboyeuses (pour cerf, sanglier, chevreuil). Même si la pose de clôtures n'est obligatoire qu'à proximité des massifs forestiers qui abritent du gros gibier, la plupart des sections d'autoroutes récemment mise en service sont clôturées systématiquement [Desire et al., 1998]. Les clôtures servent également à canaliser les animaux vers les points de franchissement aménagés [CTGREF, 1978]. Elles sont efficaces si elles répondent aux critères suivant : solidité, dimensionnement, étanchéité, entretien régulier [Owaller, 1994]. Les clôtures sont toujours des clôtures simples, les clôtures électriques ne sont pas utilisées dans le domaine routier car leur exploitation est coûteuse et nécessite d'un contrôle permanent.

Afin de mieux l'insérer d'un point vue paysager pour l'utilisateur, la clôture doit être installée le plus loin possible de la chaussée et un rideau de végétation peut la recouvrir. Cependant cette végétalisation de la clôture n'est pas forcément souhaitable pour qu'elle continue à assurer son rôle de barrière aux animaux. La position loin de la chaussée augmente aussi la surface de la zone d'emprise et donc les potentialités d'installation de populations (micro-mammifères, lapins...) qui peuvent attirer des prédateurs.

Dans cette zone entre chaussée et clôture, la conception et la gestion de la végétalisation sont importantes. Il est conseillé de gérer les emprises vertes et zones de proximité de manière à ce qu'elles n'offrent pas d'intérêt particulier pour les ongulés et dégage le champ de visibilité pour l'utilisateur. Ainsi, des modifications de la couverture végétale (afin d'éviter la pullulation d'espèces-proie pouvant attirer les prédateurs) l'utilisation d'essences arbustives que la faune évite, la suppression de plantations pouvant servir de gagnage ou de couvert peuvent permettre de mieux gérer la densité des espèces animales dans l'emprise. Créer ou en favoriser le développement de milieux attractifs éloignés de la voie, agir sur les lieux de vie des ongulés

L'entretien des clôtures consiste à les maintenir en état et assurer les réparations suite aux dégradations naturelles ou volontaires ainsi qu'à entretenir de la végétation des emprises.

D'autres dispositifs ont pour objet de limiter la traversée des animaux mais leur efficacité n'est pas prouvée :

- Les réflecteurs : leur efficacité n'est pas démontrée ;
- Les miroirs : rien ne prouve leur efficacité, leur utilisation est parfois négative ;
- Les répulsifs : ne semblent pas apporter de réponse satisfaisante ;
- Les dispositifs ultrasons : inefficacité des dispositifs testés ;
- Les éclairages de la route : aucune efficacité sur les collisions avec les ongulés.

• Passages à faune

Les objectifs :

« Les passages assurent une transparence de l'ouvrage ; ils rétablissent tout ou partie de l'intégralité des zones d'habitats et des territoires. Ils restaurent les continuités écologiques et les déplacements, permettent le maintien des capacités de reproduction des grands mammifères sauvages à un niveau écologiquement acceptable. » [Cuénot, 1997]. Si l'infrastructure limite l'accès à des ressources essentielles, le passage devra rétablir l'accès pour l'ensemble des individus perturbés.

Pour le maintien du fonctionnement d'une métapopulation, le passage d'un individu efficace par génération sera suffisant pour assurer une stabilité génétique.

Les passages permettent d'optimiser au maximum la connectivité des routes pour un grand nombre d'espèces de grands mammifères [Clevenger et al., 2005].

L'efficacité :

L'intensité du mouvement animal, qui varie considérablement selon les groupes, est influencée par différents facteurs comme la dimension du passage, la largeur de la route, taille des clôtures, la

complexité de la végétation le long des routes et la présence de débris et encombrants à l'entrée des buses [Yanes *et al.*, 1995]. Plus les passages sont larges, plus ils sont fréquentés et plus la variété d'espèces les utilisant est grande [Veenbaas *et al.*, 1998]. La présence ou la quantité de couverture végétale à l'entrée du passage est considéré comme un composant essentiel pour la conception de passages efficaces.

Les buses peuvent constituer une libre traversée pour les vertébrés entre les habitats de chaque côté de la route. Les clôtures ne doivent pas bloquer l'entrée des buses et doivent au contraire former un entonnoir pour conduire la faune vers les buses. Les hérissons préfèrent les passages sans eau, la plupart des mammifères préfèrent passer sur des rives larges entre l'eau et le mur du passage.

Les seules données sur la fréquentation des passages par les animaux ne permettent pas de juger de leur réelle efficacité au sein de leur cycle biologique complet (zones de reproduction faciles d'accès et en liaison cohérente avec les zones de gagnages par exemple) [Cibien *et al.*]. Des études de démographie des populations avec marquage des individus et suivi à long terme seraient nécessaires.

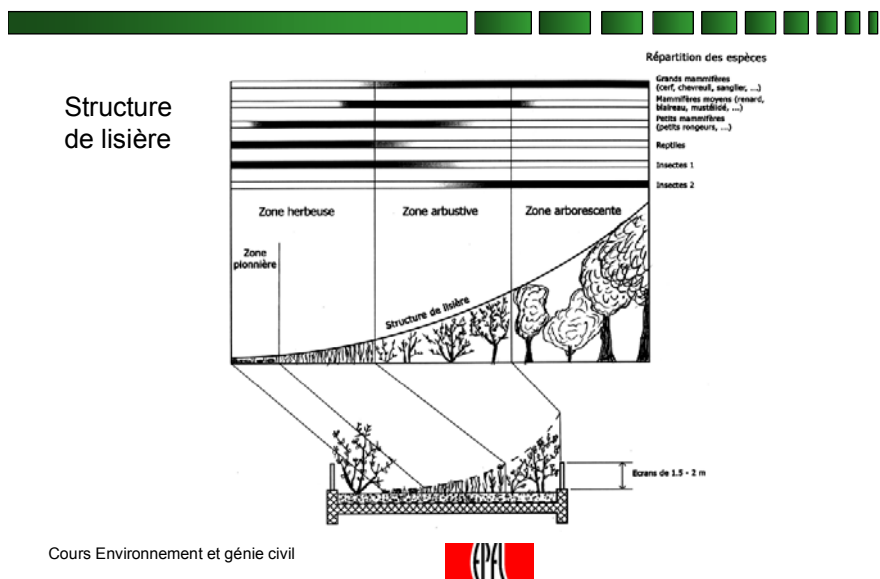
Quelques d'études indiquent que les passages à faune peuvent être exploités par des prédateurs comme « trappe à proies » [Little *et al.*, 2002] ce qui pourrait réduire l'efficacité des passages. En réalité, ceci est largement anecdotique et serait plutôt lié à des opportunités non fréquents plutôt qu'à l'établissement de modèles de prédation récurrente. D'autres études indiquent que les prédateurs et leurs proies utilisent des passages différents, le marquage olfactif pouvant jouer un rôle.

Conseils de réalisation :

Pour maximiser la perméabilité de la route, les projets de construction de routes devront inclure la mise en place fréquente de diverses structures de passages adaptées à des classes de taille variées et ayant un couvert végétal abondant à l'entrée [Clevenger *et al.*, 2002].



Aménagement des passages



Cours Environnement et génie civil



Figure 3 : Aménagement de bordure de passage à faune multi-espèces [Dumont, 2004]

Les tailles standards de largeur des passages à petite faune sont différentes selon les espèces visées [Forman *et al.*, 1998].

- crapauduc : 30-100 cm de large, situés au passage des amphibiens pour se reproduire,
- écoduc : 40 cm de diamètre pour les petits mammifères ou de taille moyenne,
- buse : 120 cm de large avec canal central pour l'eau et banquette latérale hors d'eau. Les distances minimales pour être efficace sont de 30-50 m au centre et 50-80 m sur les extrémités.

Une étude est en cours en France (CETE) pour essayer d'évaluer s'il existe une relation entre largeur de passage et fréquentation.

En Suisse, il existe un débat concernant la largeur nécessaire des passages à faune. La largeur minimale standard est de 50 m, basée sur les fréquences d'utilisation et le comportement des espèces et une largeur de 100 m pour les installations devant être conformes à plusieurs groupes d'espèces [SETRA, 2005]. Il existe également des passages de 140 et 200 m de large qui nous rappellent que le but est « les paysages connectés » et permettent à tous les processus naturels horizontaux de traverser la route [Forman et al., 1998]. La Suisse attache beaucoup d'importance à l'aménagement des bordures des passages pour les rendre efficaces pour plusieurs espèces : par de la végétation imitant une lisière, par des souches mises en andain dans les passages inférieurs pour favoriser les micro-mammifères.

Suivi :

Le suivi est indispensable ainsi qu'un contrôle permanent de l'imperméabilité des obstacles érigés afin de permettre de procéder si nécessaire à des adaptations des mesures prises et de développer les connaissances en matière de sécurité faune/trafic. La stratégie de mise en place de passages requiert une surveillance continue à long terme. En effet, le suivi doit être réalisé sur un cycle biologique complet par rapport aux espèces animales concernées, c'est-à-dire sur une durée d'un an [Cuénot, 1997]. Mais généralement, le suivi et la gestion des ouvrages ne sont souvent pas ou peu assurés [Berne, 2002]. Il en résulte de nombreuses lacunes sur le retour d'expérience menées sur le terrain. Des méthodes de suivi standardisées (reproductible et comparable pour une même espèce d'un site à un autre) devrait être mise en place.

Il existe différentes techniques de suivi pour un passage à faune [ECONAT et al., 2000] : observation directe des animaux en affût aux abords de l'ouvrage, suivi des traces de passage de la faune à l'aide de pièges à traces et pièges à trappe (passage des petits vertébrés et invertébrés), prise de photographies ou vidéo déclenchées par un système de détection électronique. Ces différentes techniques ont des avantages et des limites

Les pièges à traces (bandes de sable et piège à encre) [Berne, 2002] renseignent sur le niveau de fréquentation mais n'apportent pas d'information sur les individus ni sur le comportement de la faune à l'approche du passage ou lors du franchissement [SETRA, 1998]. Ils sont peu coûteux à installer mais nécessitent une présence fréquente pour les lire afin d'en tirer suffisamment d'information.

Les systèmes de photo-surveillance et vidéosurveillance permettent des études comportementales et parfois individuelles mais demandent plus de moyens financiers et techniques. Les possibilités offertes par la surveillance automatique sont des études opérationnelles, un suivi d'efficacité, un comptage, une identification, une expérimentation, des études comportementales, la mise en œuvre de documents pédagogiques et la promotion du savoir-faire.

Par ailleurs, en l'absence de passage à faune, les écrasements de la petite faune permettent de dégager les points de collisions et ainsi de connaître les axes préférentiels de migrations de la faune [Bridelance, 2004].

- Dépendances vertes

Les bordures et fossés le long des routes et chemins de fer constituent un refuge pour de nombreuses espèces végétales et un habitat approprié pour un certain nombre d'espèces animales [Van Bohemen, 2002] et peuvent également jouer un rôle fonctionnel dans l'écosystème. Ils constituent un tampon qui filtre et fixe diverses particules en provenance de la route et servent de voie de propagation pour les plantes et animaux.

Les dépendances vertes permettent d'augmenter la qualité des habitats et la fonction des corridors pour la faune de bordure de route et de fossés. La mise en place de filtre pour la collecte et la purification des eaux de ruissellement des routes permet d'élargir l'importance de la fonctionnalité de marais pour la végétation. On y retrouve alors des gastéropodes et au contraire très peu d'oiseaux. Cela varie en fonction de la largeur du bord, de son profil (remblai, déblai), de la végétation présente et de l'exposition. Les rapaces ne s'y reproduisent pas mais y chassent fréquemment surtout l'hiver lors du repliement des micro-mammifères dans ces espaces.

Ces dépendances ont une fonction d'habitat, une fonction corridor et d'échanges avec l'extérieur (milieu complémentaire ou refuge). Une gestion extensive des dépendances vertes autoroutières peut augmenter la diversité biologique à l'échelle locale. La gestion de l'espace

permettrait, en plus d'une intégration paysagère, de favoriser les processus écologiques au sein du paysage traversé [Meunier et al., 1998]. Leur gestion fait l'objet du paragraphe E.

Synthèse

Exemples des mesures les plus proposées :

Clôtures/obstacles : efficaces si elles sont solides, de dimensionnement adapté, étanches, entretenues régulièrement et si elles guident les animaux vers les franchissements de l'infrastructure.

Passages à faune : restaurent les continuités écologiques et permettent les déplacements. Les caractéristiques techniques locales et leur fréquentation sont connues mais peu leur efficacité en terme de dynamiques des populations. La réflexion sur la restauration des corridors à l'échelle des paysages est encore à approfondir en acquérant des connaissances scientifiques. La mise en place de protocoles rigoureux de suivi à but d'étudier la démographie des populations est nécessaire.

Dépendances vertes : constituent des habitats et assurent la fonction des corridors pour la faune de bordure de route et de fossés. Leur entretien doit être adapté aux objectifs de protection de l'environnement.

D. Le suivi des mesures

Les mesures de préservation de la faune et de la flore doivent être pérennisées pour continuer à être efficaces bien au-delà de la mise en service de l'autoroute. Les aspects de suivi et de continuité sont très importants [Colloque « Développement Durable : les sociétés d'autoroutes s'engagent », 2002]. Le suivi permet en effet d'acquérir de l'expérience et de pouvoir produire des préconisations issues d'une observation de l'efficacité de mesures précédentes.

En règle générale, il n'existe pas d'instance officielle chargée du suivi des impacts environnementaux d'une infrastructure de transport pendant la phase de travaux et après sa mise en service. Les personnes rencontrées déplorent que ce suivi soit trop souvent laissé à l'instigation des intéressés, qui n'ont pas toujours les moyens de le mener à bien. Tous les acteurs rencontrés réclament un cadre juridique concernant le suivi des impacts et l'évaluation des mesures. Dans un domaine proche, celui de l'exploitation de granulats, l'autorisation d'exploiter est conditionnée à la production d'un plan de réaménagement mais aussi d'une garantie financière assurant que celui-ci va bien être mis en place. Ceci pourrait servir de base de réflexion pour mieux assurer les suivis.

La mise en place d'observatoire autoroutier et d'infrastructures linéaires permet de faciliter la production de connaissances scientifiques, d'approfondir les connaissances en matière d'impacts de l'autoroute sur les territoires, de bénéficier d'une présence locale au travers des études régulièrement menées et de sensibiliser les décideurs locaux et les relais d'opinion sur les effets indirects et induits des infrastructures [SAPRR, 2005]. Ils ont pour vocation d'analyser les phénomènes sur le long terme mais aussi d'aider les populations à améliorer l'environnement dans une logique de développement durable. Il s'agit d'un dispositif scientifique ayant une portée pluridisciplinaire (pour retrouver toutes les composantes du développement durable) capable de combler les lacunes de connaissances, de construire un processus complet et rigoureux d'observations et d'analyser la dimension systémique des approches environnementales et socio-économiques. Il permet de recueillir des données précises afin de quantifier précisément les effets de l'autoroute sur le milieu naturel qu'elle traverse [SAPRR, 2003]. Les observatoires ont de plus un intérêt pour la régionalisation car il existe des questions environnementales spécifiques à chaque territoire.

Les thèmes abordés sont la morphologie fluviale, la végétation aquatique, le suivi biologique d'étangs, les écosystèmes végétaux, la population d'amphibiens, la faune, le bruit, le suivi des sels de déneigement, l'homme et le paysage, le ressenti de la population. Les observatoires permettent donc d'expérimenter de nouvelles approches de l'environnement par types de milieux, par bassin versant ou de nouvelles techniques d'études ; d'échanger des expériences, des savoir-faire, entre partenaires concernés (administrations, bureaux d'études, scientifiques...); de capitaliser les acquis et de les intégrer dans de nouvelles règles de bonnes pratiques ; de sensibiliser les différents acteurs impliqués dans les projets routiers (collectivités locales, associations, services de l'administration...).

D'une façon générale, les pays européens souffrent d'une pénurie accrue de systèmes d'observations et d'expérimentations environnementales pérennes. Afin de connaître les caractères et la dynamique de l'évolution des milieux naturels et d'en préciser les déterminants, les écologues ont besoin de données de longue durée concernant le fonctionnement de ces systèmes complexes.

Un des observatoires actuellement bien établi est celui de la LGV Méditerranée. Ses objectifs sont d'établir un état initial de référence cohérent, de suivre l'évolution des milieux pendant les phases de réalisation et d'exploitation, d'avoir un retour d'expérience et une base de données sur les impacts réels d'une ligne à grande vitesse, de vérifier la réalisation effective des engagements de l'Etat et l'efficacité des mesures mises en œuvre et enfin de diffuser et d'échanger des informations. Les résultats ont permis de mieux cibler les thèmes d'études, de préférer des investigations moins lourdes mais sur une période plus longue, d'intégrer l'observatoire le plus en amont possible car l'état de référence est essentiel, de trouver des relais auprès d'autres organismes pour la poursuite des études à long terme.

Les premiers enseignements tirés de cet observatoire sur la faune et la flore concernent :

- les insectes (suivi pendant 5 ans) : les résultats indiquent que les populations des espèces sont stables et que la phase chantier a peu d'impact car les insectes sont peu sensibles aux collisions),
- les amphibiens (recensement qualitatif et quantitatif) : les suivis montrent l'efficacité des crapauducs. Ils mettent en évidence que le principal impact est lié à l'introduction de poissons carnivores dans les bassins par les fédérations de pêche ou suite à des phénomènes naturels comme le changement de la végétation,
- la petite faune : il est fait le constat de la perméabilité de l'infrastructure, la petite faune traversant sous les rails,
- les micro-mammifères (recensement dans 3 types de milieux traversés) : dans les vergers les populations sont stables, dans les ripisylves il y a diminution puis un retour avec la recolonisation de la végétation, les enrochements sont rapidement reconquis,
- la grande faune,
- l'avifaune : les dérangements sont liés essentiellement à la phase de travaux,
- les plantes invasives (l'ambrosie : suivi pendant la phase chantier) : l'observatoire conclut à la nécessité de réensemencement d'espèces à croissance rapide pour éviter l'installation d'espèces invasives et de fauche pour les contrôler si elles sont installées.

Le développement d'observatoires de l'environnement dans le cadre de projets d'infrastructures de transports terrestres est actuellement nécessaire pour assurer un suivi indispensable des impacts sur les milieux et le paysage. Ils nécessitent toutefois des moyens conséquents en termes économiques, temporels et humains, que ne sont pas toujours prêts à accorder les maîtres d'ouvrage. Il serait utile d'éditer une « Charte » des observatoires, qui permettrait de fixer des objectifs concrets et des méthodologies communes de suivi.

Dans le même cadre que les observatoires, on retrouve également **les méthodes de bio-surveillance** (méthodes de bio-indication et tests d'écotoxicité) [SAPRR, 2005]. Ces méthodes de bio-surveillance présentent de nombreux intérêts dans le cas des infrastructures routières. Elles sont flexibles, évolutives, apportent des informations écologiques, une connaissance de la réponse des organismes aux polluants, une information immédiatement utilisable pour évaluer et gérer le risque, elles sont normalisées et utilisées à l'échelle internationale. L'escargot est très souvent utilisé par les auteurs comme bio-indicateur de pollution [Pihan *et al.*, 1998].

Ces méthodes pourraient donc constituer un bon accompagnement et une aide précieuse au suivi des infrastructures dans le cadre des observatoires.

Synthèse

Il manque une instance chargée du suivi des impacts environnementaux d'une infrastructure de transport pendant la phase de travaux et après sa mise en service. Le principe des garanties financières mises en place dans le cas des ouvertures de carrière pourrait servir de référence.

La mise en place d'observatoires permet de produire de connaissances scientifiques en matière d'impacts sur les territoires et de sensibiliser les décideurs locaux et les relais d'opinion sur les effets indirects et induits des infrastructures ainsi que de capitaliser les acquis et de les intégrer dans de nouvelles règles de bonnes pratiques.

Il serait utile d'éditer une « Charte » des observatoires afin de fixer des objectifs concrets et des méthodologies communes de suivi.

E. Entretien et gestion des bords d'infrastructures

La végétation de bords des routes s'entretient le plus généralement par **fauchage** [Coumoul et al., 1995] ou **traitements chimiques**. Ces traitements chimiques sont coûteux, nocifs (pour l'utilisateur et le milieu naturel). Ils provoquent un appauvrissement de la faune et flore et une pollution plus ou moins rémanente. Leurs impacts directs sont la réduction de la diversité floristique, la disparition des plantes rares. Les effets sur la faune sont peu étudiés en dehors de la toxicité sur les abeilles et les poissons). Leurs impacts indirects sont la dégradation lente des composés chimiques, un risque important de ruissellement, une accumulation des polluants tout au long de la chaîne alimentaire ainsi qu'un phénomène d'inversion de flore [SETRA, 1994].

Pratiqué de façon intensive, le fauchage peut avoir des conséquences telles l'appauvrissement et la standardisation de la faune et la flore, la destruction de nids, une accentuation de l'artificialisation de la route. En revanche, une gestion extensive des bords de routes consiste à être présent là où la sécurité l'exige (de manière plus intensive près de la chaussée) et à laisser le milieu naturel s'exprimer dans les autres zones (talus, sur largeurs) [SETRA, 1994]. Ce mode de gestion permet une recolonisation végétale naturelle mais peut conduire à une certaine banalisation de la végétation. L'abandon sur place des résidus de fauche contribue à l'enrichissement du sol (rôle d'engrais) et favorise par ailleurs la prolifération de plantes nitrophiles aux dépens d'espèces plus typiques, la richesse spécifique sera donc faible [CERA-Environnement]. De plus, l'écoulement des eaux risque d'être ralenti en raison de l'envahissement des fossés [Chantereau, 1992]. Néanmoins, gardées sous contrôle sans être détruites, les mauvaises herbes contribuent à l'intégration de l'autoroute, sans la rendre plus dangereuse.

Les effets de l'entretien sur les dépendances vertes peuvent engendrer l'interruption de la dynamique naturelle, le fauchage incite au maintien d'un couvert herbacé au détriment des espèces ligneuses. Le désherbage sélectif chimique perturbe l'évolution végétale et engendre une dynamique végétale différente alors que le désherbage total empêche toute dynamique végétale et déstabilise les ouvrages par érosion du sol [SETRA, 1994]. On peut remédier à cela grâce à des opérations favorisant la dynamique : semis d'espèces adaptées aux conditions locales, gestion avec pousse de végétaux ligneux, arbustes et arbres ou encore un fauchage réduit. L'implantation d'une végétation spontanée reste la meilleure solution sur le plan écologique.

Mais la sécurité reste avant tout la motivation première du fauchage. Néanmoins, certaines précautions doivent être prises comme ne pas travailler au ras du sol, faucher le moins souvent possible, le plus tard possible, alterner les zones fauchées et non fauchées pour une meilleure diversité écologique et paysagère.

Aux Pays-Bas, les produits de coupe des bords de route sont mis en ballot pour fabriquer du biogaz. Les dépôts des résidus d'herbe sont mis en décharge (pour éviter la circulation du plomb dans l'atmosphère) et ces résidus sont interdits pour l'utilisation en tant que fourrage (en raison des grandes quantités de plomb) [SETRA, 1994].

En Suisse et en Autriche, on constate une gestion importante de l'anticipation et du génie écologique, avec une recherche d'optimisation de la cicatrisation des milieux après implantation d'une infrastructure.

Synthèse

Les impacts de la gestion des dépendances et bords de route sont peu connus aussi bien pour l'utilisation de pesticides que des pratiques de fauche.

La gestion des bords de route est une voie encore peu utilisée en France pour limiter l'impact du trafic sur certaines populations (chauve-souris, rapaces...). Des travaux devraient être menés en ce sens.

III. Attentes des acteurs

Pour répondre aux attentes du MEDD concernant les attentes des acteurs sur la façon dont les études d'impact prennent en compte l'environnement, nous avons mené des entretiens auprès de différents acteurs agissant dans le domaine des transports (maîtres d'œuvre, bureaux d'études, administrations...) à propos de leur point de vue sur les études d'impacts. Nous avons centré nos entretiens aux acteurs de la région Rhône-Alpes. De nombreux points négatifs et des lacunes ont été soulevés.

A. Les études d'impacts

L'analyse concernant la route est profondément politique. Sur les gros projets, les services de l'état consultés donnent un avis mais c'est le ministère qui prend la décision finale, souvent quelque soit le résultat des études. Les services déconcentrés de l'état ont donc une marge de manœuvre très réduite. En effet, la loi de 1976 sur les études d'impact (art.2) devant être provisoire n'a jamais été changée. Le principe reste vicié à la base car les études sont payées par le commanditaire. Le bureau d'étude ne peut donc pas être totalement libre de ses conclusions et fait souvent des études généralistes pour un coût dédié à la partie environnement minimale (alors que le coût global du projet est très conséquent).

La plupart des structures ont une organisation similaire pour rendre un avis sur une étude d'impact. Une personne est identifiée dans la structure, elle reçoit et lit les études d'impact. Elle consulte à l'intérieur de la structure les services compétents, des spécialistes scientifiques et/ou des délégués locaux qui connaissent le terrain. A l'issue de cette phase, elle rédige une synthèse qui constituera l'avis de la structure. Les bureaux d'études regrettent parfois que les services instructeurs n'aient pas toujours les compétences pour juger leur travail.

L'administration a du mal à donner des directives de procédures à suivre. Les maîtres d'œuvre, d'ouvrage et les bureaux d'étude considèrent qu'ils ne sont pas assez cadrés, guidés²¹. La plupart des bureaux d'études réclament des guides pour pouvoir traiter rapidement les études. Cependant cette demande ne peut pas être satisfaite car des études d'impact sérieuses telles que recommande le « guide sur la prise en compte des milieux naturels dans les études d'impact » ne raccourcit pas les études, au contraire, il insiste sur la nécessité de prendre en compte les cycles biologiques.

Les interlocuteurs différents interlocuteurs (Etat / privé / département...) ont des stratégies politiques différentes.

La commande de l'étude est souvent le premier maillon négatif de l'étude d'impact. En effet, elle est souvent mal cadrée sans cahier des charges précis. Le bureau d'étude saisi a simplement comme indication d'effectuer une étude initiale ou d'impact environnemental et fait par conséquent une étude de base, sans indications ou fait des études inutiles et coûteuses.

De plus, la prise en compte de l'environnement n'est pas assez poussée et il n'est pas assez fait appel aux services compétents en amont du projet. En l'absence de cahier des charges, des problèmes apparaissent afin de cibler les inventaires, bien que l'on remarque de plus en plus de cadrage préalable des projets.

Le dossier **d'étude d'impact** est souvent très cadré dans la forme afin de restreindre le risque de contentieux juridique. Ainsi très souvent les chapitres sur la prise en compte de la faune et de la flore sont bien présentés car cette partie est la plus fréquemment la source de recours contre le projet. Par contre ces chapitres sont d'une grande inégalité sur le fond. Les procédures administratives sont tellement complexes que les experts ne sont jamais certains de bien les avoir respectées [*Colloque « Développement Durable : les sociétés d'autoroutes s'engagent », 2002. Gandil, P.*].

Selon M. Burdeau [*Burdeau, 2003*], il existe des risques de dérive « paperassière » voire procédurière inhérents à l'institution. Il vaudrait mieux intégrer le souci de protection et non s'acquitter d'une obligation de procédure. Car on obtient alors le résultat inverse de l'objectif visé, c'est-à-dire le maître d'œuvre consacre plus de temps et d'énergie à s'acquitter de son devoir de procédure qu'à s'intéresser à l'amélioration réelle du projet et à ce qui se passe concrètement sur le terrain (difficultés d'une bonne coordination entre maîtres d'ouvrages distincts, conflits possibles entre logique de

²¹ Lors des enquêtes en février nous n'avions pas encore avancé suffisamment la bibliographie pour demander à nos interlocuteurs s'ils connaissaient le « guide sur la prise en compte des milieux naturels dans les études d'impact » car il répond à cette attente.

prescriptions et de projet, connaissance insuffisante des espèces protégées et de leur habitat). Ce sont souvent les travaux annexes qui accompagnent la réalisation des grandes infrastructures de transport qui ont l'impact le plus regrettable sur les sites traversés. Enfin, d'importantes lacunes dans le domaine de la recherche sont à faire ressortir, avec un fossé entre les spécialistes et les généralistes, où la culture partagée reste embryonnaire.

Le volume des études est trop important. En effet, qui peut les consulter en détail ? Qui a suffisamment de connaissances pour juger de leur pertinence ? Elles sont trop « fourre-tout » (beaucoup trop d'informations et de données non exploitées) et par conséquent, elles ne sont pas faciles à lire lors de l'enquête publique. On constate un problème de méthode rédactionnelle avec une volonté de faire un dossier lourd, sans aller à l'essentiel et souvent constitué de documents composites résultant de l'assemblage de toutes les études faites par divers bureaux d'études.

L'aspect parfois technique du contenu des études peut être un obstacle pour le grand public. Dans ce cas, le résumé non technique ne suffit pas à rendre l'étude accessible, car il ne permet pas de se rendre compte des enjeux réels. Il n'est pas du tout complet pour le grand public et ne reflète pas l'étude d'impact. Un point qui intéresse particulièrement le maître d'ouvrage est la manière dont les choses sont rédigées et présentées, car il n'est pas facile de vulgariser des discours d'experts. Les bureaux d'études ont d'ailleurs du mal à gérer la vulgarisation des informations qu'ils donnent.

Certains **problèmes temporels** sont fréquents.

Le manque de temps pour la réalisation des études est clairement évident. Parfois réalisées à partir de « copier-coller » d'autres études similaires, elles sont souvent faites trop rapidement. Pour les études faune/flore, un délai souvent trop court est exigé des bureaux d'études. De ce fait, les prestataires sont confrontés à un problème de cadrage des saisons biologiques, de recueil des éléments et un problème quantitatif d'intervention. Pour une bonne efficacité des inventaires, il faudrait anticiper au moins un an à l'avance pour respecter les cycles de vie des espèces (l'estimation d'une bonne étude est de 2 à 3 ans mais ceci est irréalisable donc souvent l'étude est plus ou moins valable).

Par manque de temps, on ne trouve que rarement dans les études d'impacts une analyse des solutions alternatives, de plusieurs tracés (cela peut-être justifié, mais souvent n'est pas argumenté), et une justification du choix de la zone d'étude, pourtant imposées par la réglementation. Il y a également trop de temps de latence entre la validation des études d'impact et de l'enquête publique : l'étude d'impact est vieillie donc n'est peut-être plus valable. On peut citer en exemple le cas du Hamster d'Alsace qui a bien été localisé lors des études d'impacts du Contournement Ouest de Strasbourg mais qui, sur un laps de temps très long entre la réalisation de l'étude et la construction, s'est déplacé sur le nouveau tracé alors prévu.

Les bureaux d'étude n'ont pas toujours **connaissance des études scientifiques existantes** qu'ils pourraient utiliser. De plus, ceux capables de faire une étude floristique et faunistique convenable sont finalement assez peu nombreux [*Colloque « Développement Durable : les sociétés d'autoroutes s'engagent »*, 2002. Gandil, P.]. La nécessité déjà citée de faire une mise en commun des bases de données environnementales peut faciliter le porter à connaissance.

Le thème des milieux naturels est parfois mal traité (les problématiques faune/flore ne font pas l'objet de beaucoup de préoccupation dans les relations publiques).

Les impacts sur les habitats (effet d'emprise, effet de coupure, dégradation par pollution) sont insuffisamment traités. L'effet cumulatif des pollutions semble bien être abordé pour les métaux lourds et le sel. L'effet des produits phytosanitaires utilisés pour l'entretien des bordures d'autoroutes n'est jamais abordé. Il existe un problème concernant l'utilisation fréquente du lit mineur des cours d'eau pour l'implantation des lignes ferroviaires (exemple du TGV Sud se situant dans le lit mineur de la Durance). On constate des avis mitigés sur l'impact du dérangement de la faune par le bruit, les lumières : impact réel ou au contraire création d'espaces plus protégés vis-à-vis de la présence humaine ? Les mortalités par collision sont abordées mais essentiellement pour la faune courante.

Les effets indirects sont plutôt jugés comme insuffisamment abordés, notamment parce qu'ils sont difficiles à évaluer. Des problèmes sont fréquemment posés pour l'étude de la faune car souvent il n'y a pas de prise en compte des déplacements, des zones de gagnage (nourriture) ou de reproduction : il n'existe pas d'éléments scientifiques sérieux. Un manque de prise en compte des effets dans leur globalité est déploré. L'aspect des corridors devrait être plus développé dans les études d'impacts. Bien qu'il le soit pour les axes de déplacement des grands gibiers, pour la petite

faune ce point est moins bien traité. Ceci résulte du manque de connaissances scientifiques et du moindre impact de la petite faune en terme de sécurité routière. Les effets cruciaux et les effets secondaires sont abordés avec autant d'importance, ce qui rend difficile l'appréciation de la gravité des impacts, et encombre peut-être le lecteur d'informations inutiles. Enfin, un problème de relativisation existe lors de l'évaluation de l'importance d'un impact. Par exemple, on retrouve un questionnement sur la spécificité des espèces : est-ce qu'une plante ne pourra pas s'adapter hors de son emplacement initial ? Est-ce que la disparition d'un seul pied à cause du tracé mettra en péril l'espèce ? Il s'agit là d'un degré de finesse qui n'est jamais abordé.

Les listes d'espèces et les tableaux que l'on retrouve dans les études d'impact, sans indications sur le résultat réel et le degré d'importance, n'ont aucun intérêt. Il serait important de hiérarchiser les données. Il faut mettre en évidence la notion d'habitat et d'écosystèmes par une approche fonctionnelle.

Les problèmes liés aux chantiers pouvant agir sur l'homme²² sont déjà peu étudiés, ils le sont encore moins sur la faune et la flore. Nous avons donc un manque de recherche sur ces aspects épidémiologiques, toxicologiques (en général, les études ne sont pas divulguées car elles sont dérangementes) ainsi que sur les nouveaux matériaux permettant d'anticiper le problème toxicologique (problème financiers). Les aménagements annexes dus à la phase de travaux (accès au chantier, zone d'extraction, centrale à béton, base de vie) ne sont pas toujours bien évalués. Des compléments d'étude sont souvent demandés sur ces sujets. Le calendrier des travaux est rarement adapté aux rythmes de la faune. Le risque d'introduction d'espèces invasives (ambrosie, renouée du Japon) lors des travaux est connu ; il semble être pris en compte par les sociétés d'autoroute, mais les réponses apportées à cette menace restent vagues car on connaît mal les impacts. Des problèmes d'hydrogéologie ont aussi été signalés, tels que la disparition de sources pendant les travaux ou l'assèchement de marais.

On constate un réel **manque de données** sur la cicatrisation, la renaturation des milieux et leur réponse, qui sont difficilement pris en compte en raison du manque de retour d'expérience. Le point faible des études d'impacts est l'aspect floristique. Il est reproché aux bureaux d'études de ne pas faire peu de relevés floristiques sur le terrain ou de les faire à la mauvaise saison, au mois de juin quand la flore n'est pas encore sortie entièrement et au mois de novembre (quand tout est fané). En ce qui concerne le milieu naturel, on a souvent l'aspect réglementaire (Natura 2000, ZNIEFF...) sans avoir la description de ce milieu : ce n'est pas la réalité du terrain. Parfois réalisée à partir de « copier-coller » d'inventaires existants, un problème de validité de l'étude se pose. Les études sont faites à un moment donné or il faudrait pouvoir constater les évolutions sur le temps.

L'effet de coupure visuelle sur le paysage est suffisamment abordé, en particulier parce qu'il s'agit d'un impact sur l'homme. Le paysage n'est pas pris en compte dans les choix du tracé. En effet, en attestent des plantations massives, sans entretien et on constate un abandon progressif de la gestion extensive en raison de la pression de la sécurité.

Concernant **le milieu agricole**, le thème de la restructuration foncière et du remembrement est le seul qui a été jugé suffisamment abordé nous avons pourtant montré que cet effet induit était difficilement géré par le maître d'œuvre car il n'en a pas la maîtrise. Les effets sur la modification du mode d'agriculture sont encore peu pris en compte et sont des sujets de réflexion actuels. Nous prendrons en exemple le projet Lyon-Turin. Il n'y a pas une grande anticipation sur les problèmes agricoles et pas de constitution de réserve foncière. Les partenaires ne sont pas très actifs et le remembrement n'est pas traité actuellement.

Les nouvelles infrastructures nécessaires (constructions annexes) telles que les **protections contre les risques naturels** sont envisagées de manière générale, mais des études complémentaires doivent être faites au fur et à mesure. En effet, il s'agit de structures avec un seuil financier trop faible pour envisager une étude. On ne dispose d'aucun retour d'expérience sur leurs impacts.

Prenons l'exemple de l'intégration paysagère des pares-congère. Il peut s'agir de filets qui sont généralement de couleur verte afin de les intégrer en été sur les prairies en bordures de route. Or ces

²² A savoir les hydrocarbures, les aérosols qui concernent les agents travaillant sur le chantier (constat d'augmentation des lymphomes et cancers respiratoires) et l'étude sur la dispersion des particules qui concernent les riverains.

dispositifs sont utilisés uniquement en hiver sur la neige et sont la plupart du temps enlevés pour l'été...S'ils sont en bois, ils ne sont pas démontables, ce qui cause des problèmes sur les terrains agricoles et les alpages. On constate également que les installations obsolètes ne sont en général pas démontées (exemple de Val Thorens où un ancien râtelier pare-avalanches n'a pas été démonté alors qu'il a été construit un gazex au-dessus).

Les compléments d'études demandés portent majoritairement sur le relevé floristique, les mesures compensatoires, les aménagements annexes, les nuisances des travaux et l'hydrogéologie.

Aucun lien n'est fait avec les autres procédures (loi sur l'eau, évaluation des incidences par rapport aux sites Natura 2000), parfois à peine évoquées dans l'étude d'impact. En ce qui concerne ce point, un rapport récent du Sétra fait des recommandations sur la prise en compte des sites **Natura 2000** [Sétra, 2006]. Les études d'impact et les études d'incidence Natura 2000 doivent être jointes au moment des procédures de consultation inter-administration avant la déclaration d'utilité publique. Il faut considérer le fonctionnement écologique d'un site dans son ensemble (et pas seulement dans la bande des 300 m). Les études doivent être organisées dans une logique de continuité, de progressivité et de sélectivité. Si un Docob existe, celui-ci constitue la référence et les évaluations d'incidence doivent se faire en fonction des objectifs de conservation définis. La concertation doit être de qualité avec une volonté forte d'échanges et de transparence. Elle doit avoir lieu en partenariat avec les associations et les administrations et organismes compétents. Les mesures de réduction d'incidence doivent figurer dans la DUP afin d'en vérifier la mise en œuvre ultérieure. Les impacts des procédures de remembrement doivent être mieux pris en compte.

Synthèse

Ce paragraphe analyse les remarques faites par différents acteurs intervenant dans les études d'impact : maître d'œuvre, administration devant donner son avis, bureau d'étude, association naturaliste.

La commande de l'étude d'impact est souvent mal cadrée sans cahier des charges précis.

La rigueur de la forme (pour se prémunir d'une attaque) prime trop souvent sur la qualité du dossier et sa lisibilité. Les dossiers sont trop gros et ne hiérarchisent pas les enjeux. Les solutions alternatives de plusieurs tracés sont rarement analysées. Il y a trop de temps entre la validation des études d'impact et de l'enquête publique. Les relevés de végétation et les études faune sont parfois faits à de mauvaises périodes et sur un temps trop court (pas de prise en compte de la totalité du cycle de vie).

Les impacts sur les habitats (effet d'emprise, effet de coupure, dégradation par pollution) et les effets indirects sont insuffisamment traités.

Les corridors devraient être plus développés surtout pour la petite faune.

Les aménagements annexes dus à la phase de travaux ne sont pas toujours bien évalués.

La restructuration foncière et le remembrement sont jugés suffisamment abordés par contre, les effets sur la modification du mode d'agriculture sont encore peu pris en compte.

Les compléments d'études demandés concernent la flore, les mesures compensatoires, les aménagements annexes, les nuisances des travaux et l'hydrogéologie.

En ce qui concerne Natura 2000, mais devrait aussi concerner tous les projets, le Sétra a fourni des recommandations intéressantes :

Les études d'impact et les études d'incidence (selon les objectifs du DOCOB) sont à joindre lors des procédures de consultation avant la déclaration d'utilité publique. Les mesures de réduction d'impact doivent figurer dans la DUP.

La concertation doit avoir lieu en partenariat avec les associations et les administrations et organismes compétents. Les impacts des procédures de remembrement doivent être mieux pris en compte.

B. Mesures et suivi

Le souhait d'être **consulté en amont** du projet a été souvent exprimé. Un travail de concertation en amont avec des acteurs qui connaissent bien les milieux permettrait d'élaborer des mesures plus efficaces. On constate le manque d'un cadre juridique concernant le suivi des impacts et l'évaluation des mesures.

La mise en place des mesures compensatoires est fréquemment ignorée (les mesures sont dites « envisagées » mais pas souvent réalisées et il n'y a pas de recours possibles puisqu'elles ne sont pas mentionnées comme obligatoires).

En règle générale, il n'existe pas d'instance officielle chargée du suivi des impacts environnementaux d'une infrastructure de transport pendant la phase de travaux et après sa mise en service. Une somme libératoire est généralement payée par les maîtres d'œuvre à un organisme local pour se libérer de cette charge de suivi. Les mesures sont généralement jugées insuffisantes lorsqu'elles sont laissées à l'instigation du maître d'ouvrage car ils n'ont pas toujours les moyens de le mener à bien. Les mesures spécifiques devraient être faites par des entreprises spécialisées en environnement pour une bonne prise en compte du but recherché. Les protocoles ne sont pas assez cadrés (manque de matériels, pas assez de périodes et de répétitions des études de terrain sur une année...).

Comment faire vivre les mesures compensatoires sans qu'elles ne soient prises comme des mesures compensatoires ? Il convient d'élaborer une manière d'approche de la situation par rapport aux intéressés et ne pas faire passer ces mesures comme protection fondamentale des milieux mais comme bon moyen pour un aménagement du paysage pouvant servir aux intéressés.

Il n'y a **pas de vision globale et d'anticipation**. Les aménagements compensatoires sont trop souvent pensés au niveau ponctuel, alors qu'ils devraient être adaptés à l'échelle d'une population. Le plus généralement, aucune approche en écologie du paysage n'est envisagée (peu de bureau d'étude spécialisé) et il est seulement réalisé une approche espèce par espèce. Les fonctionnements du système dans lequel se fait l'ouvrage ne sont pas étudiés. Il faudrait avoir une vision plus complète de l'équilibre des écosystèmes plutôt que simplement assurer la continuité des traversées d'animaux sauvages car actuellement, on s'intéresse aux espèces patrimoniales mais pas aux habitats.

Ce problème de manque de vue globale serait résolu pour bonne partie par la centralisation des données scientifiques et de terrain ainsi que la progression des équipes de recherche en écologie du paysage vers une phase opérationnelle, finalisée.

Les aménagements ne sont pas assez précis : dimensionnement, nombre, emplacement, entretien...

On constate souvent un choix de mesures « à la mode » ou alibi masqué (en général, passages à faune grand gibier et éventuellement crapauduc) sans vraiment de réflexion sérieuse ayant abouti à ce choix : Quelle en est l'efficacité réelle ? En effet, une solution technique qui semble efficace peut être appliquée sur de nombreux projets sans qu'elle soit toujours pertinente.

Il n'y a pas de vraies mesures favorables aux milieux naturels, mais plutôt des mesures techniques, telles que le « reverdissement » de talus (plutôt intégration paysagère). On ne constate en général pas de propositions intéressantes, ciblées et sortant de l'ordinaire. Ce sont souvent des formules préétablies (par exemple, la mise en place d'arrêté de biotope etc....).

Le terme « compensatoire » est inexact car ces mesures ne compensent jamais réellement les pertes causées. Un habitat banal s'installe progressivement après les espèces pionnières. On a donc quand même un appauvrissement des milieux.

Les mesures ne peuvent être efficaces sans suivi. Le problème de gestion et de suivi conduit à l'absence d'évaluation donc de retour d'expérience. Il n'y a pas de suivi de l'efficacité des aménagements sur les populations à long terme. Quelle est donc la durabilité de ces mesures ?

En ce qui concerne la végétalisation, on sait aller assez loin dans la technique de végétalisation aujourd'hui, reste le problème de l'utilisation de matières fertilisantes qui peuvent engendrer une pollution de l'eau lors d'un mauvais dosage des engrais (non conforme aux normes).

Les connaissances ne sont pas assez appliquées, on constate souvent l'irréalisme des paysagistes et des maîtres d'ouvrage qui estiment généralement qu'ils n'ont pas besoin de spécialistes pour la simple végétalisation. Les pouvoirs publics ne limitent pas assez l'emploi de variétés productives ou esthétiques qui devraient être interdites dans des biotopes patrimoniaux.

On peut constater un changement de mentalité avec l'apparition de la Directive Habitat et la mise en place des études d'incidence. De plus, la pression des associations est un point positif car

elle fait que les maîtres d'ouvrages font plus attention car ils risquent des sanctions lourdes. Des pratiques inégales de construction sont directement liées aux pratiques, elles aussi inégales, d'évaluation [Bomstein et al., 2002]. Chaque situation est différente et dépend de la pression exercée sur le maître d'ouvrage, notamment par les associations d'environnement et les fédérations de chasse.

En exemple, nous pouvons prendre les réflexions menées par la FRAPNA au sujet du projet du Lyon-Turin. Le fret ferroviaire doit remplacer et non pas compléter les nouvelles infrastructures routières [Réponse de la FRAPNA Savoie à la consultation 2003 fret Lyon-Turin, 2003]. En effet, la rentabilité de ce mode de transport nécessite un trajet d'au moins 500 km. La FRAPNA estime que le traitement des déblais provenant du creusement des tunnels n'a pas fait l'objet d'une étude suffisamment approfondie de la part de RFF. Concernant les impacts sur la biodiversité, une demande d'études plus sérieuses et plus conformes à la réalité biologique a été émise.

Enfin, les bilans techniques et environnementaux après mise en service prévus dans les textes (bilan LOTI) sont rarement fournis ou sont rarement satisfaisants (Cf. Chapitre 1.II).

La perte directe d'habitat est assez simple à prévoir. En revanche, la fragmentation des habitats est un sujet plus complexe et son estimation engendre plus d'incertitude.

Fréquemment, l'analyse des caractéristiques de la biodiversité est limitée à la prise en compte de sites de conservation ou d'espèces protégées. La prédiction des changements de paramètres spatiaux est automatiquement convertie en marqueur d'impacts, mais leur signification réelle n'est pas discutée. Il n'y a pas de vraie évaluation des impacts de l'infrastructure ni d'évaluation de l'efficacité des mesures de réduction ou de compensation des impacts.

Synthèse

Les mesures de réduction ou compensatoires qui figurent dans le dossier d'étude d'impact ne sont pas toujours réalisées et il n'y a pas d'instance chargée de vérifier ce point.

Les mesures proposées sont souvent trop localisées au lieu de prendre en compte le fonctionnement de populations dans le paysage traversé par l'infrastructure. Il y a parfois trop de mesures « à la mode » sans réflexion plus poussée sur le cas particulier de l'infrastructure.

Le manque de gestion ultérieure et de suivi avec un protocole rigoureux amène à un défaut d'évaluation donc de retour d'expérience. Il n'a pas de suivi de l'efficacité des aménagements sur les populations à long terme.

Les recommandations liées à la prise en compte de Natura 2000 (inscription des mesures dans la DUP) peuvent faire progresser tous les aménagements même hors incidence sur un site Natura 2000.

CHAPITRE 4

Propositions

Suite à l'analyse de la bibliographie sur les impacts des infrastructures de transports terrestres sur l'environnement et aux entretiens avec les acteurs des transports et de la recherche, les pistes d'amélioration vont être présentées.

Le contexte du plan transport de la stratégie nationale pour la biodiversité

Le plan transport de la stratégie pour la biodiversité du Ministère de l'écologie et du développement durable engage l'état à limiter l'érosion de la biodiversité. Pour y arriver, il a listé un certain nombre d'actions devant permettre de réaliser cet enjeu :

- la sensibilisation et l'information : produire des outils pédagogiques pour la formation interne, des fiches de sensibilisation aux espèces et habitats les plus couramment rencontrés lors des projets, des guides techniques selon les modes de transports, ainsi qu'informer et communiquer sur les actions engagées pour préserver la biodiversité.
- le développement de partenariats et d'expertises : systématiser le recours à des spécialistes des sciences naturelles et de l'écologie du paysage à tous les stades de réalisation des infrastructures, rédiger un annuaire de spécialistes en écologie/biodiversité à destination des maîtres d'ouvrage, formaliser des conventions de gestion ou d'expertises.
- la connaissance de la biodiversité : contribuer aux actions du Ministère de l'écologie en termes d'amélioration de la connaissance de la biodiversité par la fourniture de données conjointes (inventaires et cartographie des espaces naturels).
- la préservation et la restauration d'habitats, la préservation et la non-perturbation d'espèces : éviter le plus possible les zones à forts enjeux dès les phases amont de conception des projets, mettre en place de façon systématique une politique de gestion des dépendances vertes, évaluer l'impact des pratiques actuelles sur la biodiversité et les adapter si nécessaire (en encourageant les démarches de type management environnemental, en modifiant les tâches d'entretien et d'exploitation pour une meilleure préservation des habitats et des espèces remarquables dans les zones les plus sensibles), intégrer des données relatives à la biodiversité remarquable dans la base des données de gestion des infrastructures, disposer d'un inventaire exhaustif des passages à faune et écoducs routiers et ferroviaires avec évaluation de leur efficacité et le cas échéant restauration des corridors écologiques.
- la recherche scientifique et l'observation : participer à des programmes de recherche sur l'impact des infrastructures de transport terrestres sur la biodiversité, développer la mise en œuvre de dispositifs de suivi-bilan des mesures appropriées de préservation et/ou de restauration des habitats, de préservation et/ou de non-perturbation des espèces, acquérir une meilleure connaissance des effets positifs et négatifs des infrastructures de transports terrestres sur la biodiversité, développer des techniques innovantes de gestion des milieux, fournir des protocoles pour réaliser des bilans des mesures de préservation et de restauration de milieux naturels.

Cette étude se place donc dans le cadre de ce plan et a pour objectif d'aider le MEDD à rédiger un appel d'offre de recherche afin de combler les lacunes identifiées. Nous présenterons le bilan selon trois aspects. Tout d'abord, nous identifierons les thèmes de recherche ou discipline à soutenir. Puis nous insisterons sur les nécessités d'amélioration des procédures et méthodes de prise en compte de l'environnement dans les projets.

Les besoins en recherche scientifique

L'état des connaissances réalisé dans le chapitre 1 a mis en évidence des besoins de recherche théoriques et appliquées afin de mieux connaître le fonctionnement de populations touchées par le développement des infrastructures.

Pour de nombreux taxons, il manque des connaissances tant en terme de répartition spatiale, comportement, démographie, mode d'utilisation de l'espace et du territoire qu'en terme d'impacts que les infrastructures peuvent avoir. Ainsi une meilleure connaissance de la répartition et des

comportement des chauves-souris permettrait de prévoir des mesures de réduction d'impact adaptées quand la présence de l'espèce l'exige (et pas seulement sur les grandes infrastructures mais aussi en ville ou sur de petites routes). Tous les invertébrés et la majorité des micro-mammifères sont très mal pris en compte, ils sont pourtant en bas de la chaîne alimentaire des carnivores et leur diminution peut avoir des impacts en cascade non négligeables. La faune et la flore du sol n'est jamais étudiée.

Ceci est lié avec le besoin souligné plus haut de constituer des bases de données naturalistes les plus exhaustives possibles afin d'avoir le maximum d'informations sur la présence d'espèces.

Le transfert des connaissances en écologie du paysage et en écologie des populations, disciplines qui sont au cœur de la problématique des impacts des infrastructures de transport, n'est pas suffisamment réalisé. Des guides comme celui du Sétra (2005) font ce transfert théorique, mais les connaissances locales sur les fonctionnements des paysages et sur la répartition des espèces manquent souvent. Les connaissances et modèles développés par des équipes de recherche ne peuvent pas être dupliqués et appliqués hors du site d'étude car elles ne sont pas assez généralisables. Elles nécessitent à chaque fois de disposer de données importantes sur les populations, les milieux... qui sont coûteuses à acquérir. Or comme peu de suivi des ouvrages réalisés sont faits, il n'y a pas acquisition de connaissances pour permettre une évaluation et un retour d'expérience. L'utilisation des techniques d'information scientifique et technique comme les méta-analyses de sources bibliographiques peuvent aider à généraliser des connaissances acquises localement.

La modélisation des fonctionnements dans des paysages spatialement explicites est à développer en utilisant des données de comportement sur des populations réelles. Les travaux qui existent sont, en effet souvent, soit dans des paysages virtuels simplifiés et/ou avec des espèces virtuelles. Avant de pouvoir mener ces modélisations, il est nécessaire d'acquérir des données importantes en terme de répartition spatiale des espèces, démographie, comportement. Ceci est nécessaire pour pouvoir paramétrer et valider les modèles. Il serait nécessaire de s'intéresser à un grand nombre d'espèces et pas uniquement aux cervidés qui sont plus faciles à observer. La modélisation de populations de rapaces nocturnes et en particulier de la chouette effraie est prioritaire vis les pertes occasionnées pour cette espèce par les collisions.

Les recherches à développer doivent concerner les thèmes suivants :

Acquérir une meilleure connaissance, préalable à tout projet, du fonctionnement d'un paysage en terme de flux d'espèces, de gènes, identifier et hiérarchiser les corridors biologiques à différentes échelles et pour un nombre plus large d'espèces que ce qui est connu actuellement. Il convient de ne pas se limiter aux « points noirs d'écrasement » mais d'avoir une approche plus exhaustive.

Evaluer la structure spatiale de chaque population et son évolution suite à un aménagement, évaluer les relations fonctionnelles entre les différents éléments du paysage en fonction de leur proximité mais aussi en fonction de la qualité des milieux qui les séparent [*Pain, 2001*], nécessité d'étudier les relations entre le degré de fragmentation des habitats et l'amplitude de la réponse de la biodiversité [*Fahrig, 2003*].

Améliorer les connaissances en terme de comportement des populations animales en situation naturelle mais aussi en situation perturbée par une fragmentation de l'espace : comment la perte de l'un ou l'autre milieu de vie est-elle compensée ? Avec quels impacts en terme de capacité de survie ou de succès de reproduction ? Existe-t-il des effets de seuil en-dessous desquels la population ne peut plus se maintenir ? Quel taux de mortalité et sur quels individus peuvent mettre en danger une espèce (par exemple dans le cas de reptiles ou d'amphibiens) ? Quelle interaction avec d'autres espèces en terme de compétition pour une ressource ou de prédation ? Pour maintenir une méta-population quel est le taux d'échange d'individus nécessaire ?

Mettre en place des protocoles de suivi à long terme afin de pouvoir avoir un retour d'expérience sur des mesures de réduction d'impact ou de compensation. Analyser aussi l'impact de la gestion des milieux créés tels les dépendances sur les populations, le taux de prédation et de mortalité induite des prédateurs, de contamination des chaînes alimentaires par les polluants issus du trafic. Ces suivis à long terme doivent faire l'objet de projets de recherche visant dans un premier temps à construire des protocoles de suivi et des indicateurs adaptés. Ils pourraient faire l'objet d'une

reconnaissance comme site de recherche à long terme (LTSER du réseau d'excellence AlterNet par exemple).

La meilleure connaissance du fonctionnement d'un paysage permet d'aborder l'impact d'un projet d'infrastructure très en amont quand des discussions constructives (win-win) peuvent encore avoir lieu. Les zones importantes pour conserver les connections dans un paysage peuvent ainsi faire l'objet d'un zonage de protection en utilisant l'outil qu'est le plan de développement durable des plans locaux d'urbanisme. Les corridors peuvent ainsi faire l'objet d'un classement en espace boisé classé, en éléments caractéristiques du paysage pour les éléments linéaires (arbres remarquables tels des têtards ou arbres à cavité, alignements d'arbre, réseaux de haies, canaux...) et en emplacements réservés ou en N.

Les impacts sur le milieu aquatique sont à mieux étudier en terme de modélisation des connections entre micro-habitats de fonds de cours d'eau permettant aux poissons d'assurer leur cycle de vie.

Les pollutions majeures de la route (éléments trace liés au trafic mais surtout sels de déneigement en région froide, doivent être mieux connus en terme de pollution ponctuelle mais surtout chronique et transférée par la chaîne alimentaire. Acquérir une connaissance plus précise des sels de déneigement et de leurs interactions, de l'efficacité des techniques, permettrait d'en avoir une utilisation plus rationnelle permettant d'en réduire les impacts négatifs [OCDE, 1993].

Nous avons souligné que les effets du bruit n'étaient pas du tout étudiés sur les animaux. Ce thème pourrait donc être abordé en particulier sur la réponse comportementale et physiologique (stress, perte de poids, taux de survie...) à l'exposition répétée au bruit, sur la perte d'audition éventuelle liée à l'exposition au bruit, sur les diminution de succès de reproduction liée à des abandons d'œufs ou de jeunes suite à un bruit, mesures des paramètres de population en présence et absence de perturbations, mesures des conséquences de l'adaptation au bruit [Bowles, 1995].

Les effets induits par le développement d'une infrastructure méritent d'être mieux étudiés en terme d'économie territoriale : développement connexe d'urbanisation et de zone artificialisée, changement de système agricole pour des exploitations.

Tout l'environnement de la route doit privilégier l'ingénierie écologique en premier lieu avant d'envisager une solution de génie civil : gestion des dépendances par fauche raisonnée, plantations pare-congère, optimiser le rôle de protection de la forêt dans les vallées de montagne pour protéger contre les chutes de bloc et les avalanches, requalification des cours d'eau en créant des corridors hydrauliques fonctionnels... Ceci doit se placer dans une réflexion globale de gestion du territoire et non être limité à la seule bande de 300 m autour de l'infrastructure.

Le choix des espèces plantées en bord de route doit être conçu comme un aménagement de l'accès aux passages à faune et limiter l'accès à la chaussée en organisant des plantations réciproquement appétantes et répulsives. Les buissons et arbres de haut jet doivent être utilisés comme écran permettant d'éviter les collisions de rapaces et de chauve-souris mais aussi d'insectes avec les camions.

Du point de vue paysage perçu par l'homme, vu de l'extérieur (par la population) et de l'intérieur (par les usagers) à différentes vitesses (en roulant, en arrêt sur les aires), une recherche sur la perception est à mener : physiologie du regard de l'utilisateur sur l'autoroute (suiveur de regard), points d'accroche, motifs... Le paysagiste devrait venir très en amont et de manière plus globale car actuellement, il s'agit souvent d'études par séquences.

Prendre en compte le plus en amont possible de l'environnement

La confrontation des connaissances scientifiques acquises (chapitre 1) et leur transfert et leur application concrète aux projets d'infrastructures de transport (chapitres 2 et 3) a mis en évidence des lacunes et besoins. La culture en écologie et en environnement des maîtres d'œuvre est encore faible. Toutefois, une amélioration de la prise en compte de l'environnement et du développement durable est notable en raison de l'accroissement de la vigilance et de la demande sociale.

Les principaux besoins et pistes de progrès peuvent se résumer en terme de globalité et de précocité de prise en compte de l'environnement.

Une grande partie des points précédents souligne la nécessité d'avoir une approche globale à l'échelle du territoire traversé et non simplement dans la bande des 300 m. De nombreux auteurs et acteurs soulignent en plus la nécessité d'avoir une réflexion très précoce incluant avant même que le projet technique ne soit lancé, une réflexion sur l'environnement. Dès les premières étapes de planification des groupes de travail réunissant ingénieurs de génie civil, écologues et naturalistes et décideurs et acteurs locaux doivent se constituer (exemple positif de l'autoroute de Maurienne).

Il faut élaborer des procédures et des méthodes pratiques à chaque étape de la mise en œuvre d'une infrastructure [Bickmore, 2003] :

- Planification : adopter dès le début du projet une approche visant à atténuer, éviter ou compenser les impacts, privilégier les options les moins néfastes, prendre en compte la diversité biologique et paysagère le plus tôt possible et élaborer une stratégie d'évitement des zones sensibles, se concentrer sur les paysages/habitats protégés, sans négliger néanmoins les aspects les plus communs du paysage au sens large.
- Conception : approche souple à l'égard des normes et critères techniques, prendre en compte le caractère et l'intérêt spécifique du paysage ou des habitats, étudier la pertinence des solutions types en relation avec le contexte local, possibilités de mise en valeur des effets positifs et minimisation des effets négatifs.
- Mise en œuvre et construction : porter une grande attention aux détails de la conception du point de vue des aspects visuels et écologiques, procédures permettant l'acquisition de terrains nécessaires à l'atténuation des incidences du projet, envisager les meilleurs moyens techniques disponibles, évaluer l'incidence de l'implantation des chantiers et aménagements associés, contrôler le respect des dispositions environnementales par un spécialiste, informer et associer les ouvriers le plus clairement possible et le public. Si l'ouvrier qui installe une buse comprend qu'il est nécessaire qu'elle soit exactement dans l'axe de déplacement d'une loutre et qu'on lui en fait observer une, la buse aura plus de chance d'être bien placée donc d'être efficace que s'il ne sait pas qu'un décalage d'un mètre par rapport à ce que le bureau d'étude a prévu est négatif.
- Gestion et entretien du site : prendre en compte les cycles naturels dans les plans d'entretien (ex : évolution à long terme de la végétation), adapter les exigences d'entretien aux pratiques locales, évaluer la gestion selon la mise en valeur du paysage et de la biodiversité, contrôle du fonctionnement, des résultats des mesures compensatoires.
- Suivre et évaluer l'efficacité des mesures de réduction ou de compensation d'impact : réfléchir à un protocole de suivi avec des scientifiques, associer des acteurs locaux, du personnel volontaire de l'aménageur et des scientifiques pour assurer un suivi de longue durée et pouvoir en tirer des informations et faire un retour d'expérience.

Concernant **l'amont des études d'impact** d'un projet d'infrastructure de transport, de nombreuses propositions ont émané des discussions.

Plus la réflexion est menée en amont sur l'ensemble d'un territoire, plus l'aménagement répondra aux besoins de ce territoire. Une approche de médiation réunissant les acteurs des territoires est nécessaire bien avant l'enquête publique car sinon la population est confrontée à la brutalité de la mutation du paysage induite par l'infrastructure sans avoir pu se l'approprier et s'y préparer. Ces débats devraient avoir lieu au sein d'une large concertation en amont d'un projet, sur les POS et PLU, par exemple par un questionnaire sur la place de l'environnement dans les négociations pour les PLU. En effet, la concertation doit se faire tout au long d'un projet pour être efficace et il est d'autant plus pertinent de donner son avis en amont de l'étude d'impact, lors de réunion où le dialogue peut plus facilement se faire. Au moment de l'Avant Projet Sommaire, une fois l'état des lieux effectué, on devrait entamer une discussion pour le choix du tracé, des variantes puis uniquement après ces discussions, commencer les études d'impacts.

Il conviendrait de soumettre des décisions à caractère d'orientation avant la décision de principe de réalisation de l'infrastructure : étude préalable, évaluation, concertation et débat public (impact sur l'environnement, coût...) avec la mise en place de scénarios alternatifs [Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2004]. Le souhait d'une mise en place pour chaque projet d'une équipe chargée des études préalables constituée de représentants des services de l'Équipement (CETE, DRE) et de l'Environnement (DIREN) est nécessaire. Il est indispensable que ces études préalables à l'insertion d'un projet aboutissent à un véritable document local de planification territoriale ainsi qu'à l'établissement, par les maîtres d'ouvrage, d'un cahier des charges permettant d'apprécier à leur juste

mesure l'incidence sur l'environnement des projets et d'un programme de chaque opération pour l'intégration territoriale.

Prenons l'exemple de l'aspect paysager. Les avantages apportés par une prise en compte, dès l'amont, du paysage sont qu'une approche paysagère permet d'avoir une vision globale du territoire et d'appréhender les retombées de l'infrastructure, les discussions avec les acteurs locaux sont facilitées car le paysage est un terrain de discussion commun à tous pour limiter les contentieux et on veillera également à limiter les acquisitions foncières et l'entretien des talus pour diminuer les emprises. Une analyse du territoire consiste non seulement à délimiter les entités paysagères, mais aussi à repérer les enjeux et à anticiper ses effets sur le développement économique et le cadre de vie des riverains. Comme le préconisent les textes, l'équipe de projet doit être pluridisciplinaire, regroupant techniciens de la route mais aussi architectes (ouvrages d'art) et paysagistes.

Le diagnostic paysager, couplé à une évaluation environnementale permet d'aboutir à une réflexion sur la planification territoriale et la stratégie de valorisation du paysage et du développement économique, des scénographies de découverte des paysages pour les usagers ainsi qu'une insertion de l'infrastructure pour les riverains.

Contenu et rédaction des études d'impact

Concernant **les études d'impacts**, de nombreux points à développer sont cités dans la bibliographie, tels que : l'élaboration d'un volet « environnement et développement durable » dans l'étude préliminaire, l'élargissement du champ des études d'impacts, la concertation inter-administrative pour l'instruction des études d'impact, le regroupement des enquêtes publiques, l'intégration du développement durable dans les politiques publiques (prise en compte des risques, de l'irréversibilité), introduire une notion de management environnemental, d'indicateurs de « route durable » et d'écolabels, développement des normes environnementales, de l'incidence vis-à-vis de Natura 2000, des remboursements, du recyclage et de la valorisation des déchets de la route, des analyses systémiques (effets cumulatifs, synergies), l'identification des informations utiles pour la prise en compte de l'environnement, l'amélioration des compétences des bureaux d'études techniques en génie écologique, prendre mieux en compte les aspects socio-économiques pour favoriser l'acceptabilité des projets par le public, mener une analyse de l'intérêt pour la biodiversité d'une emprise plus importante, l'expertise pour la définition d'une stratégie de protection des milieux naturels, la coordination avec les autres infrastructures, l'identification des risques, la gestion pérenne des emprises latérales par les agriculteurs, le développement des technologies embarquées pour mieux impliquer les usagers dans la lutte contre l'effet de serre.

L'étude d'impact évalue généralement les effets à partir d'un état initial, mais il a été suggéré qu'il serait peut-être plus pertinent de comparer la situation de « demain avec l'infrastructure » à celle de « demain sans l'infrastructure » plutôt qu'à celle « d'aujourd'hui sans l'infrastructure ».

L'état initial faune/flore devrait être effectué par des naturalistes compétents, réalisé sur un cycle annuel comprenant les 4 saisons, conduit en sollicitant les personnes ressources de la zone à étudier, présenté de façon pédagogique aux habitants de cette zone pendant les phases préliminaires de concertation.

Il manque une grille d'évaluation type pour une évaluation rationnelle et objective, reproductible et comparable d'une étude à l'autre. Une classification pourrait être utilisée, pour permettre aux lecteurs d'apprécier la gravité des impacts décrits et leur degré de finesse. En effet il se pose un questionnement sur la spécificité des espèces (est-ce qu'une plante ne pourra pas s'adapter ailleurs, sera en péril, si on en détruit quelques plants sur le tracé ?).

Il manque également un volet accessibilité car le résumé non technique n'est pas suffisant, il devrait expliquer plus de technique de manière vulgarisée. Il faudrait que le bureau d'étude répondant à l'appel d'offre rédige l'étude dans son ensemble, en résumant les études thématiques (sous-traitées à des bureaux d'études spécialisés).

Le rapport écrit doit être une synthèse facile à lire des observations les plus importantes, cartographie des milieux naturels remarquables et relations possibles entre les espaces par des corridors biologiques fonctionnels [*Conseil Général de l'Isère. Plaquette Plan Local d'Urbanisme*].

En vue de conforter leur impartialité et leur indépendance, l'auteur de l'étude d'incidences sur l'environnement devrait être une personne distincte du maître d'ouvrage. Il devrait être tenu de se conformer à un cahier des charges imposé par les autorités publiques [*De Saadeler et al., 2003*]. La décision du projet devrait être motivée. Le projet ne devrait pas être autorisé lorsque l'étude

d'incidences a fait apparaître qu'une alternative s'impose. Avant d'autoriser le projet, l'autorité devrait mettre en balance les intérêts économiques avec les intérêts écologiques.

En prenant comme exemple le point particulier et délicat du remembrement, on remarque qu'il serait souhaitable de transmettre systématiquement l'étude d'impact du projet d'infrastructure au maître d'œuvre du remembrement, assurer le « porter à connaissance » des engagements de l'Etat relatifs au projet d'infrastructures pour pouvoir en exiger le respect lors des remembrements [Lierdeman, 1998]. Enfin pour des recommandations plus générales, le renforcement de la formation des acteurs, l'amélioration des statuts et des moyens de personnes qualifiées pour la protection de la nature au sein de la CCAF ainsi que le renforcement de la consultation de la population et des concertations avec les acteurs concernés seraient des atouts pour une prise en compte active des remembrements dans les processus de mise en œuvre des projets d'infrastructures de transports.

La production des bilans après mise en service

Les orientations pour les **bilans LOTI** [PREDIT, 1999] proposent de : définir la position de chacun des acteurs en amont du processus de production des bilans, définir clairement pour chaque type d'infrastructure qui est le maître d'ouvrage des bilans, confier les études des bilans à un maître d'œuvre qui ne soit pas juge et partie et d'assurer en amont une « publicité » des appels d'offres auprès de prestataires potentiels, mettre en place un dispositif d'évaluation intégrant le maître d'ouvrage (mais indépendant de celui-ci) ayant des ressources financières propres et composé de représentants d'usagers et de personnalités reconnues. Il s'agit de passer d'une méthode visant l'exhaustivité et s'inscrivant d'avantage dans une logique descriptive, à une méthode plus analytique définissant une problématique de départ très ciblée et visant à développer quelques points saillants en lien avec l'infrastructure. Il convient enfin d'élargir le système de publicité des bilans avec un affichage dans les mairies, de préciser les délais de consultations de ces bilans par le public, d'élargir les lieux de consultations aux mairies concernées par l'infrastructure et non seulement aux préfetures, d'imposer des délais de réalisation des bilans et surtout de fixer un délai limite de diffusion [PREDIT, 1999].

Quelques propositions techniques

Actuellement la politique de **gestion des déchets routiers** se fait trop souvent encore à court terme et il semble qu'il y ait peu d'anticipation par rapport à la réglementation future²³. Les objectifs d'amélioration seraient donc la production d'un plan qualité et d'un manuel en matière de gestion et de traitement des déchets routiers [SETRA, 2000].

Les travaux de **remodelage géomorphologique**, après passage des chantiers, nécessitent une adaptation des entreprises à ce type de travaux relativement contradictoires avec la pratique normale des terrassements dans les travaux publics [SETRA, 1998]. L'intérêt d'intégrer ces travaux dans le cours normal du chantier routier donne la possibilité de tabler sur une reconstitution spontanée et rapide des peuplements biologiques. Ceci soulève ainsi la nécessité de bien faire comprendre à tous les acteurs du chantier l'intérêt de la phase de réhabilitation.

Des mesures de **prévention des incendies** de forêt peuvent être mises en œuvre [Ministère de l'Équipement, des transports, de l'aménagement, du territoire, du tourisme et de la mer. A 57], notamment un dispositif « anti-mégots » mais aussi un débroussaillage des bordures d'infrastructure et la réalisation de points d'eau et de pistes, car ils sont souvent peu pris en compte alors que les routes et autoroutes constituent une part importante des départs d'incendie.

Concernant les effets de **la lumière**, il faut adapter les éclairages nocturnes, réduire les zones éclairées, adapter le rythme de l'éclairage aux besoins du trafic ou modifier les systèmes d'éclairages [Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement/Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 1998. Ravel et al.]. Des corridors ou zones d'ombre peuvent être envisagés dans les sites d'enjeu patrimonial ou écologique particulier.

La réduction de **la pollution**, notamment engendrée par les sels de déneigement, peut être relativement bien envisagée. Il convient d'optimiser leur épandage par une réduction des taux d'épandage, effectuer des suivis afin de vérifier l'efficacité des opérations d'épandage et de déneigement, favoriser un déneigement rapide après une chute de neige (réduction considérable des niveaux de contamination), éviter de décaper les bordures des terrains, des trottoirs et des chaussées

²³ certaines pratiques semblent même non conformes à la réglementation en vigueur.

par la machinerie (augmentation des matières en suspension dans les neiges usées), évaluer la qualité des eaux de ruissellement urbain estival par rapport à la quantité des neiges usées peu contaminées en milieu résidentiel [Delisle, 1995].

La composition des bordures nécessite l'**utilisation d'espèces végétales** qui sont actuellement sélectionnées sur une base productive ou esthétique : il faudrait instaurer des tests in situ sur une palette de variétés pour différents objectifs de végétalisation (autre que pour une question de disponibilité ou de coût), par exemple le trèfle blanc méditerranéen que l'on plante en milieu de haute montagne.

Un exemple d'une batterie de propositions adaptées à l'impact d'une infrastructure sur **les chauves-souris**.

Leur trajet le long d'un bord boisé peut être maintenu en réalisant ou en conservant une végétation haute proche de la route. Les bords de route, au niveau de la traversée des chauves-souris, devraient être protégés par bosquets denses pour les obliger à passer au-dessus (env. 6 m) [Bats and road construction] ou encore par le placement d'un écran d'arbres ou de treillis métalliques de 4 à 5 m de hauteur et en éclairant la route à l'endroit du passage. La végétation parallèle à la route aide à diminuer les effets perturbateurs des éclairages de véhicules. Lorsqu'un pont est assez large, ses coins sombres, protégés du trafic et des lumières, permettent un passage. Une partie du tunnel peut être protégée du trafic et de la lumière. L'éclairage intense des ponts peut empêcher les chauves-souris de suivre l'eau sous la route et suivre le pont pour traverser la route. Pour compenser la perte des perchoirs, il est préférable de créer des cavités dans les arbres à proximité des anciens perchoirs.

Pour les espèces ne chassant pas uniquement par écho-radars mais aussi par les sons de leur proie, le bruit du trafic peut perturber les zones de gagnage.

Si les zones de gagnage sont connues, leur destruction peut être évitée au maximum, les garder le plus sombre possible. Le long de routes fréquentées, le risque de collisions peut être évité en gardant l'environnement direct de la route ouvert et en installant des écrans.

Nous finirons par la présentation d'un **exemple ferroviaire** (la LGV Est) dont on peut tirer de nombreuses solutions pour les impacts courants.

Le tracé proposé concilie les contraintes techniques propres à une LGV et les exigences environnementales : s'éloigner le plus possible des zones habitées, éviter les milieux naturels sensibles, respecter le patrimoine culturel, s'intégrer aux paysages [RFF. LGV Est].

Il met en place une politique environnementale fondée sur l'implication de l'ensemble des acteurs du chantier. La démarche de l'environnement intégré permet de concilier qualité globale de l'ouvrage et respect des particularités locales.

Les règles fondamentales à respecter sont :

- protéger les cours d'eau : transparence de la ligne vis-à-vis des écoulements, protection de la qualité des eaux, protection des captages d'eau potables, préservation des milieux aquatiques, ouvrages hydrauliques (bassins de rétention ou d'écrêtement des eaux, ouvrages hydrauliques).
- lutter contre le bruit : merlons, écrans acoustiques
- assurer la conservation de la biodiversité : inventaires précis de la faune vivante à proximité du tracé, rétablir les cheminements des animaux (passages à faune), recréer des habitats adaptés (mares...), zones sensibles à protéger,
- insérer la ligne dans le paysage : intégration visuelle, mise en scène de la perception de paysages identifiables pour les passagers, élaboration d'un schéma directeur paysager par des paysagistes indépendants.
- gérer les déchets
- Précaution environnementale en phase de travaux : état de propreté permanent, fossé de recueil des eaux de ruissellement et bassins de décantations provisoires, éviter les poussières (arroser les pistes), merlons provisoires, maintien des circulations agricoles, déchets triés, collectés, éliminés.

CONCLUSION

Dans les 5 dernières années, la prise en compte de l'environnement dans les projets d'infrastructures et d'aménagement nécessitant des études d'impact a fait un sérieux bon en avant avec la production de plusieurs guides techniques de qualité qui vulgarisent des notions fondamentales d'écologie.

Cependant, malgré ces avancées, l'existence d'outils méthodologiques fiables telles que sont définies les études d'impact et la réalisation de mesures compensatoires, les infrastructures ont des impacts non négligeables sur les milieux naturels et la biodiversité [SAPRR, 2005]. Cet impact est lié à une banalisation des potentiels faunistiques et floristiques et à la diminution des effectifs de certaines espèces tandis que d'autres se développent (plantes invasives, espèces banales). Pour atteindre les objectifs de la stratégie nationale sur la biodiversité, des progrès sont à accomplir.

En terme de recherche scientifique, il faut nécessairement passer des taxons les plus faciles à étudier à des taxons ayant moins d'enjeu pour la sécurité routière ou la chasse, mais un vrai rôle au sein des communautés animales. Associer l'écologie du paysage et l'écologie des populations dans des démarches de collectes de données permettant in-fine des modélisations de fonctionnement de paysages traversés par une infrastructure est une priorité. Cette collecte de données doit être initiée par la réflexion sur des sites de recherche à long terme (type LTSER) permettant d'acquérir des jeux de données permettant le paramétrage et la validation de modèles mais aussi d'évaluer la pertinence des mesures de réduction d'impact tels les passages à faune ou les restaurations de corridors. Nous manquons actuellement de protocoles et d'outils de mesure ils doivent être construits en concertation entre maître d'œuvre, services de l'état et associations naturalistes ou acteurs locaux impliqués.

La prise en charge de l'environnement doit être globale, à l'échelle du paysage et non de la bande des 300 m, elle doit être très précoce afin que toutes les alternatives soient encore discutables. L'infrastructure doit être analysée comme un enjeu territorial fort tant du point de vue écologique que socio-économique. Tous les acteurs doivent être associés le plus tôt possible.

BIBLIOGRAPHIE THEMATIQUE

Légende: Figurent dans cette bibliographie :

en noir, les références possédées et analysées,

en gris, les références citées dans la bibliographie d'une référence consultée qui nous paraissent intéressantes mais non lues.

• Généralités sur les impacts sur l'environnement et les écosystèmes

- Bickmore, C. 2003. *Code de pratiques sur la prise en compte de la diversité biologique et paysagère dans les infrastructures de transport*. Comité pour les activités du Conseil de l'Europe en matière de diversité biologique et paysagère. Sauvegarde de la nature n°131. Editions du Conseil de l'Europe. 73 p.
- Bomstein, D., Bazire, Y-P., 2002. Route : le tournant du développement durable. Dossier. *Environnement magazine* **1613**, p. 53-61.
- Bonnafous A., 1999. *Les transports et l'environnement : vers un nouvel équilibre*. Conseil national des transports.
- Burdeau, M., 2003. *Les grandes infrastructures linéaires et leur insertion dans les écosystèmes sensibles. Quand une petite bête (le Pique Prune) vient jouer les trouble-fête*. Inspection générale de l'environnement. TEC n°175. p. 3-8.
- Catin, M., Ghio, S., Van Huffel, C., 2001. *Infrastructures de transport et intégration européenne : efficacité économique versus équité régionale*. La science régionale au tournant du siècle. Colloque de l'ASRDLF, Bordeaux, 3-5 septembre 2001. 25 p.
- Colletis-Wahl, K., Meunier, C., 2001. *Infrastructures de transport et développement économique en espace rural*. La science régionale au tournant du siècle. Colloque de l'ASRDLF, Bordeaux, 3-5 septembre 2001. 20 p.
- Conseil Général de l'Isère. Nd. *Comment prendre en compte l'environnement dans l'élaboration du Plan Local d'Urbanisme*. Plaquette. Service environnement. 31 p.
- Conseil Général de Savoie, 2005. *Quels transports durables pour franchir les Alpes en 2020 ?* Actes du colloque du 13 octobre 2005, Chambéry. 46 p.
- Débat public, 2003. *Projet de liaison ferroviaire dédiée entre Paris et l'aéroport Roissy CDG*. Dossier du maître d'ouvrage. Médiacité. 79 p.
- Decoupigny F., 2005. *Impacts potentiels de la métropolisation des espaces naturels sur un réseau de villes*. Colloque de l'ASRDLF, Dijon 5, 6 et 7 septembre 2005. 21 p.
- De Saadeler, N., Fauconnier, J-M., Kurstjens, G., Berthoud, G., Cooper, R.J., 2003. Etudes relatives au transport et à la diversité biologique et paysagère. Comité pour les activités du Conseil de l'Europe en matière de diversité biologique et paysagère. *Sauvegarde de la nature* **132**, Editions du Conseil de l'Europe. 134 p.
- Direction des routes, Direction de l'architecture et de l'urbanisme. Nd. *Aménagement des territoires et autoroutes : une nouvelle ère commence*. Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme. p. 13-15.
- Direction des routes, 2004. *La nature et la route*. Ministère de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer. 29 p.
- Dossier de consultation, 2005. *Aérodrome de Bâle-Mulhouse : motivations et impacts du projet ILS 34*. Direction générale de l'Aviation civile. Médiacité. 62 p.
- Dron D., Cohen de Lara M., 1994. *Pour une politique soutenable des transports*. Rapport au ministre de l'environnement. La documentation française. 327 p

- European State of the Art report, 2000. COST 341: *Habitat fragmentation due to transportation infrastructure*. European Commission Directorate General Transport. 147 p.
- Loos, B., 2001. *Analyse de la valeur : un outil au service de la prise en compte de l'environnement dans le cadre des projets d'infrastructures ?* Communication au colloque du Club des Concepteurs Routiers le 6 décembre 2001.
- Lugnier, J.-P., 2000. *Les modifications dans les structures des espaces : une nouvelle donne dans l'analyse de transport voyageurs*. Développement régional, économie du savoir, nouvelles technologies de l'information et de la communication. Colloque de l'ASRDLF, Crans-Montana, 6-9 septembre 2000. 29 p.
- Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2004. Rapport de l'inspection générale de l'environnement. *Les infrastructures linéaires et le développement durable*. Note délibérée par les membres du 2^{ème} Collège « Espace naturels et cadre de vie ». 26 p.
- Ministère des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer, 2005. *Stratégie nationale pour la biodiversité. Plan d'action infrastructures de transports terrestres*. Gestion des milieux et biodiversité.
- OCDE, 1993. Recherches centrées sur l'environnement: Recommander une politique associant environnement et transport. In : *Perspectives de la recherche en matière de routes et de transports routiers*. p. 47-54.
- Petitjean, N., 2000. *Grands travaux d'infrastructures routières et dynamique économique régionale*. Développement régional, économie du savoir, nouvelles technologies de l'information et de la communication. Colloque de l'ASRDLF, Crans-Montana, 6-9 septembre 2000. 30 p.
- Peyron, A., 2005. *Contournements routiers d'agglomération et périurbanisation : les enjeux environnementaux*. Rapport de stage. Université Paris 7. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, ENTPE. 140 p.
- Turner, M.G., 2005. Landscape ecology: what is the state of the science? *Annu.Rev.Ecol.Evol.Syst.* **36**, p. 319-344.
- Union Internationale des chemins de fer (UIC) / Communauté Européenne du Rail (CER), 2004. *Railways and the environment*. Building on the railways' environmental strengths. 23 p.
- Van Bohemen, H.D., 2002. Infrastructure, ecology and art. *Landscape and urban planning* **59**, p.187-201
- Van Bohemen, H.D., 2004. *Ecological engineering and civil engineering works. A practical set of ecological engineering principles for road infrastructure and coastal management*. Thèse, Delft, the Netherlands. 369 p.
- Vanpeene-Bruhier, S., 2004. *Méthodes et indicateurs de suivi de la diversité biologique utilisés ou produits sur les différents milieux étudiés dans la convention (opérations Vanoise, Vercors, Chartreuse, Cévennes)*. Rapport de synthèse (convention des territoires 2000-2003). Convention Ministère de l'écologie et du développement durable/Cemagref. 29 p.
- Zuber P., 1997. The Alp transit scheme: new railway lines in base tunnels under the Swiss Alps. *Tunnelling and underground space technology* **12**, n°3. p. 357-360.
- Berthoud G., 1996. *La définition du réseau écologique régional en réponse au développement des infrastructures linéaires*. Acte du premier colloque international des spécialistes francophones en évaluation d'impacts. Coll. Environnement de l'université de Montréal. N°8 (hors-série). p. 117-125.
- Berthoud G., 1996. *L'intérêt d'une approche globale et continue des écosystèmes dans l'évaluation écologique des projets d'infrastructures linéaires*. Les méthodes d'évaluation des impacts sur les milieux. Journée technique AFIE, Bordeaux le 22 novembre 1996. p. 29-36.
- CEMT, 1989. *Environnement et infrastructures de transport : rapport de la soixante-dix-neuvième* Table ronde d'économie des transports tenue à Paris les 8 et 9 décembre 1988 / Conférence européenne des ministres des transports, Centre de recherches économiques. 161 p.
- Dokumentation Strasse, 1998. *The importance of transport impacts on land use strategic planning*. N°4. 5 p.

- Forman R.T.T., 1998. Road ecology: a solution for the giant embracing us. *Landscape ecology* **13**, iii-v.
- Forman R.T.T., Collinge S.K., 1996. The "spatial solution" to conserving biodiversity in landscapes and regions. R.M. De Graaf, Miller R.I., editors. *Conservation of faunal diversity in forested landscapes*. Chapman & Hall London. p. 537-563.
- INRETS, 1991. Transport et environnement. *Recherche – transport – sécurité revue trimestrielle* **32**.
- INRETS, 1993. *Impact des transports terrestres sur l'environnement*. Synthèse Inrets n°23.
- Kavtaradze, D., Nikolaeva, L., Porshneva, Y., Florova, N., 1999. *Automobile roads in ecological systems (problems of interaction)*. CheRo.
- Lamure C., Lambert J., 1993. *Impact des transports terrestres sur l'environnement : méthodes d'évaluation et coûts sociaux*. Fiche résultat synthèse INRETS, no 23.
- Lienard S., 1995. *Prise en compte des milieux naturels dans le positionnement d'une infrastructure linéaire : intérêt de l'écologie du paysage*. Mémoire de fin d'étude. Institut National Agronome Paris-Grignon, Setra, Laboratoire d'évolution des sous-sols naturels et modifiés. 69 p.
- OFEFP, 1996. Le nouvel inventaire écologique compare l'impact global des systèmes de transport. *Environnement bulletin de l'OFEFP* **4**, p. 11-15.
- Raevel, P., Lamiot, F., 1998. *Incidences de l'éclairage artificiel des infrastructures routières sur les milieux naturels*. Troisièmes rencontres « routes et faune sauvage », Strasbourg, 3 septembre au 2 octobre 1998. 8 p.
- Riitters K.H., Wickham J.D., 2003. How far to the nearest road?, *Frontiers in Ecology and the Environment* **1** p. 125–129.
- SETRA, 2004. *La nature et la route*. Fascicule Direction des routes / REN. 30 p.
- SETRA, CERTU, 1997. *Les études d'environnement dans les projets routiers*. Guide méthodologique. 306 p.
- SETRA, 1994. *Routes et environnement : guide pratique*. Rapport TWU 13.
- Spellerberg I.F., 2002. *Ecological Effects of Roads Land Reconstruction and Management vol. 2*, Science Publishers, Enfield, NH (2002).
- Spellerberg, I.F., Morrison, T., 1998. *The ecological effects of new roads: a literature review*. New Zealand department of conservation, Wellington, New Zealand.
- Spelleberg I.F., 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters* **7**, p. 317-333.
- Verstrael Th., van den Hengel, M.C., Keizer, P.-J., van Schaik, T., de Vries, H., van den Berg, S., 1999. *Ecological values of roadsides*, brochure Ministry of Transport/RWS/DWW, Delft.
- Waechter, A., 1976. La route, impact du réseau routier sur les êtres vivants et leurs environnements. *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse « La forêt en Alsace »* **4**, p. 167-175.

- **Réglementaire**

- Circulaire DNP/SDEN n° 2004-1 du 5 octobre 2004. Evaluation des incidences des programmes et projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements susceptibles d'affecter de façon notable les sites Natura 2000 (à l'attention des Préfets). Ministère de l'écologie et du développement durable ; Ministère de l'équipement, des transports, de l'aménagement du territoire, du tourisme et de la mer ; Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales. 27 p.
- Loi n°82-1153 du 30 décembre 1982 d'orientation des transports intérieurs (LOTI). Chap. III : Des infrastructures, équipements, matériels et technologies, Art.14.

Protocole d'application de la convention alpine de 1991 dans le domaine des transports, 2000. 17p.

PREDIT – Programme Mobilisateur Evaluation Décision, 1999. Les bilans de l'article 14 de la LOTI : les raisons d'une mise en œuvre discrète. CERIEP, LET, ISIS. 7 p.

- **Autoroute / environnement**

Anonyme, 1988. Autoroutes : la France sur quatre voies. *Aménagement et montagne* **69**, p. 56-59.

Dumont, A. G., 2004. Environnement et infrastructures de transport, cours d'environnement et de génie civil à l'EPFL, aero-gc.epfl.ch/enseigne/Environnement%20et%20infrastructures2004.ppt

Evink, G., 2002. *Interaction between roadways and wildlife ecology: a synthesis of highway practice*. National Cooperative Highway Research Program, Synthesis 305. Transportation Research Board, Washington, DC.

Lebrun P., 1975. *Quelques aspects de l'implantation autoroutière sur l'écologie des populations animales*. Autoroutes et Environnement, Actes de colloque de Louvain-la-Neuve.

AREA, 2004. La vie de l'autoroute. *Magazine des autoroutes Rhône-Alpes* **98**, p. 14-15.

Andrieux P., 1994. *Faune et autoroutes : cas de l'autoroute A16*. DIREN Picardie, rapport de stage BTS Gestion et protection de la nature. 42 p.

Anonyme. 2004. *Autoroutes et aménagements : interactions avec l'environnement*. Collection Gérer l'environnement n°20, Presses polytechniques et universitaires romandes. 328 p.

ASFA (Association des sociétés françaises d'autoroutes), 1997. *Environnement et autoroutes*.

ASFA (Association des sociétés françaises d'autoroutes), 1998. *Potentialités de rétablissement de la perméabilité des infrastructures autoroutières à la faune*. Rapport d'étude. 53 p.

Atkinson, R.B., Cairns, J., 1992. Ecological risks of highways. In: Cairns, J., Niederlehner, B.R., Orvos, D.R. (Eds.), *Advances in Modern Environmental Toxicology*, vol. XX, Predicting Ecosystem Risk. Princeton Scientific Publishing Co. Inc., Princeton, NJ, p. 237–262.

Autoroutes du Sud de la France, juillet 1998. *Nature, paysage et autoroute. La vie cachée des dépendances vertes*. Guide technique. 43 p.

Baudry J., Roulleau J.N., 1996. *Contribution à la définition d'une méthodologie d'approche des milieux naturels dans la réalisation des avant-projets autoroutiers*. Premier colloque international des spécialistes francophones en évaluation d'impacts. Association Québécoise pour l'Evaluation d'Impacts, Estoril.

CETE Ouest et Méditerranée, 1996. *Autoroute et paysage. Une démarche de projet global*. Rapport d'études. 95 p.

CETE Méditerranée, 1993. *Etude d'environnement d'une autoroute en région montagneuse*. Ministère de l'équipement, des transports et du tourisme, Direction des routes.

CTGREF, 1971. *Le problème du franchissement des autoroutes et routes à grande circulation par les grands animaux gibiers*. Cahiers d'informations techniques du CTGREF n°10.

Dumas, J.L., 1994. *Autoroute et incendie de végétation. Journées techniques de la route : route, innovation, environnement*. Direction des routes, Ministère de l'équipement, Association technique de la route, ASFA, FNTP.

Ladret, D., 1974. *Autoroute et paysage - paysage environnement*. La documentation française. 100 p.

Leyrit, C., Lassus, B., 1994. *Autoroute et paysage*. Editions du Demi-Cercle.

Meunier, F., Gauriat, C., Verheyden, C., Jouventin, P., 1998. Végétation des dépendances vertes autoroutières : influence d'un mode de gestion extensif et du milieu traversé. *Revue d'Ecologie (Terre & Vie)* **53 (2)**, p. 97-121.

Pain G., 1996. *Contribution à la définition d'une méthodologie d'approche des milieux naturels dans la réalisation des avants-projets autoroutiers*. Mémoire de fin d'étude. INRA-SAD / SCETAUROUTE / CNRS. 83 p.

Sullivan, J.B., Montgomery P.A., 1972. *Surveying highway impact*. Environnement, 14, p. 12-20.

Thiebault, Baillif, Perucca. *Clôtures pour autoroutes*. Ministère de l'Équipement, Service spécial des Autoroutes.

- **Train / environnement**

Impact des voies ferroviaires sur la faune sauvage. 2002. *Revue d'information suisse de la biologie de la faune* 5.

Direction de travaux CFF, section environnement Berne, 1994. *Aménagement des espaces verts dans les installations ferroviaires*. Manuel pour l'élaboration de projets. 375 p.

ECONAT, 1992. *Protection de la faune dans les projets de nouveaux tracés ferroviaires*. Extrait d'un projet de texte rédigé pour les CCF : Grünflächen bei Bahnanlagen Handbuch für die Projektierung.

- **Impacts**

Collinge S.K., 1996. Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. *Landscape and Urban Planning* 36, p. 59-77.

Fahrig, L., 1998. When does fragmentation of breeding habitat affect population survival? *Ecol. Model.* 105, p. 273-292.

Fahrig, L., 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu.Rev.Ecol.Evol.Syst.* 34, p. 487-515.

Forman, R.T.T., Alexander, L.E., 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29, p. 207-231.

Geneletti D., 2004. Using spatial indicators and value functions to assess ecosystem fragmentation caused by linear infrastructures. *International journal of applied earth observation and geoinformation* 5, p. 1-15.

Hermans, T., 2005. Ligne à grande vitesse dans le Var : impacts inacceptables pour le milieu. *Le courrier de la nature* 222, p. 24-31.

Jackson, S.C., 2000. Overview of transportation impacts on wildlife movement and populations. In: Messmer, T.A., West, B. (eds.). *Wildlife and highways: seeking solutions to an ecological and socio-economic dilemma*. The wildlife society. p. 7-20.

Lonsdale, W.M., Lane, A.M., 1994. Tourist vehicles as vectors of weed seeds in Kakadu National Park, northern Australia, *Biol. Conserv.* 69, p. 277-283.

Mader, H.-J., 1984. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields, *Biol. Conserv.* 29, p. 81-96.

Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement/Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 1998. Routes et faune sauvage. Actes des 3^{ème} rencontres du 30 sept. au 2 oct. 1998 à Strasbourg. 460 p.

OFEFP, 2005. *Recommandations pour la prévention des émissions lumineuses. Ampleur, causes et conséquences sur l'environnement*. L'environnement pratique. 38 p.

Pain G., 2001. *Effets de la fragmentation des milieux sur la structure spatiale et la dynamique des populations animales. Contribution de l'analyse écologique du paysage au développement des modèles d'évaluation environnementale*. Thèse. INRA SAD, ENSA Rennes. 222 p.

Serrano M., Sanz L., Puig J., Pons J., 2002. Landscape fragmentation caused by the transport network in Navarra (Spain). Two-scale analysis and landscape integration assessment. *Landscape and urban planning* 58, p.113-123.

- SETRA, 1985. *Routes et faune sauvage*. Direction des routes, Direction de la protection de la nature. 24 p.
- Van Bohemen, H.D., 1998. Habitat fragmentation, infrastructure and ecological engineering. *Ecol. Eng.* **11**, p. 199–207.
- With, K.A., 2002. The landscape ecology of invasive spread. *Conserv. Biol.* **16**, p. 1192-1203.
- Diamondback, 1990. Ecological effects of roads (or, the road to destruction). In: Davis, J. (eds). *Killing road: a citizen's primer on the effects and removal of roads*. Biodiversity special publication. Earth first, Tucson, Arizona. p. 1-5.
- Sherwood B., Cutler D., Burton J. (eds), 2002. *Wildlife and Roads: The Ecological Impact*, Imperial College Press, London, UK .
- Underhill J.E. and Angold P.G., 2000. Effects of roads on wildlife in an intensively modified landscape, *Environ. Rev.* **8**, p. 21-39.
- Waechter, A., Schirmer, R., 1987. Mortalité animale et effets de coupure (différents types de mortalité, insularisation de la faune, stratégies adaptatives). In *Observatoire écologique de la Basse Vallée de la Doller*. Actes du colloque. Ministère de l'équipement, du logement, des transports et de la mer, Metz. p. 100-116.

- **Pollution**

- Blok J., 2005. Environmental exposure of road borders to zinc. *Science of the total Environment* **348**, p. 173-190.
- Cellier P., 2005. *Synthèse sur l'impact de la pollution atmosphérique due aux transports terrestres sur les écosystèmes*. Programme PREDIT gp07. INRA, ADEME. 96 p.
- Dale J.M., Freedman B., 1982. Lead and zinc contamination of roadside soil and vegetation in Halifax, Nova Scotia. *Proc Trans Nova Scotian Inst Nat Sci* **32**, p. 27-36.
- Delisle, C.E., 1995. La gestion des neiges usées. *Routes et transports* **24 (4)**, p. 20-27.
- Ecke H., Aberg A., 2005. Quantification of the effects of environmental leaching factors on emissions from bottom ash in road construction. Article in press. *Science of the total Environment*. 8 p.
- Etchelecou A., Deletraz G., Elichegaray C., 2001. *Programme Ecosystèmes, Transports, Pollutions 1998-2001*, Rapport de synthèse ADEME-Université de Pau, 77 p.
- Falahi-Ardakani A., 1984. Contamination of environment with heavy metals emitted from automobiles. *Ecotox. Environ. Safety* **8**, p. 152-161.
- Forteza, R., Far, M., Segui, C., Cerda, V., 2004. Characterization of bottom ash in municipal solid waste incinerators for its use in road base, *Waste Management* **24**, p. 899-909.
- Garcia R., Millan E., 1998. Assessment of Cd, Pb and Zn contamination in roadside soils and grasses from Gipuzkoa (Spain). *Chemosphere* **37(8)**, p.15-25.
- Garrec, J.-P., Van Haluwyn, C., 2002. Mode d'entrée, d'accumulation et effets des polluants atmosphériques chez les végétaux, in *Biosurveillance végétale de la qualité de l'air*, TEC&DOC, Lavoisier: Paris. p. 1-8.
- Godwin, K.S., Hafner, S.D., Buff, M.F., 2003. Long-term trends in sodium and chloride in the Mohawk River, New York: The effect of fifty years of road-salt application. *Environmental Pollution* **124**, p. 273-281.
- McCahon C.P., Pascoe D., 1990. Episodic pollution: causes, toxicological effects and ecological significance. *Funct. Ecol.* **4**. p. 375-383.
- SETRA, 2005. *Roadside soil and plant pollution. Metal trace elements (ETM)*. Note d'information n°73. Ministère de l'équipement et des transports. 12 p.
- Spencer, H.J., 1988. Effects of roadside conditions on plants and insects. I. Atmospheric conditions. *Journal of Applied Ecology* **25**, p. 699-707.

- Tamm, C.O., Troedsson T., 1955. An example of the amounts of plant nutrients supplied to the ground in road dust. *Oikos* **6** p. 61-70.
- Triffault-Bouchet, G., Clément, B., Blake, G., 2005. Ecotoxicological assessment of pollutant flux released from bottom ash reused in road construction. *Aquatic ecosystem health and management* **8** (4), p. 1-10.
- Åberg, A., Kumpiene J., Ecke, H., 2005. Evaluation and prediction of emissions from a road built with bottom ash from municipal solid waste incineration (MSWI), *Sci Total Environ*.
- Agrawal, Y.K., Patel, M.P., Merth, S.S., 1981. Lead in soils and plants: its relationship to traffic volume and proximity to highways (Lalbag, Baroda city). *Int.J.Enviro.Stud* **16** (3/4), p. 222-224.
- Amrhein, C., Strong, J.E., Mosher, P.A., 1992. Effects of de-icing salts on metal and organic matter mobilization in roadside soils. *Environ.Sci.Technol.* **26**, p. 703-709.
- Anderson B., Simons, D.B., 1983. Soil erosion study of exposed highway construction slopes and roadways. *Transp.Res.Rec.* **948**, p. 40-47.
- Araratyan, L.A., Zakharyan, S.A., 1988. On the contamination of snow along main highways. *Biologicheskii Zhurnal Armenii* **41**, p. 514-519.
- Barrett M.E., Zuber R.D., Collins E.R., Malina J.F., 1995. *A review and evaluation of literature pertaining to the quantity and control pollution from highway run-off and construction*. Centre for Research in Water Resources Online Report 95-5.
- Berbee R., Rijs G., De Brouwer R., Van Velzen L., 1999. Characterization and treatment of run-off from highways in the Netherlands paved with impervious and pervious asphalt. *Water Environ Res.* **71**(2) p.183-189.
- Blic, Zopa, 2001. *Releases of zinc to the environment form the wearing of tyres*. Industry comments on RAR draft of February 2001. Lettre of April 27 2001.
- Bobbink, R., 1998. Impacts of tropospheric ozone and carbon nitrogenous pollutants on natural and semi-natural ecosystems: a commentary. *New Phytol.* **139**, p. 161-168.
- Boisson J.C., 1998. Impacts des eaux de ruissellement de chaussées sur les eaux continentales : état des connaissances. *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées* **214**, p. 81-89.
- Buwal, 1992. La pollution des sols par les trafics routiers et ferroviaires en Suisse. *Schriftenreihe Umwelt* **185**.
- Byrd, D.S., Gilmore, J.T., Lea, R.H., 1983. Effect of decreased use of lead in gasoline on the soil of a highway. *Environmental science and technology*, **17**, p. 121-123.
- Calabrese, E.J., Tuthill, R.W., 1980. The influence of elevated levels of sodium in drinking water on elementary and high school students in Massachusetts. *Journal of environmental pathology and toxicology* **4**, p. 115-165.
- Charbonnier, P., 1997. *Pollution des sols aux abords des infrastructures routières*. BRGM.
- Chimiel, K.M., Harrison, R.M., 1981. Lead content of small mammals at a roadside site in relation to the pathways of exposure. *Sci.Total Environ.* **17**, p. 145-154.
- Chow, T.J., 1970. Lead accumulation in roadside soil and grass. *Nature* **225**, p. 295-296.
- Clark, D.R., 1979. Lead concentrations: bats vs terrestrial small mammals collected near a major highway. *Environ.Sci.Technol* **13**, p. 338-340.
- Contat, F., Shariat Madari, H., Stadelmann, F.X., 1991. Déposition et accumulation de plomb le long de quatre secteurs autoroutiers de 1978 à 1988. Evolution en fonction des années, des saisons et de la météorologie. *Recherche agronomique en Suisse* **30**, p. 29-43.
- Davies, B.E., Holmes, P.L., 1972. Lead contamination of roadside soil and grass in Birmingham, England, in relation to naturally occurring levels. *J.Agric.Sci., Camb.* **79**, p. 479-484.
- Davison, A.W., 1971. The effect of de-icing salt on roadside verges. I. Soil and plant analysis. *Journal of applied ecology* **8**, p. 555-561.

- Farmer, A.M., 1993. The effects of dust on vegetation – a review. *Environmental pollution* **79**, p. 63-75.
- Fennessey, T.W., 1989. Guidelines for handling acid-producing materials on low volume roads. *Transp. Res. rec.* **1291**, p. 186-189.
- Fosse, D., Duhamel, F., Mereau, M. nd. *Contamination par le plomb de la microfaune des bords de routes et autoroutes*. Atelier d'étude et de Recherche sur l'Environnement et l'Aménagement, Université de Lille I, CETE Nord-Picardie,. 1 p.
- Gaber, J., 1994. *La contamination des sols le long des routes, une approche de la pollution atmosphérique*. In symposium : Biological and technical methods of activities against the negative effects of motorization in the environment. Krakow (Pologne) 8-10 juin 1994.
- Getz, L.L., Verner, L., Prather, M., 1977. Lead concentrations in small mammals living near highways. *Environ.Pollut.* **13** , p. 151-157.
- Gilson, M.P., Malivia, J.F., Chareneau, R.J., 1994. Highway runoff studied. *Water environ. Technol.* **6**, p. 37-38.
- Hewitt, C.N., Rashed, M.B., 1991. The deposition of selected pollutants adjacent to a major rural highway. *Atmos. Environ.* **35A(5-6)**, p. 979-983.
- Hoffman, R.W., Goldman, C.R., Paulson, S., Winters, G.R., 1981. Aquatic impacts of de-icing salts in the central Sierra Nevada Mountains, California. *Water resources bulletin* **17**, p. 280-285.
- Hutchinson, F.E., 1970. Environmental pollution from highway de-icing compounds. *Journal of soil and water conservation* **25**, p. 144-146.
- Hvitved-Jacobsen T., Yousef Y., 1991. Highway runoff quality, environmental impacts and control. In: Hamilton R.S., Harrison R.M. (Eds), *Highway Pollution*, Elsevier, London, p. 165-208.
- Indu, B., Choudhri, G.N., 1991. Impact of automobile effusion on plant and soil. *International journal of ecology and environmental sciences* **17** p. 121-127.
- Jarosz, W., 1994. Heavy metals contamination of grass growing at the road edges. *Medycyna weterynaryjna* **50**, p. 23-26.
- Jones, P.H., 1981. Snow and ice control and the transport environment. *Environmental conservation* **8**, p. 33-38.
- Keller, I., Largiadèr, C.R., Nentwig, W., 2003. *Recent habitat fragmentation due to a major roads leads to a reduction of gene flow in ground beetles*. in International Conference on Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure and Presentation of COST action 341 products. Conference map. Brussels.
- Kulshreshtha, K., 1994. Effect of diesel exhaust pollution on cuticular and epidermal features of *Lantana camara* L. and *Syzygium cumini* L. (Skeels). *Journal of Experimental Science and Health* **A29**, p. 301-308.
- Labarre, N., Milne, J.B., Oliver, B.G., 1973. Lead contamination of snow. *Water Res.* **7**, p. 1215-1217.
- Lagerwerff J.V., Specht A.W., 1970. Contamination of roadside soil and vegetation with cadmium, nickel, lead and zinc. *Environ Sci Technol* **4(7)** p.583-586.
- Lee, J.A., Caporn, J.M., 1998. Ecological effects of atmospheric reactive nitrogen deposition on semi-natural terrestrial ecosystems. *New Phytol.* **139**, p. 127- 134.
- Legret, M., Le Marc, C., Demare, D., Colandini, V., 1995. Pollution par les métaux lourds dans un bassin de décantation recevant des eaux de ruissellement d'origine routière. *Environnemental Technology* **16**, p. 1049-1060.
- Legret, M., Le Marc, C., Demare, D., 1997. Pollution des eaux de chaussées autoroutières. L'autoroute A11 près de Nantes. *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées* **211**, p. 101-115.
- Liem, A.S.N., Hendriks, A., Kraal, H., Loenen, M., 1984. Effects of the de-icing salt on roadside grasses and herbs. *Plant and soil* **84**, p. 299-310.

- Livet, M., Queyrel, M., 1994. *Dispositions permettant de réduire les risques de pollution dus au salage. Journées techniques de la route : route, innovation, environnement.* Direction des routes, Ministère de l'équipement, Association technique de la route, ASFA, FNTF.
- Majdi, H., Persson, H., 1989. Effects of road-traffic pollutants (lead and calcium) on tree fine-roots along a motor road. *Plant and soil* **119**, p. 1-5.
- Malbreil, N., 1997. *La pollution en bordure d'autoroute et son impact sur la végétation.* INPL/Université Nancy I.
- Mansfield, T.A., 1976. *Effects of air pollutants on plants. Society for experimental biology.* Seminar series I. Cambridge University Press, Cambridge.
- Mattson, M.D., Godfrey, P.J., 1994. Identification of road salt contamination using multiple regression and GIS. *Environmental management* **18**, p. 767-773.
- Montgomery, D., 1994. Road surface drainage, channel initiation and slope instability. *Water resour. Res.* **30**, p. 192-193.
- Motto, H.L., Daines, R.L., Chilko, D.M., Motto, C.K., 1970. Lead in soils and plants: its relationship to traffic volume and proximity to highways. *Environ.Sci.Technol.* **4**, p. 231-237.
- Mulder, E., 1991. The leaching behaviour of some primary and secondary raw materials used in pilot-scale road bases. In: Goumans, J.M., Van der Sloot H.A., Aalbers, T.G. (Eds), *Waste materials in construction*, Elsevier Science B.V. p. 255-264.
- Muskett, C.J., Jones, M.P., 1980. The dispersal of lead, cadmium and nickel from motor vehicles and effects on roadside invertebrate macrofauna. *Environ.Pollut. (Serie A)* **23**, p. 231-242.
- Neftel, A., Estermann, A., Stadelmann, F.X., Fuhrer, J., Bongard, M., 1991. *Les effets de l'immission du trafic routier sur l'agriculture.* Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie, Office fédéral des routes. Rapport n°216.
- New-York State Department of Transportation, 1999. *NYSDOT guidance – road salt contamination: procedures to evaluate and resolve road salt contamination complaints.*
- OCDE, 1989. *Recherche en matière de routes et de transports routiers. Réduction de l'utilisation des fondants dans l'entretien hivernal.* OCDE, Paris.
- Paradis, J.F., 1992. *Evaluation écotoxicologique comparative de divers fondants routiers.* M.Sc.A., Ecole polytechnique de Montréal, Génie civil-environnement, 129 p.
- Parmentier, C., Garrec, J.-P., 1994. *Impact de la pollution atmosphérique le long des routes sur la végétation environnante : utilisation de la bio-indication végétale : synthèse bibliographique,* INRA, Editor. INRA : Centre de Recherches Forestières de Nancy: Nancy. p. 84 p.
- Paukert, J., n.d. *Le plomb des gaz d'échappement : impact relativement méconnu sur le lièvre.* Institut d'Ecologie du Paysage, Académie Tchèque des Sciences: Ricany, Tchèque. 3 p.
- Pihan F., Carsignol J. 1998. *L'escargot comme bio-indicateur de la contamination en plomb à proximité d'une autoroute (A31).* UPRES EBSE, CETE de l'Est, Metz. Routes et faune sauvage. Actes des 3^{ème} rencontres 1998. p. 389-393.
- Port, G.R., Thompson, J.R., 1980. Outbreaks of insect herbivores on plants along motorways in the UK. *Journal of applied ecology* **17**, p. 649-656.
- Przybylski, Z., 1979. The effects of automobile exhaust gases on the arthropods of cultivated plants, meadows and orchards. *Environmental Pollution* **19**, p. 157-161.
- Quarles, H.D., Hanawalt, R.B., Odum, W.E., 1974. Lead in small mammals, plants and soil at varying distances from a highway. *Journal of applied ecology* **11**, p.937-949.
- Robidoux, Y., 1993. *Evaluation écotoxicologique de trois fondants routiers (NaCl, NaFo, CMA) : toxicité pour le milieu terrestre.* M.Sc.A., Ecole polytechnique de Montréal, Génie civil-environnement, 124 p.
- Robbins, H.J., 1985. *Effects of roadside pollutants on insect/plant interactions.* Unpublished Ph.D. thesis, University of Newcastle upon Tyne.

- Rodríguez M., Rodríguez E., 1982. Lead and cadmium levels in soils and plants near highways and their correlations with traffic density. *Environ Pollut* **4**, p. 281-290.
- Scalon P.F., 1991. Effects of highway pollutants upon terrestrial ecosystems. In: Hamilton, R.S. Harrison, R.M. (Eds), *Highway Pollution*, Elsevier, Amsterdam, p. 281-338.
- Seager J., Maltby L., 1989. Assessing the impact of episodic pollution. *Hydrobiologia* **188/189**, p. 633-640.
- SETRA, 1993. *L'eau et la route : les atteintes aux milieux aquatiques*, volume 4.
- SETRA, 2000. *Traitements phytosanitaires en milieu routier*. Guide technique.
- SETRA, 2004. *La pollution des sols et des végétaux à proximité des routes. Les éléments traces métalliques (ETM)*. Note d'information n°73. Sétra. 12 p.
- Simini, M., Leone, I.A., 1986. Studies on the effects of de-icing salts on roadside trees. *Arboricultural journal* **10**, p. 221-231.
- Sjödén, A., 2004. *PM emission factors for road vehicles from tunnel, in Emissions of Air Pollutants - Measurements, Calculations and Uncertainties*. GENEMIS. EUROTRAC - 2 Subproject Final report, R.F.a.S. Reis, Springer. p. 83-85.
- Stadelmann, F.X., 1994. *Pollution de l'air, des cultures et des sols par le trafic routier en Suisse* symposium : Biological and technical methods of activities against the negative effects of motorization in the environnement. Krakow (Pologne) 8-10 juin 1994.
- Struzeski, 1971. *Environmental impact of highway de-icing*. US Environmental Protection Agency, Edison, New Jersey, Water quality lam., 11040-GKKK. 120 p.
- Thompson, J.R., Mueller, P.W., Fluckiger, W., Rutter, A.J., 1984. The effect of dust on photosynthesis and its significance for roadside plants. *Environmental pollution (Serie A)* **34**, p.171-190.
- TRIVALOR, Poddevin, L., 1998. *Programme Recherche et Développement Environnement. Enjeux liés à la gestion des déchets des sociétés concessionnaires d'autoroutes*. ASFA.
- Wade, K.J., Flanagan, J.T., Currie, A., Curtis, D.J., 1980. Roadside gradients of lead and zinc concentrations in surface-dwelling invertebrates. *Environnemental pollution (series B)* **1**, p. 87-93.
- Ward N.I., Brooks R.R., Roberts E., Boswell C.R., 1977. Heavy metal pollution from automotive emissions and its effect on roadside soils and pasture species in New Zealand. *Environ. Sci. Technol.* **11**, p. 917-920.
- Ward, N.M., Brooks, R.R., Roberts, E., 1978. Blood lead levels in sheep exposed to automotive emissions. *Bull. Environ. Contam. & Toxicol.* **20**, p. 44-51.
- Welch, W.R., Dick, D.L., 1975. Lead concentration in tissues of roadside mice. *Environ. Pollut.* **8**, p. 15-21.
- Wheeler, G.L., Rolfe, G.L., 1979. The relationship between daily traffic volume and the distribution of lead in roadside soil and vegetation. *Environ.Pollut.* **18**, p. 265-274.
- Yunus, M., Iqbal, M., 1996. *Plant response to air pollution*. John Wiley & Sons, Chichester.

- **Fragmentation**

- Andrews, A., 1990. Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: a review, *Aust. Zool.* **26**, p. 130-141.
- Angold, P.G., 1997. *Environmental impacts of transport infrastructure: habitat fragmentation and IENE*. Species dispersal and land use processes. Proceeding of the 6th annual IALE conference 9-11 September 1997. University of Birmingham. p. 285-288.
- Jäger J., 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology* **15 (2)** p. 115-130.
- Lacroix, M.N., Hinsinger, D.D., 2005. *La fragmentation*. Poster, Ecologie évolutive, Master Recherche Sciences de la vie et de la santé, UNSA, Valrose.

- Opdam, P.F.M., 1997. How to choose the right solution for the right fragmentation problem? In: Canters, K., Editor, 1997. *Habitat Fragmentation and Infrastructure*, Ministry of Transportation, Public Works and Water Management, Delft, The Netherlands, p. 55-60.
- Opdam, P., Van Apeldoorn, R.C., Schotman, A., Kalkhoven, J., 1993. Population responses to landscape fragmentation. In: Vos, C.C., Opdam, P. (Eds), *Landscape Ecology of a Stressed Environment*. Chapman and Hall, London. p. 147-171.
- UMR Tétis, 2006. Réponse à l'appel d'offre de la DNP : réalisation d'une cartographie des territoires naturels terrestres non fragmentés, 12 p.
- Andrén H., 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* **71**, p 355-366.
- Angold, P.G., 1995. *Les effets de bordure dans les habitats fragmentés : implications pour la conservation de la nature*. University of Birmingham. Symposium de Maastricht et La Haye, 18-21 septembre 1995.
- Bascompte J., Solé R.V., 1996. Habitat fragmentation and extinction thresholds in spatially explicit models. *Journal of Animal Ecology* **65** p. 465-473.
- Bender, D.J., Contreras, T.A., Fahrig, L., 1998. Habitat loss and population decline: a meta-analysis of the patch size effect. *Ecology* **79**, p. 517-533.
- Bennett, A.F., 1990. *Habitat corridors: their role in wildlife management and conservation*. Department of Conservation and Environment, Melbourne, Australia. 37 p.
- Brocke, R.H., O'Pezio, J.P., Gustafson, K.A., 1990. A forest management scheme mitigating impact of road networks on sensitive wildlife species. In: DeGraaf, R.M., Healy, W.M., *Is forest fragmentation a management issue in the northeast?* Gen. Tech. Rep. NE-140, US Department of Agriculture, Forest Service, North-eastern Forest Experiment Station, Radnor, PA. p. 13-17.
- Canters, K., (ed), 1997. *Habitat Fragmentation and Infrastructure*. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, The Hague.
- Carsignol J., Billon V. 2000. *Fragmentation de l'habitat due aux infrastructures de transports état de l'art – rapport de la France*. Rapport COST-transport, action 341. 193 p.
- CETE Lyon, 1998. Espaces restés à l'écart de l'urbanisation et de l'aménagement, un patrimoine pour demain. Essai d'inventaire. Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques. Étude réalisée par le CETE de Lyon, Département Infrastructures et Transports, Division des réseaux de Transport et de leur Environnement. Groupe Environnement, janvier 1998.
- Clergeau, P., 1994. *Utilisation d'échelles supérieures d'analyse pour la prise en compte des effets de coupure sur la faune et la flore*. Journées Techniques de la Route : route, innovation, environnement. Direction des routes, Ministère de l'équipement, Association technique de la route, ASFA, FNTF.
- Collingham, Y.C., Huntley, B., 2000. Impacts of habitat fragmentation and patch size upon migration rates. *Ecology applied* **10**, p. 131-144.
- Cowi, 1997. *Roads and railways, barrier problems*. Report.
- Danish Forest and Landscape Research Institute (FSL), 1998. *Barrier effects of larger traffic constructions on recreational accessibility*. Report
- Debinski, D.M., Holt, R.D., 2000. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology* **14**, p. 342-355.
- Dunning, J.B., Danielson, B.J., Pulliam, H.R., 1992. Ecological process that affect populations in complex landscapes. *Oikos* **65**, p. 169-175.
- Fahrig L., 1997. Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *Journal of wildlife management* **61**, p. 603-610.
- Fahrig, L., Paloheimo, J., 1988. Effect of spatial arrangement of habitat patches on local population size. *Ecology* **69**, p. 468-475.

- Gardner, R.H., O'Neill, R.V., Turner, M.G., 1993. Ecological implications of landscape fragmentation. In : McDonnell, M.J., Pickett, S.T.A, *Humans as components of ecosystems*. Springer, New-York. p. 208-226.
- Huijser, M.P., Van der Grift, E.A., Bekker, G.J., 1999. Habitat fragmentation and infrastructure: a review of the proceedings of a European and a north American conference. *Lutra* **41**, p. 43-54.
- Kareiva, P., 1987. Habitat fragmentation and the stability of predator-prey interactions. *Nature* **326**, p. 388-390.
- La Polla, V.N., Barrett, G.W., 1993. Effects of corridor width and presence on the population dynamics of the meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*). *Landscape Ecology* **8**, p. 25-37.
- Lassen D., 1990. Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² - eine Ressource für die ruhige Erholung - *Natur und Landschaft* **65**: 326-327.
- McGarigal, K., Cushman, S.A., 2002. Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. *Ecology Applied* **12**, p. 335-345.
- Michel P., Monier T., 2001. *L'évaluation environnementale des plans et programmes de transport. Enjeux, indicateurs d'effets et outils d'évaluation*. Rapport BCEOM, MATE, Paris, 88
- Opdam, P., Van Apeldoorn, R.C., Schotman, A., Kalkhoven, J., 1993. *Population response to landscape fragmentation. Landscape ecology of a stressed environment*. Chapman and Hall, London. p. 147-171.
- Saunders, D.A., Hobbs, K.H., 1991. *Nature Conservation 2: The role of corridors*. Surrey Beatty and sons, Chipping Norton, Australia.
- Saunders, D.A., Hobbs, R.J. and Margules, C.R., 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conserv. Biol.* **5**, p. 18-32.
- Simberloff, D., 1994. Habitat fragmentation and population extinction. *Ibis* **137**, p. 105.
- Tewksbury, J.J., Levey, D.J., Haddad, N.M., Sargent, S., Orrock, J.L., et al., 2002. Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* **99**, p. 12923-12962.
- Trocme M., 2006. *Habitat Fragmentation due to Linear Transportation Infrastructure: An overview of mitigation measures in Switzerland*. Proceedings Swiss Transport Research Conference, http://www.strc.ch/pdf_2006/Trocme_STRC_2006.pdf
- Van Apeldoorn, R.C., 1997. Fragmented mammals: What does that mean? In: Canters, K.J. (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Habitat Fragmentation, Infrastructure and the Role of Ecological Engineering*, 17–21 September 1995, Maastricht and The Hague, The Netherlands. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Delft, the Netherlands. p. 121-126.
- Verboom, J., Metz J.A.J., Meelis, E., 1993. Metapopulation models for impact assessment of fragmentation. In: Vos C.C., Opdam P. (eds), *Landscape Ecology of a Stressed Environment*, Chapman & Hall, London. p. 172–191.
- Wilcox, B.A., Murphy, D.D, 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *Am. Nat.* **125**, p. 879-887.

- **Corridors**

- Agence pour l'Urbanisme de la région grenobloise, 2006. *Pour un aménagement du territoire intégrant et valorisant les corridors écologiques dans la vallée du Grésivaudan. Diagnostic et proposition d'actions*. ECONAT, Conseil Général de l'Isère. 184 p.
- Ammous, A., Chatti, W., 2005. *La dimension spatiale dans l'approche des corridors de transport : quelle articulation conceptuelle ?* Colloque de l'ASRDLF, Dijon 5, 6 et 7 septembre 2005. 21p.
- Berthoud, G., Lebeau R.-P., Righetti, A., Bebie, N., 2004. *Réseau écologique national (REN) : une vision pour l'interconnexion des espaces vitaux en Suisse*. Documents environnement n°3 (cahier de l'environnement n°3. L'environnement pratique). Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 107 p.

FRAPNA. 2005, *Carnet de terrain « Nature sans frontières »*. Préservons les corridors écologiques.

Girault, V., 2005. Mise en oeuvre de corridors écologiques et/ou biologiques sur le territoire des parc naturels régionaux – définition d'une méthodologie commune et recueil d'expériences. Rapport de stage. Fédération des Parcs Naturels régionaux de France Pôle développement durable. 269 p.

Région / DIREN Nord Pas-de-Calais, 2000. Trame verte, éléments de définition, 5 p.

Sustek, Z., 1998. *Biocorridors: theory and practice*. Key concept in landscape ecology. Proceeding of the 1998 annual IALE conference 3-5 September 1998. Myerscough College. p. 281-296.

Bennet A.F., 1999. *Linkage in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

- **Bruit**

Bowles, A.E., 1995. Response of wildlife to noise. In: Knight, R.L. and Gutzwiler, K.J., Editors, 1995. *Wildlife and Recreationists*, Island Press, Washington, DC, p. 109-156.

- **Mortalité de la faune**

Clevenger, A.P., Chruszcz, B., Gunson, K.E., 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations, *Biological Conservation* **109**, p. 15–26.

Dumont, A. G., 2004. Environnement et infrastructures de transport, cours d'environnement et de génie civil de l'Ecole Polytechnique de Lausanne. 40 p.

Bersuder, D., Caspar, J., 1986. Impact de la circulation routière sur la faune locale. *Ciconia* **10** (2), p. 91-102.

Berthoud, G., Müller, S., 1994. *Sécurité faune/trafic. Manuel pratique à l'usage des ingénieurs civils*. Publication Laboratoire de circulation, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. 127 p.

Case, R.M., 1978. Interstate highway road-killed animals: a data source for biologists. *Wildl.Soc.Bull.* **6**, p. 8-13.

CPN (Connaître et Protéger la Nature), 1992. *Impact de la circulation routière sur la faune*. 75 p.

CTGREF, 1973. *Le problème du franchissement des autoroutes et routes à grande circulation par les grands animaux gibiers*. Cahiers d'informations techniques du CTGREF. N°10.

Dickerson, L.M., 1939. The problem of wildlife destruction by automobile traffic. *J.Wildl.Manage*, **3**, p. 104-116.

Hawbecker, A.C., 1944. The use of a road by mammals. *J.Mammal* **25**, p. 196.

Huey, L.M., 1941. Mammalian invasion via the highway. *J.Mammal* **22**, p. 383-385.

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**, p.576-579.

Hodson, N.L., 1960. A survey of vertebrate road mortality. *Bird study* **7**, p. 224-231.

Joveniaux A., 1986. *Influence de la réalisation d'une autoroute sur la faune : étude de la mortalité de la faune sur la section Beaune-Dôle de l'autoroute A36*. Ministère chargé de l'environnement, EPA, rapport final. 64 p.

Laboratoire des voies de circulation de l'EPFL, ECONAT, ECOTEC, INSECTA, Müller S. 1999. *Conference on fauna and traffic*. Proceedings of 18-20 October 1999, Lausanne.

Laboulle L., 1995. La grande faune sauvage et les collisions en Isère. Fédération départementale des Chasseurs de l'Isère. 81 p.

Office fédéral des routes Suisse, département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, 2000. *Interactions entre les réseaux de la faune et des voies de circulation*. Manuel. 194 p.

SETRA-DLI, 1981. *Protection de la faune et de la circulation routière*.

Slater, F., 1994. Wildlife road casualties. *Br.Wild.* **4**, p. 214-221.

Société suisse de Biologie de la Faune (ed.) 1995: *Faune, construction de routes et trafic*. Chur. 53 p.

Van Langevelde F., Jaarsma, C.F., 2004. Using traffic flow theory to model traffic mortality in mammals, *Landscape Ecology* **19**, p. 895–907.

- **Faune en général**

Bennet A.F., 1991. *Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. Nature conservation 2 : the role of corridors*. p. 99-108.

Trombulak S.C., Frissel C.A., 1999. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conserv Biol.* **14(1)**, p.18-30.

Ruette S., Albaret M., Leger F., 2004. Mise en place d'un système de suivi des petits carnivores observés sur la route à l'ONCFS : premiers résultats et perspectives. 4^e journées « Routes et faune sauvage », 21-22 septembre 2005, Chambéry.

Baur, A., Baur, B., 1990. Are road barriers to dispersal in the land snail *Arianta arbustorum*? *Can.J.Zool.* **68**, p.613-617.

Cibien, C., Magnac M.P., 1998. *Etudes, recherches et mesures en faveur de la faune sur le réseau routier : état des lieux et propositions*. Ministère de l'Équipement. Troisièmes rencontres « Routes et faune sauvage », Strasbourg. p. 65-75.

Cooper, R., 2000. *Code of practice for the introduction of biological and landscape diversity considerations into the transport sector*, CO-DBP, PE-S-TE (2000) 7, Council of Europe.

Mader H.J., 1984. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation* **29**, de la Chasse – ONC, 1990. *Bords de route pour la faune sauvage*. Bulletin mensuel de l'ONC (mai).

Office National of influenced (high-speed) railway lines on wildlife. In International Conference on Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure and Presentation of COST action 341 products. Brussels.

Ruette S., Leger F., Albaret M., 2005. Mise en place d'un système de suivi des petits carnivores en France. Rapport scientifique ONCFS. P. 6-9

Scott, N.E., Davison, A.W., 1985. The distribution and ecology of coastal species on roadsides. *Vegetatio* **62**, p.433-440.

Zedrosser A. and Völk F. nd. *Large carnivores (bear, wolf, lynx, moose) and trunk roads in Austria*. p. 24-26

- **Grands mammifères : Ongulés, cervidés, Blaireau, Loutre, Renard...**

Cibien C., Aulagnier S., Ballon P., Gonzalez G., Klein F., Maizeret C. nd. *Fractionnement des populations de grands ongulés par les infrastructures linéaires : réflexions sur les conséquences biologiques*. Cemagref, INRA, ONC, GREGE, ASFA. 25 p.

Clevenger, A.P., Waltho, N., 2005. Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals, *Biological Conservation* **121**, p. 453-464.

CTGREF, 1978. *Autoroute et grand gibier*. Note technique n°42. Groupement technique forestier Division « loisirs et chasse ». 41 p.

Fournier. P., 2005. Conservation du vison d'Europe et infrastructures de transport. 4^e rencontres "Routes et faune sauvage", 21-22 septembre 2005, Chambéry.

Lafontaine. L., 2005. Exemples d'ouvrages aménagés en faveur de la Loutre en France et en Europe : essai de synthèse critique et perspectives. 4^e rencontres "Routes et faune sauvage", 21-22 septembre 2005, Chambéry.

SETRA, 1993. *Aménagement et mesures pour la grande faune*. Guide technique

- Trewhella, W.J., Harris, S., 1990. The effect of railway lines on urban fox (*Vulpes vulpes*) numbers and dispersal movements. *J. Zool.* **221**, p. 321-326.
- Van der Zee, F.F., Wiertz, J., Ter Braak, C.J.F., Van Apeldoorn, R.C., 1992. Landscape change as a possible cause of the badger *Meles meles* L. decline in The Netherlands, *Biol. Conserv.* **61**, p. 17-22.
- Aaris-Sorensen, J., 1995. Road-kills of badgers (*Meles meles*) in Denmark. *Ann. Zool. Fenn.* **32** 1, p. 31-36.
- Anonyme, 1974. *Autoroutes et grand gibier*. Institut d'Ecologie appliqué d'Orléans, Ministère français de l'équipement, SETRA Paris. 17 p.
- Ballon, P., 1986. Bilan technique des aménagements réalisés en France pour réduire les impacts des grandes infrastructures linéaires sur les ongulés gibiers. *ONC. Bulletin mensuel* **104**, p. 33-39.
- Bellis, E.D., Graves, H.B., 1978. Highway fences as deterrents to vehicle-deer collisions. *Transp. Res.Rec.* **674**, p. 53-58.
- Bekker, H., Canters, K.J., 1997. *The continuing story of badgers and their tunnels*. See ref 21. p. 344-353.
- Boisaubert B., Landry P., Mouron D., 1998. *Le cerf élaphe instrument de mesure de la fragmentation de l'espace*. ONC-CNERA, ONF. Dans: Routes et faune sauvage. Actes des 3^{ème} rencontres. p. 107-114
- Burnand, J.D., Berthoud, G., Sigrist, J., Müller, S., 1985. *Comportement du gibier dans une zone de terrain traversée par une route*. Rapport réalisé pour le département fédéral des transports, des communications et de l'énergie. Office fédéral des routes. 143 p.
- Camby, A., Maizeret, C., 1985. *Perméabilité des routes et autoroutes vis-à-vis des mammifères carnivores: exemple des études menées dans les Landes de Gascogne*. Actes du colloque. Routes et faune sauvage, Bagnaux, France. p. 183-203.
- Cibien C., Vincent J.P., Angibault J.M., 1993. *Etude des interrelations entre une population de chevreuils et le réseau routier*. Rapport d'étude GREGE/SETRA. 2 volumes.
- Coulson, G.M., 1989. The effects of drought on road mortality of macropods. *Aust.Wildl.Res.* **16**, p. 79-83.
- Davies, J.M., Roper, T.J., Shepherdson, D.J., 1987. Seasonal distribution of roads-kills in the European badger (*Meles meles*). *J. Zool.* **211**, p. 525-529.
- De Crombrughe, S., 1966. *Accidents résultant de l'irruption de grand gibier sur les voies de circulation automobile*. Bull. groupe de travail pour l'étude de l'équilibre forêt-gibier, 1. p.13-17.
- De Crombrughe, S., 1975. *Ongulés et voies de circulation rapide*. Extrait de « *Autoroute et Environnement* ». Compte-rendu du colloque tenu à Louvain-la-Neuve les 17, 19 et 24 mars 1975. p. 101-108.
- Désiré, G., 1992. *Grande faune sauvage et circulation routière en France : essai d'analyse géographique et problèmes d'aménagement*. Thèse de doctorat, Nantes. 363 p.
- Falk, N.W., Graves, H.B., Bellis, E.D., 1978. Highway right-of-way fences as deer deterrents, *Journal of Wildlife Management* **42**, p. 646-650.
- Groot-Bruinderink, G.W.T.A., Hazebroek, E., 1995. Ungulate traffic collisions in Europe. *Conserv. Biol.* **10** (4), p. 1059-1067.
- Lafontaine L., 1991. *La loutre et la route*. DRAE Bretagne. 68 p.
- Lehnert, M.E., Bissonette, J.A., 1997. Effectiveness of highway crosswalk structures at reducing deer-vehicle collisions. *Wildl. Soc. B.* **25** (4), p. 809-818.
- Madsen, A.B., 1996. Otter (*Lutra lutra*) mortality in relation to traffic, and experience with newly established fauna passages at existing road bridges. *Lutra* **39**, p. 76-90.
- Müller S., 1966. *Circulation routière et gibier*. Extrait de « *La route et la circulation routière* » n° 9 p. 479-484, et 10 p.536-542.

- Puglisi, M.J., Lindzey, J.S., Bellis, E.D., 1974. Factors associated with highway mortality of white tailed deer. *Journal of Wildlife Management* **3** (4), p. 799-807.
- Reed, D.F., 1981. Effectiveness of highway lighting in reducing deer-vehicle accidents. *Journal of Wildlife Management* **45**, p.721-726.
- Rodríguez, A., Crema, G., Delibes, M., 1997. Factors affecting crossing of red foxes and wildcats through non-wildlife passages across a high-speed railway. *Ecography* **20**, p. 287-294.
- Romin, L.A., Bissonette, J.A., 1996. Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts. *Wildl. Soc. B.* **24**(2), p. 276-283.
- SETRA, 2003. *Systèmes et mesures visant à réduire le nombre de collision avec les grands ongulés*. Note d'information série Economie – Environnement – Conception n°72. 8 p.
- SETRA, Nd. *Collisions véhicules – grands mammifères sauvages : les mesures de protection*. Note d'information n°25.
- Singer, F.J., Langlitz, W.L., Samuelson, E.C., 1985. Design and construction of highway underpasses by mountain goats. *Transport. Res. Rec.* **1016**, p. 6-10.
- Sprague, J.M., 1939. Notes on mammal mortality on highways. *Journal of Mammalogy* **20**, p. 110-111.
- Stoner, D., 1935. Highway mortality among mammals. *Science* **81**, p. 401-402.

- **Petits mammifères : Hérisson, Chauve-souris...**

- Clevenger, A.P., Chruszcz, B., Gunson, K.E., 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations, *Biological Conservation* **109**, p. 15–26.
- Collins, R.J., Barrett, G.W., 1997. Effects of habitat fragmentation on meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*) population dynamics in experiment landscape patches. *Landscape Ecology* **12**, p. 63-76.
- Huijser, M.P., Bergers, P.J.M., 2000. The effect of roads and traffic on hedgehog (*Erinaceus europaeus*) populations. *Biological Conservation* **95**, p. 111–116.
- Letty, J. , Aubineau, J. , 2005. Les lagomorphes et les infrastructures de transport : conséquences et propositions pour les populations de lapins et de lièvres. 4^e rencontres "Routes et faune sauvage », 21-22 septembre 2005, Chambéry.
- Limpens, H., 2005. Bats and road construction, getting bat flight path across infrastructure. 4^e rencontres "Routes et faune sauvage », 21-22 septembre 2005, Chambéry.
- Losinger, I., 2005. Prise en compte du Hamster d'Europe (*Cricetus cricetus*) dans les projets d'infrastructures : principes et exemples. 4^e rencontres "Routes et faune sauvage », 21-22 septembre 2005, Chambéry.
- Mulder, J.L., 1999. The behaviour of hedgehogs on roads, *Lutra* **42**, p. 35.
- Richardson, J.H., Shore, R.F., Treweek, J.R., Larkin, S.B.C., 1997. Are major roads a barrier to small mammals?, *Journal of Zoology* **243**, p. 840–846.
- The road and hydraulic engineering Institute, nd. *Bats and road construction*. Delft, The Netherlands. 26 p.
- Verboom B., Van Apeldoorn R., 1990. Effects of habitat fragmentation on the red squirrel, *Sciurus vulgaris*. *Landscape ecology* **4**, p. 171-176.
- Vermeulen, H.J., Opdam P., 1995. Effectiveness of roadside verges as dispersal corridors for small ground-dwelling animals: a simulation study. *Landscape and Urban Planning* **31**, p. 233-248.
- SETRA, 2005. 4^{ème} rencontres « Routes et faune sauvage ». *Infrastructures de transport et petite faune*. Visite du 22 septembre 2005.
- Adams, L.W., Geis, A.D., 1983. Effects of roads on small mammals. *Journal of Applied Ecology* **20**, p.403-415.

- Adams, L.W., 1984. Small mammal use of an interstate highway median strip. *Journal of Applied Ecology* **21**, p. 175-178.
- AFIE, 1994. *Gestion et protection des chauves-souris : de la connaissance aux aménagements*. Actes des journées AFIE du 23 juin à Metz. Ed. MEDD et AFIE. 163 p.
- Arthur L., Lemaire M., 1994. *Résultats des premiers aménagements d'ouvrages d'art pour les chiroptères dans le département du Cher. Gestion et protection des chauves-souris : de la connaissance aux aménagements*. AFIE, Metz.
- Bennett, A.F., 1990. Habitat corridors and the conservation of small mammals in a fragmented forest environment. *Landscape Ecology* **4**, p. 109-122.
- Berthoud G., 1980. Le hérisson et la route. *Revue écologique « La Terre et la vie »* **34**, p. 361-372.
- Boisaubert B., 1978. Le lièvre et ... la route. *Chasseurs de l'Est* **128**, p. 9-10.
- Brockie, R., 1960. Road mortality of the hedgehog *Erinaceus europaeus* in New Zealand. *Proc.Zool.Soc.London* **134**, p.505-508.
- Clark, B.K., Clark, B.S., Johnson, L.A., Haynie, M.T., 2001. Influence of roads on movements of small mammals, *Southwest. Nat.* **46**, p. 338–344.
- Huijser, M.P., 2000. *Life on the Edge: Hedgehog Traffic Victims and Mitigation Strategies in an Anthropogenic Landscape*. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Huijser M.P., Bergers P.J.M., De Vries J.G., 1998. *Hedgehog traffic victims: how to quantify effects on the population level and the prospects for mitigation*. Proceedings International Conference on Wildlife Ecology.
- Kiefer A., 1995. Bats as traffic casualties in Germany. *Myotis*, Bonn. p. 215-219.
- McGregor, R., 2004. *The effect of roads on small mammal movement*. M.Sc. thesis, Department of Biology at Carleton University, Ottawa, Ontario, 40 p.
- Meunier F., Corbin, J., Verheyden, C., Jouventin, P., 1998. Effects of landscape type and extensive management on habitat selection by small mammals of motorway verges. *Journal of Applied Ecology*.
- Mossman, C.A., Waser, P.M., 2001. Effects of habitat fragmentation on population genetic structure in the white-footed mouse (*Peromyscus leucopus*). *Can. J. Zool. Vol.* **79**, p. 285-295.
- Oxley, D.J., Fenton M.B., Carmody, G.R., 1974. The effects of roads on populations of small mammals, *J. Appl. Ecol.* **11**, p. 51–59.
- Perrow, M., 1994. Roadside verges for small mammals. *Br.Wild.* **5**, p. 312-313.
- Rondinini C., Doncaster, C.P., 2002. Roads as barriers to movement for hedgehogs, *Funct. Ecol.* **16**, p. 504–509.
- Sané R., 1998. *Influence des routes sur les petits carnivores : rappels biologiques, état des lieux, perspectives*. Routes et faune sauvage. Actes des 3^{ème} rencontres. p. 265-273.
- SETRA, 1992. *Petits mammifères et aménagements routiers*. Note d'information n°34. 6 p.
- St Girons M.C., 1981. Les pipistrelles et la circulation routière. *Mammalia* **45 (1)**.
- Swihart, R.K., Slade, N.A., 1984. Road crossing in *Sigmodon hispidus* and *Microtus ochrogaster*, *J. Mammal.* **65**, p. 357–360.
- Wolff, J.O., Schaubert, E.M., Edge, W.D., 1997. Effects of habitat loss and fragmentation on the behaviour and demography of grey-tailed voles. *Conserv. Biol.* **11**, p. 945-956.

- **Oiseaux**

- Barnes, M.D., 1936. The death-roll of birds on our roads. *Naturalist*. p. 85–86.

- Brotons L., Herrando S., 2001. Reduced bird occurrence in pine forest fragments associated with road proximity in a Mediterranean agricultural area. *Landscape and urban planning* **57**, p.77-89.
- Hodson, N.L., 1962. Some notes on the causes of bird road casualties. *Bird Study* **9**, p. 168–173.
- Meunier, F.D., Verheyden, C., Jouventin, P., 1999. Bird communities of highway verges: influence of adjacent habitat and roadside management. *Acta Oecologica* **20**, pp. 1–13.
- Reijnen, R., Foppen, R., Meeuwsen, H., 1996. The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. *Biol. Conserv.* **75**, p. 255–260.
- Setra, 2006. *Mesures de limitation de la mortalité de la chouette effraie sur le réseau routier*, note d'information n° 74, 11 p.
- Bergin, T.M., Best, L.M., Freemark, K.E., Koehler, K.J., 2000. Effects of landscape structure on nest predation in roadsides of a Midwestern agroecosystem: a multiscale analysis. *Landscape Ecology* **15**, p. 131-143.
- CNRS, 1998. *Bird communities of highways verges: influence of adjacent habitat and roadside management*. CNRS Chizé.
- Dunthorn, A., Errington, F., 1964. Casualties among birds along a selected road in Wildshire. *Bird study* **11**, p.168-182.
- Finnis, R.G., 1956. Bird casualties on roads. *Bull. B.O.C.* **76**, p. 150-152.
- Finnis, R.G., 1960. Road casualties amongst birds. *Bird study* **7**, p. 21-32.
- Forman, R.T.T., Reineking B., Hersperger, A.M., 2002. Road traffic and nearby grassland bird patterns in a suburbanizing landscape, *Environmental Management* **29**, p. 782–800.
- Griffin, D.R., Hopkins, C.D., 1974. Sounds audible to migrating birds. *Animal behaviour* **22**, p. 672-678.
- Havlin, J., 1987. Motorways and birds. *Folia Zool.* **36**, p. 137-153.
- Herkert J.R., 1994. The effects of habitat fragmentation on Midwestern grassland bird communities. *Ecological applications* **4**, p. 461-471.
- Illner, H., 1992. Effect of road with heavy traffic on grey partridge (*Perdix perdix*) density. *Gibier faune sauvage* **9**, p. 467-480.
- Kuitunen, M., Rossi, E., Stenroos, A., 1998. Do highways influence density of land bird. *Environmental. Management* **22**, p. 297–302.
- Newton, I., Wyllie I., Asher, A., 1991. Mortality causes in British barn owls *Tyto alba*, with a discussion of aldrin–dieldrin poisoning, *Ibis* **133**, p. 162–169.
- Paruk, J.D., 1990. Effect of roadside management practices on bird richness and reproduction. *Trans. Ill. State Acad. Sci.* **83 (3-4)**, p. 181-192.
- Räty, M., 1979. Effect of highway traffic on tetraonid densities. *Ornis Fennica* **56**, p. 169–170.
- Reijnen, R., Foppen, R., 1994. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. Part I. Evidence of reduced habitat quality for willow warblers (*Phylloscopus trochilus*) breeding close to a highway. *J. Appl. Ecol.* **31**, p. 85–94.
- Reijnen, R., Foppen, R., Ter Braak, C. , Thissen, J., 1995. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. Part III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. *J. Appl. Ecol.* **32**, p. 187–202.
- Reijnen, R., Foppen R., Veenbaas, G., 1997. Disturbance by traffic of breeding birds: evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors, *Biodiversity Conserv.* **6**, p. 567–581.
- SAPRR – La CHOUÉ, 1993. *Impact des autoroutes A31 et A5 sur les populations de rapaces nocturnes*. 88 p.

Van der Zande A.N., Ter Keurs W.J., Van der Weijden W.J., 1980. The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat: evidence of a long-distance effect. *Biological conservation* **18**, p. 299-321.

- **Amphibiens / reptiles**

- Grosselet, O., Lode, T., 1997. Impact des aménagements autoroutiers sur les amphibiens : l'exemple des caniveaux d'évacuation des eaux. *Bulletin de la société herpétologique de France* **81**, 47 p.
- Hels, T., Buchwald, E., 2001. The effect of road kills on amphibian populations, *Biological Conservation* **99**, p. 331–340.
- Joly, P., Lagaüzère, H., Thévenin, C., Maillet, G., 2005. Evaluation d'un passage à petite faune : le cas de la réserve naturelle du Grand Lemps (Isère). 4^e rencontres "Routes et faune sauvage", 21-22 septembre 2005, Chambéry.
- Maillet, G., 2005. Etude et sauvetage des amphibiens en migration prénuptiale sur le réserve naturelle de l'étang du Grand Lemps (Isère), poster, 4^e rencontres "Routes et faune sauvage", 21-22 septembre 2005, Chambéry.
- Mougey, T., 1993. *Les crapauducs : une mesure réductrice de l'effet de coupure du TGV sur les batraciens*. GIREA, UCL faculté des sciences agronomiques.
- Percsy, C., 1995. *Les batraciens sur nos routes*. Brochure technique. Ministère de la région Wallonne, division de la nature et des forêts, service de la conservation de la nature et des espaces verts. 74 p.
- Sanzo, D., Hecnar, S.J., 2006. Effects of road de-icing salt (NaCl) on larval wood frogs (*Rana sylvatica*). *Environmental pollution* **140(2)**, p. 247-256.
- Verheyden, C., Bonnet, X., Lelievre, H., 2005. Reptiles et environnement routier : risques et bénéfiques. 4^e rencontres "Routes et faune sauvage", 21-22 septembre 2005, Chambéry.
- Vignon, V., Laury, C., Cadi, A., 2005. Les réseaux écologiques utilisés par la Cistude d'Europe dans l'île Crémieu et traversés par le projet A48 : perspectives de conservation d'un milieu menacé. 4^e rencontres "Routes et faune sauvage", 21-22 septembre 2005, Chambéry.
- AFIE, 1992. *Gestion et protection des amphibiens : de la connaissance aux aménagements*. Actes des journées AFIE du 22-23 oct. à Mulhouse (et Grenoble le 5 oct. 2001). Ed. AFIE
- Ashley, E.P., Robinson, J.T., 1996. Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point Causeway, Lake Erie, Ontario, *Canadian-Field Naturalist* **110**, p. 403–412.
- Berthoud, G., 1972. *Recherches sur la biologie des batraciens et applications à leur protection le long des routes*. Mémoire d'université de Neuchâtel. 118 p.
- Berthoud G., Müller, S. 1983. *Installation de protection pour les batraciens : efficacité et effets secondaires*. Suisse
- Berthoud G., Müller S., 1986. *Protection des batraciens le long des routes*. Rapport de recherche. Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie, Office fédéral des routes. 42 p.
- Buchanan, B.W., 1993. Effects of enhanced lighting on the behaviour of nocturnal frogs. *Anim.behav.* **43**, p. 893-899.
- Carpenter, C., Delzell, D., 1951. Road records as indicators of differential spring migrations of amphibians. *Herpetologica* **7**, p. 63-64.
- CNRS, 1998. *Use of roadsides by diurnal raptors in agricultural landscapes*. CNRS, Chizé.
- Cooke, A.S., 1995. Road mortality of common toads (*Bufo bufo*) near a breeding site, 1974-1994. *Amphibia-Reptilia* **16**, p. 87-90.
- Duguet R., Melki F. *Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. Etude technique et coût d'un crapauduc*. Biotope Parthénope, Mèze.

- Fahrig, L., Pedlar, J.H., Pope, S.E., Taylor, P.D., Wegner, J.F., 1995. Effect of road traffic on amphibian density, *Biol. Conserv.* **74**, p. 177–182.
- Gibbs, J.P., 1998. Distribution of woodland amphibians along a forest fragmentation gradient. *Landscape Ecology* **13**, p. 263-268.
- Hager, H.A., 1998. Area-sensitivity of reptiles and amphibians: are there indicator species for habitat fragmentation? *Eco-Science* **5**, p. 139-147.
- Müller, S., 1971. L'auto contre la grenouille. *Schweizer Naturschutz* **37**, p. 157-159.
- Müller S., 1992. *Aménagements et mesures de protection en faveur des batraciens en Suisse*. Actes du colloque de Mulhouse, 22-23 octobre. AFIE. p. 45-51.
- Müller S., Berthoud G., 1986. *Protection des batraciens le long des routes*. Rapport final. 42 p.
- Münch D., 1992. *Amphibians and roads Conference*. Allemagne.
- Palis, J.G., 1994. *Rana urticularia* (southern leopard frog) road mortality. *Herpetological Review* **25**, p. 119.
- Podloucky, R., 1989. Protection of amphibians on roads: examples and experiences from Lower Saxony. In: Langton. T.E.S. (ed.) *ACO Polymer Amphibians and roads*. Proceedings of the toad tunnel conference, Products, Bedfordshire. p. 15-28.
- Ratcliffe, J., 1983. Why did toad cross the road? *Wildlife (Aug.)*: p.304-307.
- Sermet, E., 1971. Protection des amphibiens contre les dangers de la route. *Schweizer Naturschutz* **37**, p. 208-212.
- Vos C.C., Chardon, J.P., 1998. Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moor frog *Rana arvalis*, *J. Appl. Ecol.* **35**, p. 44–56.
- Vos, C.C., Chardon, P., 1994. *A literature assessment on the ecological effects of roads on amphibians and reptiles*. Dienst Weg en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat, Delft en DLO Instituut voor bos en natuuronderzoek, Wageningen.

- **Invertébrés, Arthropodes, Insectes**

- Burdeau, M., 2003. *Les grandes infrastructures linéaires et leur insertion dans les écosystèmes sensibles. Quand une petite bête (le Pique Prune) vient jouer les trouble-fête*. Inspection générale de l'environnement. TEC n°175.
- Gibbs, J.P., Stanton, E.J., 2001. Habitat fragmentation and arthropod community change: carrion beetles, phoretic mites and flies. *Ecology Applied*. **11**, p. 79-85.
- Mader, H.-J., Schell, C., Kornacker, P., 1990. Linear barriers to arthropod movements in the landscape, *Biol. Conserv.* **54**, p. 209–222.
- Munguira, M.L., Thomas, J.A., 1992. Use of road verges by butterfly and burnet populations, and the effect of roads on adult dispersal and mortality. *Journal of Applied Ecology* **29**, p. 316-329.
- Woodcock, T.S., Huryn, A.D., 2004. Effects of roadway crossings on leaf litter processing and invertebrate assemblages in small streams. *Environ. Monit. Assess.* **93**, p 229-250.
- Free, J.B., Gennard, D., Stevenson, J.H., Williams, I.H., 1975. Beneficial insects present on a motorway verge. *Biological Conservation* **8**, p. 61-72.
- Getz, L.L., Cole, F.R., Gates, D.L., 1978. Interstate roadsides as dispersal routes for *Microtus pennsylvanicus*. *J.Mammal.* **59**, p. 208-212.
- Hanski I., Pakkala M., Kuussaari M., Lei G., 1995. Metapopulation persistence of an endangered butterfly in a fragmented landscape. *Oikos* **72**, p. 21-28.
- Huijser, M.P., 1999. Human impact on populations of hedgehogs *Erinaceus eusoparus* through traffic and changes in the landscape: a review. *Lutra* **42**, p. 39-56.
- Kabaczek-Wasylik, D., 1997. The effect of highway on the Carabidae communities in a potato field. *Polish ecological studies* **21**, p. 335-348.

- Keller, I., Largiadèr, C.R., 2003. Recent habitat fragmentation caused by major roads leads to reduction of gene flow and loss of genetic variability in ground beetles, *Proc. R. Soc. Lond. B* **270**, p. 417–423.
- Magura, T., Koedoeboecz, V., Tothmeresz, B., 2001. Effects of habitat fragmentation on carabids in forest patches. *Journal of Biogeography* **28**, p. 129-138.
- Maurer, R., 1974. The beetle and spider fauna of meadows affected by traffic pollution. *Oecologia* **14**, p. 327-351.
- Niemelä, J., 2001. Carabid beetles (Coleoptera Carabidae) and habitat fragmentation : A review. *Eur. J. Entomol.* **98**, p.127-132.
- Port, G.R., Spencer, H.J., 1987. *Effects of roadside conditions on some Auchenorrhyncha*. Proceedings of the Sixth Auchenorrhyncha Meeting, Torino. p. 7-11.
- Warren, M.S., Stephens, D.E.A., 1989. Habitat design and management for butterflies. *The Entomologist* **108** p. 123-134.

- **Milieu aquatique**

- Boisson J.C., Perrodin Y., 2005. Effects of road runoff on biomass and metabolic activity of periphyton in experimental streams. *Journal of hazardous materials*. 7 p.
- Le Pichon. C., Gorges. G., Baudry. J., Faure. T., Boussard. H., 2006. Méthodes d'analyse de la connectivité des habitats aquatiques fluviaux : une aide à la décision pour la restauration des habitats piscicoles, 37mes journées de l'Association Française d'Ecologie du paysage IALE France, 7-10 novembre 2006, Rennes.
- Nedjai. R., Rovera. G., Bonnet. M.P., 2003. Les effets des épandages de sel sur la tourbière lacustre du Luitel (massif de Belledonne, France) : la dérivation des eaux du ruisseau du Rambert comme remède à la pollution. *Revue de Géographie Alpine* **1**, p. 51-66.
- Vallet. P., 2005. Aménagements de milieux aquatiques le long de l'autoroute de Maurienne A43, 4^e rencontres "Routes et faune sauvage », 21-22 septembre 2005, Chambéry.

- **Végétation**

- Angold, P.G., 1997. The impact of a road upon adjacent heathland vegetation: effects on plant species composition, *J. Appl. Ecol.* **34**, p. 409–417
- Bennett, A.F., van der Ree, R., 2001. *Roadside vegetation in Australia: conservation values and function of a linear habitat network in rural environments*. Proceeding of the 2001 annual IALE conference 5-8 September 2001. University of Birmingham. p. 231-240.
- Schmidt, W., 1989. Plant dispersal by motor cars. *Vegetatio* **80**, p. 147-152.
- Arnold, G.W., Algar, D., Hobbs, R.J., Atkins, L., 1987. *A survey of vegetation and its relationship to vertebrate fauna present in winter on road verges in the Kellerberrin district, WA*. Technical report 18, Dept. of conservation and land management, WA, Perth.
- Bradshaw, A.D., Roberts, R.D., 1979. *The ecological aspects of establishment on roadside verges. The impact of road traffic on plants*. Department of environment department of transport, TRRL Report SR 513. Crowthorne, 1979 (Transport and Road Research Laboratory).
- Colwill, D.M., Thompson, J.R., Rutter, A.J., 1979. *The impact of road traffic on plants. Department of environment department of transport*, TRRL Report SR 513. Crowthorne, 1979 (Transport and Road Research Laboratory).
- Dupressoir, J.L., 1994. *Le traitement écologique de la végétation des accotements et des talus*. Journées techniques de la route : route, innovation, environnement. Direction des routes, Ministère de l'équipement, Association technique de la route, ASFA, FNTP.
- SETRA-DLI, 2005. *Guide pour la prise en compte de la végétation dans les projets d'infrastructures de transport*. Ministère de l'Environnement.
- SETRA-DLI, 1983. *Impact des routes sur la végétation*.

Spencer, H.J., Port, G.R., 1988. Effects of roadside conditions on plants and insects. II. Soil conditions. *Journal of applied ecology* **25**, p. 709-715.

- **Plantes invasives**

Campbell, G.S., Blackwell, P.G., Woodward, F.I., 1998. *Modelling the role played by aided migration in the dispersal of alien plant species*. Key concept in landscape ecology. Proceeding of the 1998 annual IALE conference 3-5 September 1998. Myerscough College. p. 320.

Gelbard, J.L., Belnap, J., 2003. Roads as conduits for exotic plant invasions in a semi-arid landscape, *Conserv. Biol.* **17**, p. 420–432.

Clifford, H.R., 1959. Seed dispersal by motor vehicles. *Journal of Ecology* **47**. p. 311-315.

Crosaz, Y., 2003. *Mise au point d'une méthode de lutte biologique contre la prolifération de l'ambrosie adaptée aux talus ferroviaires*, 2^{ème} forum Ambrosie – Un problème de santé qui nous concerne tous – Conseil Général du Rhône, Lyon, 24 mars 2003.

Hobbs, R.J., Humphries, S.E., 1995. An integrated approach to the ecology and management of plant invasions. *Conservation Biology* **9**, p. 761-770.

Panetta, F.D., Hopkins, A.J.M., 1991. Weeds in corridors: invasion and management. See Ref. **111**, p. 341-351.

Parendes, L.A., Jones, J.A., 2000. Role of light availability and dispersal in exotic plant invasion along roads and streams in the H.J. Andrews Experimental Forest, Oregon. *Conservation Biology* **14(1)**, P. 64-75.

Tyser, R.W., Worley, C.A., 1992. Alien flora in grasslands adjacent to road and trail corridors in Glacier National Park, Montana (U.S.A.). *Conservation Biology* **6(2)**, p. 253-262.

- **Paysage**

Biennu P., Mazas A., Boêmare A., 2001. *Les chemins du paysage. Un outil de connaissance des territoires de l'Isère*. CD-ROM. Conseil Général de l'Isère.

Petry, D., Krönert, R., 1998. *Towards the integration of land use and natural resources: contributions of landscape analysis to regional planning*. Key concept in landscape ecology. Proceeding of the 1998 annual IALE conference 3-5 September 1998. Myerscough College. p. 405-410.

Carr, L.W., Fahrig, L., Pope, S.E., 2002. Impacts of landscape transformation by roads. In: K.J. Gutzwiller (ed), *Applying Landscape Ecology in Biological Conservation*, Springer-Verlag, New York p. 225–243.

Charles, R., Lorain, J.M., 1981. Réflexions sur les études de paysage : leur prise en compte dans les études d'impact. *Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées* **112**, 247-255

- **Aménagement / gestion / suivi / mesures**

Baudry, J., Bunce, R.G.H., 2001. An overview of the landscape ecology of hedgerows. Hedgerows of the world: their ecological functions in different landscapes. Proceeding of the 2001 annual IALE conference 5-8 September 2001. University of Birmingham. p. 3-16.

Bohemen, H.D van, 1995. *Mitigation and compensation of habitat fragmentation caused by roads: strategy, objectives, and practical measures*. In: Environmental Issues: Energy, Water, Noise, Waste and Natural Resources, National Research Council, Transportation Research Board, Washington, p. 133–137.

Clevenger, A.P., Chruszcz, B., Gunson, K., 2001. Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin* **29**, p. 646–653.

CERA-Environnement. *Ecologie des bords d'autoroutes : bilan de trente années d'aménagement et de gestion extensive*. Autoroutes du Sud de la France, CNRS. 6 p.

- Chapuis, J.-L., Décamps, H., Barnaud, G., Barre, V., 2001. *Programme national de recherche « Recréer la nature : réhabilitation, restauration et création d'écosystèmes »*. Actes du colloque de Grenoble, 11-13 septembre 2001. Supplément 9, 2002 à la Revue d'Ecologie (La Terre et la vie). 261 p.
- Collectif, 1998. Installations d'avertissement de la présence de faune : un système efficace. *Revue d'information suisse de la biologie de la faune* 6.
- Commission Dequade Environnement / Société de conseil QEM, 2001. *Analyse environnementale des activités d'entretien et d'exploitation de la route*. 12 p.
- Conseil Général de l'Isère. Nd. *Prendre en compte les corridors biologiques*. Plaquette. Service environnement. 39 p.
- Coumoul, H., Chavaren, P., 1995. *Guide to the upkeep of highway landscape appurtenances*. Autoroutes du Sud de la France, département Aménagement du paysage. 66 p.
- Cuperus, R., Canters, K.J., de Haes, H.A.U., Friedman, D.S., 1999. Guidelines for ecological compensation associated with highways. *Biological Conservation* 90, p. 40–51.
- Cuperus, R., Canters, K.J. and Piepers, A.A.G., 1996. Ecological compensation of the impacts of a road; preliminary method for the A50 road link (Eindhoven-Oss, the Netherlands). *Ecological Engineering* 9, p. 327–349.
- Dinger, F., Tardif, P., Belle Perat, L., Bartschi, H., 2000. *Travaux d'expérimentation sur les écosystèmes végétaux dans l'aménagement paysager des grandes infrastructures*. Cemagref, Grenoble. 27 p.
- Dinger F., Bedecarrats A., 1996. *Programme de recherche et développement portant sur la végétalisation des infrastructures ferroviaires*. 54 p.
- ECONAT, 2001. *Les corridors biologiques en Isère. Projet de réseau écologique départemental de l'Isère (REDI)*. Rapport final : présentation des cartes de synthèse et du réseau général. Conseil Général de l'Isère. 76 p.
- Ecosphère, 2002. *Aménagement écologique des carrières en eau*. Guide pratique. Union Nationale des Producteurs de Granulats, Muséum National d'Histoire Naturelle, Comité National de la Charte. 206 p.
- Ecole nationale supérieure d'agronomie de Rennes, Université de Bretagne Occidentale, UNICEM Bretagne, Normandie, Pays de la Loire. 2002. *Potentialités écologiques et réaffectations des carrières de roche éruptive du Massif armoricain (Analyse bibliographique et réflexions)*, rapport, 115 p.
- Fernandes, J.P., 2000., Landscape ecology and conservation management—evaluation of alternatives in a highway process. *Environ. Impact Assess. Rev.* 20, p. 665–680.
- Gasser M., Varlet J., Bakalowicz M., 2004. *Autoroutes et aménagements : Interactions avec l'environnement*. Presses Polytechniques et universitaires romandes. 340 p.
- Geneletti D., 2005. Some common shortcomings in the treatment of impacts of linear infrastructures on natural habitat. Article in press. *Environmental impact assessment review*. 11 p.
- Geneletti, D., Alkema, D., Bertoletti, E., Pomelli, F., De Amicis, M., Guarino, R., Guerrato, S., Michelotti, C., Sterlacchini, S., Zanchi, A., Zucca, A., 2002. A Multi-Scale Approach to Assess the Impacts of Roads on Biodiversity and Geomorphology. *Terra Nostra* 4 p. 513–518.
- INEA, 2004. *Schéma de services collectifs des espaces naturels et ruraux. Corridors de la trame verte provenant des contributions régionales*. Document provisoire. 38 p.
- Jaeger J.A.G., Bowman J., Brennan J., Fahrig L., Bert D., Bouchard J., Charbonneau N., Frank K., Gruber B., Tluk von Toschanowitz K., 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behaviour. *Ecological modelling*, 185. p. 329-348.
- Magnat D., 1998. *Déviations de Valence : une opération chouette*. DDE Drôme. Actes des 3^{ème} rencontres Routes et faune sauvage. p. 349-351.

- Mitsch, W.J., Wilson, R.F., 1996. Improving the success of wetland creation and restoration with know-how, time, and self-design. *Ecological Applications* **6** (1), p. 77–83.
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 2001. Faune sauvage : les corridors faunistiques en Suisse. *Cahier de l'environnement* **326**, 120 p.
- Sankoh, O.A., Bonner, D., Determann, J., Gersten, J., Gropp, A., Hoelters, I., 1993. Finding and assessing route alternatives, *Journal of Environmental Management* **38**, p. 323–334.
- SETRA, 1982. *Végétation routière et autoroutière*. Journées techniques d'Avignon. 4-6 octobre 1982. Ministère des transports, Direction des routes. 10 p.
- SETRA, 1994 a. *Gestion extensive des dépendances vertes. Intérêts écologiques, paysagers et économiques*. Ministère de l'Équipement, Ministère de l'Environnement.
- SETRA, 1994 b. *Aménagements routiers et préservation des rivières : problématique et solutions*. Note d'information n°43. Ministère de l'équipement et des transports. 4 p.
- SETRA, 1998 a. *Aménagements routiers et préservation des rivières: cas de l'aménagement de la RN 202 dans les gorges du Var*. Note d'information n°57. Ministère de l'équipement et des transports. 6 p.
- SETRA, 1998 b. *Surveillance automatique des passages pour la faune: piégeage photographique et suivi vidéo*. Note d'information n°59. Ministère de l'équipement et des transports. 8 p.
- SETRA, 2000. *Gestion des déchets de construction et d'exploitation liés à la route*. Note d'information n°63. Ministère de l'équipement et des transports. 8 p.
- SETRA, 2002 a. *La route et le paysage. La lecture sensible du paysage : un outil d'analyse des enjeux du territoire*. Note d'information n°67. Ministère de l'équipement et des transports. 6 p.
- SETRA, 2002 b. *La route et le paysage. Gestion des dépôts de matériaux excédentaires en zone agricole*. Note d'information n°68. Ministère de l'équipement et des transports. 6 p.
- SETRA, 2002 c. *La route et le paysage. Le paysage dans les projets routiers: un outil pour l'aménagement du territoire*. Note d'information n°69. Ministère de l'équipement et des transports. 6 p.
- SETRA, 2003 a. *Merlons, écrans et paysage routier*. Rapport d'étude. Collection les rapports. 69 p.
- SETRA, 2003 b *La lutte contre l'ambrosie*. Note d'information n°71. Ministère de l'équipement et des transports. 8 p.
- SETRA, 2003 c. *Systèmes et mesures visant à réduire le nombre de collisions avec les grands ongulés*. Note d'information n°72. Ministère de l'équipement et des transports. 8 p.
- SETRA, 2005. *Aménagement et mesures pour la petite faune*. Guide technique. 264 p.
- Southerland, M.T., 1995. Conserving biodiversity in highway development projects. *The Environmental Professional* **17**, p. 226–242.
- Syndicat français de l'industrie cimentière, Chambre syndicale des fabricants de chaux grasses et magnésiennes, 2004. *Potentialités écologiques des carrières de roche calcaire (analyse bibliographique et réflexions)*, rapport 120 p.
- USAP, 1996. *Définition des mesures compensatoires pour la grande faune lors des études préalables à la réalisation des autoroutes*. Document de travail préliminaire. 61 p.
- Anderson, P., 1994. *Road and Nature Conservation. Guidance on Impacts, Mitigation and Enhancement*. English Nature, Northminster House, Peterborough, England.
- AFIE (Association française des ingénieurs écologues). 1996. *Les mesures compensatoires dans les infrastructures linéaires de transport*.
- Autoroutes du sud de la France, 1998. *Rapport du groupe de travail « clôtures »*. 31 p.
- Ballon, P., 1985. *Bilan technique des aménagements réalisés en France pour réduire les impacts des grandes infrastructures linéaires sur les ongulés gibiers*. Actes du XVII^{ème} congrès de l'Union Internationale des Biologistes du Gibier. p. 679-689.

- Boarman, W.I., Beigel, M.L., Goodlett, G.C., Sazaki, M., 1998. A passive integrated transponder system for tracking animal movements. *Wildlife Society Bulletin* **26**, p.886-891.
- Bobbe S., 1998. *De l'aménagement du territoire au ménagement de la faune. Des passeurs de frontière*. Troisième rencontres "route et faune sauvage", Strasbourg, 3 septembre au 2 octobre 1998. p. 311-319.
- Byron, H.J., 1999. Biodiversity issues in road environmental impact assessments: guidance and case studies. In: Evink, G.L., Garrett, P. and Zeigler, D. (Eds), 1999. *Proceedings of the Third International Conference on Wildlife Ecology and Transportation*, Florida Department of Transportation, Tallahassee, p. 211–220.
- Chantereau, M., 1992. La gestion de la végétation des bords de routes. *Loiret Nature : Revue mensuelle des naturalistes orléanais*. **1 (7)**, p. 9-16.
- Chomitz, K.M., Gray, D.A., 1996. Roads, land use and deforestation: a spatial model applied to Belize. *World bank econ. Rev.* **10**, p. 487-512.
- Clergeau, P., 1998. *Des concepts de l'écologie du paysage à l'aménagement du territoire*. Troisième rencontres "route et faune sauvage", Strasbourg, 3 septembre au 2 octobre 1998.
- CNRS, ASF. *Ecologie des bords des routes. Bilan de trente années d'aménagement et de gestion extensive*. ASF. 6 p.
- CNRS, 1998. *Végétation des dépendances vertes autoroutières : influence des modes de gestion extensive et du milieu traversé*. CNRS Chizé.
- Cuperus, R., Bakermans, M.M., de Haes, H.A.U. and Canters, K.J., 2001. Ecological compensation in Dutch highway planning. *Environmental Management* **27**, p. 75–89.
- Forman R.T.T. (ed), 2003. *Road ecology: science and solutions*, Island Press, Washington (DC) (2003).
- Legrand, Keime, Genard, 1989. *Entretien des bords de route : influence sur la flore et la faune*. SRETIE.
- Lucas, A., 1965. Les talus, milieux biologiques. *Penn ar Bed. Revue trimestrielle de la Société de protection de la nature en Bretagne* **41**, p.89-95.
- Michael, E.D., 1986. Use of roadside planting by songbirds for nesting. *Transp.Res.Rec* **1075**, p. 19-20.
- Middleton, W.G.D., 1980. *Roadside vegetation, a habitat for wildlife*. Roadsides of Today and Tomorrow. Roadside conservation committee.
- Moore, N.W., 1965. *Les bords de route. Leur signification pour la biologie et la protection de la nature*. Conseil de l'Europe, Strasbourg, A91, 643. 5 p.
- Quammen, M.L., 1986. Measuring the success of wetlands mitigation. *National Wetlands Newsletter* **8**, p. 6-8.
- Rosell, C., Parpal, J., Campeny, R., Jové, S., Pasquina, A., Velasco, J.M., 1997. *Mitigation of barrier effect of linear infrastructure on wildlife*, International Conference on Habitat Fragmentation, Infrastructures and the Role of Ecological Engineering, pp. 367–372, Canters, Maastricht, The Hague.
- Seiler, A., Eriksson, I.M., 1995. New approaches for ecological consideration in Swedish road planning. In: Canters, K.J. (Ed.), 1995. *International conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering*, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Maastricht.
- SETRA. *Aménagements pour la faune sauvage*. Note d'information n°10.
- SETRA, 1994. *La végétalisation outil d'aménagement*. Ministère de l'Équipement, Ministère de l'Environnement.
- Smith, B., 1990. Nature conservation and transport. *Landscape Design [May]*, p. 51–53.

- **Passages à faune**

- Berne B., 2002. *Essai d'évaluation de l'efficacité de passages à faune et mise en relation avec le concept de corridor biologique (application en Isère à l'axe de Bièvre)*. Mémoire de stage. Cemagref, USTL. 43 p.
- Clevenger, A.P., Chruszcz, B. and Gunson, K., 2002. Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology* **38**, p. 1340-1349.
- Cuénot E., 1997. *A16 – Amiens/L'Isle-Adam : passages pour la grande faune sauvage. Etude de fréquentation*. SANEF. 33 p.
- ECONAT, OGE, 2000. *Potentialité de rétablissement de la perméabilité des infrastructures autoroutières à la faune*. Document final. Programme de recherche et de développement – groupe spécialisé « Milieux naturels et paysage ». ASFA. 62 p.
- Fédération départementale des chasseurs de Savoie. Service technique. *Bilan du suivi des passages grande faune sous l'autoroute de Maurienne*. 1998-2001.
- Hunt, A, Dickens, H.J., Whelan, R.J., 1987. Movement of mammals through tunnels under railway lines. *Australian Zoologist* **24** (2), p. 89-93.
- Little, S.J., Harcourt, R.G., Clevenger, A.P., 2002. Do wildlife passages act as prey-traps? *Biological Conservation* **107**, p. 135-145.
- Owaller M., 1994. *Esquisse du guide technique des passages pour la petite faune : arguments et aspects techniques*. Mémoire de fin d'études. ENSAIA, CETE de l'Est. 104 p.
- Veenbaas, G., Brandjes, G.J., 1998. *The use of fauna passages along waterways under motorways*. Key concept in landscape ecology. Proceeding of the 1998 annual IALE conference 3-5 September 1998. Myerscough College. p. 315-319.
- Veenbaas, G., Brandjes, G.J. *Use of fauna passages along waterways under highways*. Ministry of transport, public works and water management, Delft, the Netherland.
- Yanes, M., Velasco, J.M., Suárez, F., 1995. Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. *Biol. Conserv.* **71**(1), p. 217–222.
- ASFA, OGE, 1997. *Bilan des outils de suivi de l'efficacité des passages faune autoroutiers*.
- Ballon, P., 1985. *Premières observations sur l'efficacité des passages à gibier sur l'autoroute A36*. Service d'Etudes Techniques de Routes et Autoroutes, colloque Routes et faune sauvage. Bagnaux, France, p. 311–316.
- Bekker H. *Effectiveness of adapted culverts and bridges - methods and results*.
- Carsignol, J., 1995. *Télésurveillance des passages Faune*. Ministère de l'environnement, SETRA.
- Chatain M., Vincent M., 1986. *Les passages pour la faune sauvage des régions Auvergne, Bourgogne, Franche-Comté et Rhône-Alpes*. Rapport d'études. SETRA, Secrétariat d'état à l'Environnement, CETE de Lyon Groupe Environnement. 27 p.
- Cibien C., Ballon P., Gonzales G., Klein F., Maizerait C., 1995. *Nécessité de passages pour la grande faune ? Réflexions sur les fondements biologiques*. Rapport d'études USAP/SCETAUROUTE Environnement. 42 p.
- Clergeau P., 1993. Utilisation des concepts de l'écologie du paysage pour l'élaboration d'un nouveau type de passage à faune. *Gibier Faune Sauvage* **10**, p. 47-57.
- Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt de Picardie/CTBA, 2001. *Etude de pré-définition de passages de faune à structure bois*. Rapport de synthèse. 21 p.
- ECONAT, 1992. *Protection de la faune dans les projets de nouveaux tracés ferroviaires*. 35 p.
- Glitzner I., Völk F.H., nd. *Passageways through 1990 km fenced motorways in Austria: Assessment of number, distribution and quality for big game species (indicator species: red deer)*. p. 20-23.
- G.R.E.G.E. (Groupe de recherche et d'étude pour la gestion de l'environnement), 1994. *Etude de l'efficacité des passages à grande faune sauvage sur les infrastructures linéaires*. Rapport d'études réalisé pour le compte de SCETAUROUTE. 162 p.

- G.R.E.G.E. (Groupe de recherche et d'étude pour la gestion de l'environnement), 1995. *Efficacité des ouvrages de franchissement des infrastructures linéaires par la grande faune*. Rapport d'étude réalisé pour l'Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes. 163 p.
- G.R.E.G.E. (Groupe de recherche et d'étude pour la gestion de l'environnement), 1996. *Définition des mesures de réduction des impacts sur la grande faune lors des études préalables à la réalisation des autoroutes*. Document réalisé pour le compte de l'association des Sociétés Françaises d'Autoroutes. 70 p.
- G.R.E.G.E. (Groupe de recherche et d'étude pour la gestion de l'environnement), 1996. *Expérimentation de la méthode de définition des mesures de réduction des impacts sur la grande faune*. Document réalisé pour le compte de l'association des Sociétés Françaises d'Autoroutes. 27 p.
- Hunt, A., Dickens, H.J., Whelan, R.J., 1987. Movement of mammals through tunnels under railway lines. *Aust.Zool.* **24**, p. 89-93.
- Keller, V., Pfister, H.P., 1997. Wildlife passages as a means of mitigating effects of habitat fragmentation by roads and railway lines. In: *Proceedings of the International Conference on Habitat Fragmentation, Infrastructures and the Role of Ecological Engineering*, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Maastricht, The Hague, pp. 367-372.
- Keller V., nd. *The use of wildlife overpasses by mammals: results from infra-red video surveys in Switzerland, Germany, France and the Netherlands*. p. 27-28.
- Kistler R., 1998. *Suivi scientifique des installations d'avertissement de la présence de la faune*. Rapport. Infodienst Wildbiologie and Oekologie. Calstrom WWA-12-S.
- Mezerait, C., 1980. *Observatoire de l'autoroute A63. Pièges photographiques pour mammifères* GERA
- Mouget, T., 1996. Des tunnels pour batraciens. *Le courrier de la Nature* **155**, p. 22-28.
- National Environmental Research Institute (DMU), 1998. *Fauna passages on larger roads*. Report.
- Rodríguez, A., Crema, G., Delibes, M., 1996. Use of non-wildlife passages across a high speed railway by terrestrial vertebrates. *J. Appl. Ecol.* **33**, p. 1527-1540.
- SETRA, CETE de l'Est, 1998. *Surveillance automatique des passages pour la faune, piégeage photographique et suivi vidéo*. Note d'information série Economie – Environnement n°59. 8 p.
- SNCF, 1996. *Passages pour la grande faune – expériences et recommandations*. SNCF, Paris.
- Vignon V., Walczak S., 1998. *Réhabilitation d'un passage à faune sous infrastructures jumelées (TGV et autoroute) jusque-là non utilisé par les ongulés sauvages : le cas du passage de la Bâte (tronc commun des autoroutes A10/A11)*. Actes des 3^{ème} rencontres Routes et faune sauvage. p. 237-249.
- Vignon, V., 1997. *Bilan des outils de suivi de l'efficacité des passages à faune autoroutiers*. Office de génie écologique pour l'Association française des sociétés d'autoroutes.

- **Etude d'impact et évaluation**

- André, P., Delisle, C.E., Revéret, J.P., Sène, A., 1999. *L'évaluation des impacts sur l'environnement. Processus, acteurs et pratique*. Presse Internationale Polytechnique. 416 p.
- Biotope, DIREN Midi-Pyrénées, 2002. *Guide sur la prise en compte des milieux naturels dans les études d'impacts*. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. 75 p.
- Coste, J.-F., Pereira, A., Blanc, I., 1996. *Evaluation globale des impacts des infrastructures autoroutières. Contribution à l'analyse du cycle de vie*. Vol 1 : Concepts et description méthodologique. 35 p. Vol 2 : Application de la méthode à la comparaison de tracés autoroutiers. 57 p. INERIS, LCPC, ASFA.
- Crist, M.R., Wilmer, B., Aplet, G.H., 2005. Assessing the value of roadless areas in a conservation reserve strategy: biodiversity and landscape connectivity in the northern Rockies. *Journal of Applied Ecology* **42**, p. 181-191.

- Environnement Québec, 2002. *Le suivi environnemental. Guide à l'intention de l'initiateur de projet*. Direction des évaluations environnementales, Ministère de l'Environnement. 21 p.
- Fernandes, J.P., Quinta-Nova, L., Baptista, P., 1998. *A regional ecological characterization method for quality and impact assessment*. Key concept in landscape ecology. Proceeding of the 1998 annual IALE conference 3-5 September 1998. Myerscough College. p. 37-42.
- Geneletti D., 2003. Biodiversity impact assessment of roads: an approach based on ecosystem rarity. *Environmental impact assessment review* **23**, p. 343-365.
- Geneletti, D., 2005. Multicriteria analysis to compare the impact of alternative road corridors. A case study in northern Italy, *Impact Assess Proj Apprais* **23**(2), p. 135-146.
- Geneletti, D., Alkema, D., Bertoletti, E., Pomelli, F., De Amicis, M., Guarino, R., Guerrato, S., Michelotti, C., Sterlacchini, S., Zanchi, A., Zucca, A., 2002. A Multi-Scale Approach to Assess the Impacts of Roads on Biodiversity and Geomorphology. *Terra Nostra* **4**, p. 513-518.
- Germain P., Désiré G., 2004. *Le cadrage préalable de l'étude d'impact sur l'environnement*. Ministère de l'écologie et du développement durable, CETE de l'Ouest, ESA Angers. 39 p.
- Lerond M., Thiévent P., 2001. *Suivi et évaluation environnementale des opérations routières*. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. 63 p.
- Michel P., 2001. *L'étude d'impact sur l'environnement*. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. 155 p.
- Michel, P., Monier, T., 2001. *L'évaluation environnementale des plans et programmes de transport. Enjeux, indicateurs d'effets et outils d'évaluation*. BCEOM, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. 89 p.
- Ramp D., Wilson V.K., Croft D.B., 2005. Assessing the impacts of roads in peri-urban reserves: road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. Article in press. *Biological conservation*. 12 p.
- SETRA. 2006. Infrastructures de transports et sites Natura 2000. Collection « les rapports » Sétra, 109 p.
- AFIE, 1996. *Les méthodes d'évaluation des impacts sur les milieux*. Actes des journées AFIE du 22 nov. à Bordeaux. Ed. MEDD et AFIE. 117 p.
- AQEI, 1997. *La biodiversité et les évaluations d'impacts*. Actes du 6^e congrès de l'Association québécoise pour l'évaluation d'impacts (AQEI), Collection Environnement. Université de Montréal. Vol. hors série n°11. 107 p.
- BCEOM, 1997. *Évaluation environnementale des schémas d'infrastructures de transport. Essai méthodologique*. Ministère de l'Environnement.
- Byron HJ., 2000. *Biodiversity and environmental impact assessment: a good practice guide for road schemes*, The RSPB, WWF-UK, English Nature and the Wildlife Trusts, Sandy, UK,.
- CETE de Lyon et BCEOM- INGEROUTE, 1999. *Méthode d'évaluation des réseaux de transport. Tests pour la mise en évidence des enjeux et l'utilisation d'indicateurs d'évaluation*. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.
- Conférence Européenne des Ministres des Transports, 1996. *Évaluation stratégique de l'impact sur l'environnement dans le secteur des transports*. Rapport final.
- Conseil Général des Ponts et Chaussées, 1992. *Infrastructures de transport et environnement*. Rapport final 90- 221.
- DIREN Midi Pyrénées, 2001. *Qu'est-ce qu'une bonne étude d'impact sur les milieux naturels* Guide pratique. Biotope.
- EDF. 1991. *L'étude d'impact sur l'environnement des réseaux de transport. Les milieux naturels*
- EDF. 1994. *L'étude d'impact sur l'environnement des réseaux de transport. le paysage*.
- Horner, R.R., Mar, B.W., 1983. Guide for assessing water quality impacts of highway operations and maintenance. *Transp.res.rec.* **948**, p. 31-39.

- INGEROP, 1999. *Méthodologie des études d'impact stratégiques sur l'environnement appliquées à des corridors. Test sur le corridor Nord*. Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement / SETRA.
- Lambert J., 1994. Méthodes quantitatives d'évaluation de l'impact sur l'environnement des programmes et projets de transports terrestres. *recherche, transports, sécurité* **42**, p. 77-78.
- Michel, P., 1993. *Études d'impact : bilan de la pratique des mesures compensatoires*. Rapport d'étude préparé par BCEOM, Société française d'ingénierie pour le Ministère de l'Environnement, Direction de la nature et des paysages. 154 p.
- Ministère de l'Environnement, 1996. *Aménagement du territoire et enjeux environnementaux. Contribution à l'élaboration du schéma national d'aménagement et de développement du territoire*.
- OCDE, 1993. *Recherche en matière de routes et de transports routiers. Évaluation de l'impact des voies routières sur l'environnement*. OCDE, Paris.
- OFEFP (Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage), 1996. Grâce aux études d'impact, les voies de transport s'intègrent mieux au paysage. *Environnement : bulletin de l'OFEFP* **4**, p.16-19.
- OFEFP (Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage), 1993. *Évaluation des Impacts sur l'Environnement et infrastructures routières, Guide pour l'établissement de rapports d'impact*. Office Fédéral des routes et Association suisse des ingénieurs en transport. 108 p.
- Projets routiers interurbains. 1997. *Les études d'environnement dans les projets routiers. Guide méthodologique*
- SETRA. Nd. Les études d'environnement et de paysage dans les projets routiers. Guide SETRA-CERTU pour les projets interurbains et urbains.
- Treweek, J.R., Thompson, S., Veicht N., Japp, C., 1993. Ecological assessment of proposed road developments: a review of environmental statements, *J Environ Plan Manag* **36**(3), p. 295-307.
- US Environmental Protection Agency, 1999. *Indicators of the Environmental Impacts of Transportation*. EPA 230-R-99-001.

- **Protection infrastructures / risques naturels**

- Brugnot G., 1979. La Protection des routes contre les avalanches. Le détecteur routier d'avalanches. *Neige et avalanche* **19**, p. 3-20
- Lauer L., 1998. *L'interface homme-avalanches dans la vallée de Chamonix : la protection de l'habitat, des infrastructures et des hommes*. Mémoire d'élève. Cemagref, Grenoble. 132 p.
- Naaïm Bouvet, F., Brugnot, G., 1993. *Transport de la neige par le vent : Présentation des études sur le tracé Grenoble-Sisteron*. Colloque SATCAR route et météorologie, Clermont-Ferrand, 13-14 mai 1993. 12 p.
- Rey, F., Berger, F., Quétel, C., Le Hir, C., 2003. Le rôle de protection passive de la végétation forestière vis-à-vis de l'érosion et des chutes de pierres, *Ingénieries E.A.T.* n° spécial Risques naturels et aménagement du territoire p. 165-178
- ROCKFOR Project. 2004. *Elements for Strategic Planning Tools dedicated to a forest sustainable mitigation against rockfall*. Rapport final RF-WP1-FR-004/PAR1/FB. 219 p.
- SETRA, 1984. *Viabilité hivernale : protection contre les congères-recommandations*. Ministère de l'urbanisme, du logement et des transports. 32 p.

- **Alpes**

- Alkema, D., Geneletti, D., Cavallin, A., Van Asch, T., Fabbri, A., Zanchi, A., 2000. *Integrated datasets, GIS and 3D-system analysis for environmental impact assessment in a large alpine*

valley north of Trento (Italy). Proceeding of the XXVth International Symposium on Photogrammetry and Remote Sensing, Amsterdam.

Bonnafous A., 1987. The regional impact of the TGV. *Transportation* **14**, p. 127-137.

Bielli M., Carotenuto P., Delle Site V., 1998. Transport and environment interactions: the Italian framework. *Transportation research part D*, **3(6)**, p.389-397.

Dalstein, L., 1996. *Impact des grands réseaux routiers transalpins sur l'environnement*. Etude bibliographique. 79 p.

Gaido, L., 2000. *La problématique de la ville alpine laboratoire du développement durable*. Développement régional, économie du savoir, nouvelles technologies de l'information et de la communication. Colloque de l'ASRDLF, Crans-Montana, 6-9 septembre 2000.

Berthoud, G., 1998. *L'approche globale intégrée de la défragmentation paysagère face au développement des réseaux de transport en Suisse*. Troisièmes rencontres « routes et faune sauvage », Strasbourg, 3 septembre au 2 octobre 1998. 8 p.

Blanchet D., Brossier C., Gérard M., 1998. *La politique française des transports terrestres dans les Alpes*. La documentation française.

Bovy Ph. H., 1990. *Environnement et politique de transports urbains en Suisse.*, actes du congrès Vivre et circuler en ville, Paris 29-31 janvier 1990. CETUR. p. 58-65.

CETE de Lyon, DDE 26, 2001. *Etude préalable à la restauration écologique de la plaine de Valence*.

CETE MED/DHACE, 1993. *APS Environnement. Section Col du Fau – la Saulce*. DRE/PACA/SIT.

CETE MED/DHACE. 1999. *Etude autoroute par Lus la Croix-Haute Environnement*. DRE/PACA/SIT.

CETE MED, 1991. *Section médiane Col du Fau – Sisteron. Etude comparative des variantes*. Dossier de synthèse. DRE/PACA/SIT.

Delarze R., Marchesi P., Perrin N., Rolle C., 1993. *RN9 tronçon Est Leuk-Susten West. Milieux naturels, description de l'état existant*. Rapport d'impact des bureaux P. Chevrier SA et Impact SA. Service des routes nationales, Sion. 40 p.

Durand D. Etudes Environnement, 1994. *Etude préalable, état initial de l'environnement Autoroute A51, liaison Grenoble-Sisteron. Section Grenoble-Col du Fau, communes de Monestier-de-Clermont et de Saint Paul-les-Monestier*. Conseil Général Isère, DDAF Isère, DDE Isère. 40 p.

ECONAT, 2003. *Corridor de la cluse de Voreppe. Etape 1 : définition de variantes potentielles de corridors*.

Marchesi P., 1993. *Commentaires généraux sur les passages à faune et analyse de différentes variantes pour les projets T9/N9*. rapport du bureau C. Werlen SA. Service des routes nationales, Sion.

- **Natura 2000 / espaces naturels**

SETRA. 2006. *Infrastructures de transports et sites Natura 2000*. Collection « les rapports » Sétra, 109 p.

De Amicis, M., Geneletti, D., Ravazzi, C., Zanchi, A., 1999. Environmental impact assessment in a natural park: the case of a motorway construction in the "Parco dei Colli di Bergamo" (Italy). In: Orombelli, G., Editor, *Studi geografici e geologici in onore di Severino Belloni, Glauco Brigati*, Genova, p. 303-323.

SETRA, Ministère de l'Ecologie et du développement durable, CETE de Lyon, 2003. *Infrastructures de transport et sites Natura 2000*. rapport d'étude. 111 p.

SETRA, 2004. *Les outils de protection des espaces naturels en France. Aspects juridiques liés aux opérations routières*. Guide technique. 79 p.

- **Etudes de cas**

- AREA, 1995. *Bilan Loi d'orientation sur les transports intérieurs. Montmélian/Albertville/Moùtiers – A43/A430/RN90*. AREA, DDE Savoie, CETE Lyon. 43 p.
- Bridelance S. 2004 *Etudes préalables, projets de revalorisation : exemple de la liaison Chartreuse-Bauges*. Extrait du Colloque Rivières et corridors biologiques : nouveaux enjeux ? FRAPNA Haute-Savoie. 7 p.
- Commission Internationale pour la protection des Alpes, septembre 2005. Des tunnels ferroviaires plutôt qu'une politique des transports ? *CIPRA Info 77*, 16 p.
- Commission particulière du débat public, 2005. *Liaison Grenoble-Sisteron*. Compte-rendu établi par le Président de la CNDP. Débat du 7 juin au 20 octobre 2005. 56 p.
- Conseil Général des Ponts et Chaussées / du Génie Rural, des Eaux et Forêts, 1999. *Bilans LOTI. Rapport du groupe de travail sur le bilan de l'autoroute A49 Grenoble-Valence*. Annexe. 20 p.
- Conservatoire du Patrimoine Naturel de Savoie, SFTRF, 2005. *Proposition de partenariat SFTRF / CPNS pour la période 2007-2017*. 17 p.
- Conseil Général Haute-Saône. 2002. *Construction de la RN19 Lure-Delle*. Etude d'impact, rapport d'enquête publique de la commission d'enquête et rapport de conclusions motivées et avis de la commission d'enquête.
- ECONAT, 2002. *Analyse de la perméabilité routière du réseau AREA. Liste des ouvrages de l'A41*. 52 p.
- Lassman-Trappier A., 2004. *Transport routier et pollution dans les Alpes : le cas particulier de la vallée de Chamonix*. Dossier de synthèse. 12 p.
- SNCF. 2001. *Liaison CDG Express : liaison dédiée Paris-Est – Aéroport Charles de Gaulle*. Etude environnementale 13 p.
- LTF, 2003. *Liaison ferroviaire Lyon-Turin : partie commune franco-italienne (Saint-Jean-de-Maurienne – Bruzolo)*. Synthèse de l'Avant-Projet Sommaire. Dossier de consultation. 67 p.
- Ministère de l'Equipement, des Transports et du Tourisme. *Autoroute A43, section diffuseur d'Aiton – échangeur du Freney. Mesures pour l'environnement : les engagements de l'Etat*. Fiches thématiques. Direction des Routes, DDE Savoie.
- Ministère de l'Equipement, des Transports et du Tourisme. *Autoroute de la Maurienne - Charte Environnement et Paysage*. Conseil Général Savoie, DDE Savoie, Association des maires de Maurienne, SFTRF. 13 p.
- Ministère de l'Equipement, des transports, de l'aménagement, du territoire, du tourisme et de la mer. *Autoroute A 57. Bilan LOTI*. Avis du CGPC. Rapport n°2004-0263-01. 5 p.
- RFF. *La LGV Est et l'environnement intégré*. 16 p.
- RFF, 2000. *Liaison ferroviaire transalpine. Les optimisations d'insertion, secteur de Grenay/Satolas et secteur de Grenay/Saint-Savin*. Dossier de consultation. 71 p.
- RFF, 2000. *Liaison ferroviaire transalpine. La desserte de Satolas*. Dossier de consultation. 39 p.
- RFF, 2000. *Liaison ferroviaire transalpine. Les possibilités de phasages*. Dossier de consultation. 43 p.
- RFF, 2000. *Liaison ferroviaire transalpine. La synthèse des perspectives d'aménagement*. Dossier de consultation. 47 p.
- RFF, 2000. *Liaison ferroviaire transalpine. La desserte de Grenoble*. Dossier consultation. 143 p.
- RFF, 2000. *Liaison ferroviaire transalpine. La fenêtre de Chambéry*. Dossier consultation. 305 p.
- RFF, 2000. *Liaison ferroviaire transalpine. Les itinéraires fret*. Dossier de consultation. 176 p.
- RFF, 2000. *Liaison ferroviaire transalpine. Le secteur de Maurienne*. Dossier consultation. 288 p.
- RFF, 2001. *Liaison ferroviaire transalpine. Ligne à grande vitesse Lyon-Sillon alpin. Avant-Projet Sommaire : plans techniques ; Bilan de la consultation – Synthèse, Schéma directeur*

- paysager, Dossier technique de l'infrastructure. 144 p., Dossier d'évaluation environnementale, Etude initiale détaillée de l'environnement. Secteur de la bretelle de Saint-André-le-Gaz. 79 p. + cartes (CETE Lyon), Etude initiale détaillée de l'environnement. Secteur de la cluse de Chambéry. 48 p. + cartes.
- RFF, 2005. *Amélioration de la relation Paris-Ain-Genève-Nord Haute Savoie. Modernisation de la ligne Bourg-en-Bresse/Bellegarde-sur-Valserine (Haut Bugey)*. Dossier Loi sur l'eau. 107 p. + figures et annexes.
- RFF, Biotope, 2003. *Liaison fret Saint-André-le-Gaz/Sillon alpin via le tunnel sous Chartreuse. Etude des milieux naturels faune et flore pour l'intégration dans l'étude d'impact*. 164 p.
- RFF, 2003. *Liaison ferroviaire Lyon-Turin : itinéraire fret (Saint-André-le-Gaz, Sillon alpin via le tunnel sous Chartreuse)*. Etudes d'avant-projet sommaire. Dossier de consultation. 235 p.
- RFF, 2003. *Liaison ferroviaire Lyon-Turin*. Présentation générale. Dossier de consultation. 107 p.
- RFF, 2004. *Tunnel ferroviaire du Fréjus – Mont-Cenis : modernisation du tunnel et travaux connexes*. Dossier d'enquête publique.
- RFF, 2005. *Demande d'autorisation spéciale ministérielle de travaux en sites classés*. Dossier de commission des sites.
- RFF, 2006. *Lignes ferroviaires de l'ouest lyonnais. Projet périurbain de l'ouest lyonnais (Tram-Train)*. Dossier d'enquête publique préalable à la DUP. 106 p. + Etude d'impact sur l'environnement. Pièce F. 237 p.
- SAPRR, 1996. *Autoroutes et réhabilitation des carrières : l'expérience des Maillys. Une carrière rendue aux oiseaux, A 39*. Guide technique, Ed. Lavoisier.
- SAPRR, 2003. *Observatoire de l'environnement et des effets économiques de l'autoroute A39*. Actes du colloque du 21 novembre 2003, Louhans. SETRA, CETE de Lyon. 95 p.
- SAPRR, 2005. *Les observatoires autoroutiers et d'infrastructures linéaires : incidences environnementales et socio-économiques à partir du cas de l'A39*. Actes du colloque scientifique les 17 et 18 mars 2005. 145 p.
- Schuler, M., Katell, D., Bassand, M., Rumley, P.-A., 2000. *Swissmetro and Switzerland in prospective: the spatial effects of the high-speed train*. The 6th RSAI World Congress, Switzerland, May 16-20 2000. 8 p.
- SFTRF, 1993. *Autoroute A43, Vallée de la Maurienne section Aiton/Sainte-Marie-de-Cuines*. Etude écologique approfondie : les amphibiens. ECODIR, DDE Savoie. 79 p.
- SFTRF, 1995. *Livre blanc. Autoroute de Maurienne A43*. Circulaire 1% paysage et développement / charte environnement et paysage. 51 p.
- SFTRF, 1995. *Traversée de Saint-Remy-de-Maurienne, ruisseau des Blachères*. Etat initial, impacts, mesures compensatoires. Philippe Valet, Ecologie gestion de l'environnement. 26 p.
- SFTRF, 2002. *Observatoire socio-économique de l'autoroute de Maurienne A43*. Bilan 1998-2006. 21 p.
- SFTRF, 2002. *A43 – section Aiton/Le Freney. Bilan environnemental intermédiaire*. Mission Environnement et Paysage, SETEC international.
- SFTRF. *Autoroute de Maurienne A43. Observatoire des impacts socio-économique et des transports*. Rapport technique. ASADAC, BETURE, ISIS. (1998, 2000, 2001, 2002, 2004)
- Troisième ligne de tramway de l'agglomération grenobloise. Etude d'impact : analyse de l'état initial du site et de son environnement, analyse des effets du projet et mesures correctives retenues, résumé non technique. Agence d'urbanisme.
- Fédération Départementale des chasseurs de Savoie, 2002. *Bilan du suivi des passages grande faune sous l'autoroute de la Maurienne*. Rapport. 7 p.

SITES INTERNET

Site Internet		Résumé
www.predit.prd.fr	PREDIT : programme de recherche interministériel sur les transports terrestres	Le PREDIT est un programme de recherche, d'expérimentation et d'innovation dans les transports terrestres, initié et conduit par les ministères chargés de la recherche, des transports, de l'environnement et de l'industrie, l'ADEME et l'ANVAR. Stimulant la coopération entre secteurs public et privé, ce programme vise à favoriser l'émergence de systèmes de transport économiquement et socialement plus efficaces, plus sûrs, plus économes en énergie, et finalement mieux respectueux de l'homme et de l'environnement. Le PREDIT 3 est encadré par trois objectifs généraux : assurer une mobilité durable des personnes et des biens, accroître la sécurité des systèmes de transport, réduire les impacts environnementaux et contribuer à la lutte contre l'effet de serre.
www.cordis.lu/cost-transport/src/cost-341.htm	Programme Cost 341 (Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure)	Le principal objectif du programme Cost 341 est de promouvoir une infrastructure de transport pan-européenne sûre et durable au travers de mesures de recommandations et de procédures de conception ayant pour but de préserver la biodiversité et réduire les accidents de la route, et en conséquence les victimes parmi la faune.
www.monitraf.org	Programme européen MONITRAF sur les Alpes	MONITRAF enregistre et analyse les effets du trafic routier intra- et transalpin le long des quatre corridors de transit passant par le Brenner, le Fréjus, le Saint-Gothard et le Mont-Blanc. L'objectif visé par ce projet est la mise au point de mesures transnationales susceptibles de réduire les effets négatifs du trafic routier en partant de la situation telle qu'elle se présente actuellement le long de ces corridors.
www.ecologie.gouv.fr	Site Internet MEDD : évaluation contingente, MEDD-PUCA : programme de recherche « politiques territoriales et développement durable ».	Ce programme vise, en analysant et explicitant les différents composants de ce nouveau référentiel d'action qu'est le « développement durable », à apporter un éclairage scientifique aux questions qui se posent aux pouvoirs publics au moment d'en intégrer les principes dans leurs politiques de développement : Comment évaluer les politiques publiques territoriales au regard des principes du développement durable (réversibilité, diversité, précaution...)? Comment s'articulent ces politiques d'un point de vue spatial, thématique et temporel ? Par quels modes de gouvernance des territoires mettre en œuvre les principes de développement durable ? Quels sont les effets des politiques territoriales sur les « inégalités écologiques » des territoires ? L'objectif général du programme est, in fine, de développer et capitaliser les connaissances qui permettront aux décideurs de rendre plus cohérentes leurs politiques territoriales.
www.cipra.org	Commission Internationale pour la protection des Alpes	La Commission Internationale pour la Protection des Alpes CIPRA a été créée en 1952 et s'engage pour un développement durable dans les Alpes. Elle a comme objectifs la conservation du patrimoine naturel et culturel ainsi que de la diversité régionale et tente de donner des réponses aux problèmes transnationaux rencontrés dans l'espace alpin.
www.alpinespace.org	Programme d'Initiative Communautaire INTERREG III B Espace alpin	Les quatre principaux objectifs du programme Espace Alpin sont les suivants: - Rendre l'espace alpin attractif dans le réseau européen des zones de développement: ceci requiert une approche commune du rôle de l'Espace alpin en termes de développement spatial ainsi que sa promotion active au travers de la mise en œuvre des différentes activités et mesures.

		<ul style="list-style-type: none"> - Promouvoir un développement spatial durable de l'Espace alpin qui tienne compte des relations entre la ceinture péri-alpine et la zone centrale, par la mise en oeuvre d'activités transnationales combinant approches communautaire et locale et orientées vers les questions les plus importantes du développement alpin. - Améliorer l'accessibilité interne et externe de l'Espace alpin, notamment à l'aide de moyens de transport durables et des technologies de l'information. - Protéger la richesse incomparable du patrimoine naturel et culturel, préserver la population alpine des risques naturels grâce au développement d'outils communs, aux échanges d'expériences et d'information.
www.datar.gouv.fr	Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale	Rebaptisée : Délégation interministérielle à l'aménagement et à la compétitivité des territoires (DIACT)
www.ltf-sas.com	ligne ferroviaire Lyon Turin	La société, les acteurs, la liaison, la partie commune franco-italienne
www.alpes2020.org	les nouvelles traversées des Alpes.	Exposition (Chambéry) sur les nouvelles traversées des Alpes : 4 projets ferroviaires : Brenner, Gothard, Lötschberg, Lyon-Turin.
www.alpmedia.net	service d'information de la cipra	
www.certu.fr	Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme	Développement durable à l'équipement
www.frapna.org		
www.wwf.ch		« programme Alpes » pour la protection des Alpes,
www.transports.equipement.gouv.fr	ministère des transports	
www.ademe.fr	Ademe	Agir pour développer des véhicules moins consommateurs et moins polluants, pour contribuer à une organisation durable du système de transport, pour modifier les comportements.
local.fr.eea.eu.int	Agence européenne pour l'environnement	
www.cnt.fr	Conseil national des transports	
www.inrets.fr/index.html	Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité	
www.lcpc.fr/fr/home.dml	Laboratoire central des Ponts et Chaussées	
www.umwelt-schweiz.ch/buwald/fr	Office Fédéral pour l'environnement Suisse	transport et environnement / guide étude d'impact environnementale stratégique
www.iene.info	Infra Eco Network Europe	
www.arsmb.com	association respect du site du Mt Blanc	
cte.ncsu.edu/cte	center for transportation and environment	
www.rn19.net/sommaire.php3	Rn19	Etude d'Impacts complète
portaildurisque.iut.u-bordeaux1.fr/bdedimpact.htm		Etudes d'impact
www.smtc-grenoble.org/enquete_publicative/doc6.htm		Etude d'Impacts : tram 3 Grenoble
www.admin.ch/ch/f/rs/45.html	Textes réglementaires suisses	Lois (Protection nature et paysage, transport)
www.rff.fr	Réseau ferré de France	
www.debatpublic-cdgexpress.org/docs/html/etudes.html	CDG Express	Liste des études
www.gentereo.fr/recherche_gestion.html	TEREO – gestion des espaces naturels	Observatoire écologique de l'autoroute de la Maurienne, gestion espaces verts autoroute Mont Blanc, étude impact LGV transalpine.
www.setec.fr	SETEC	Autoroute de la Maurienne (A43) : conduite d'opération de l'ensemble du projet ainsi que la maîtrise d'œuvre des sections hautes
www.conventionalpine.org	Convention alpine	La Convention sur la protection des Alpes est une convention cadre visant la sauvegarde de l'écosystème naturel ainsi que

		la promotion du développement durable des Alpes, en protégeant les intérêts économiques et culturelles des populations qui y habitent et des Pays adhérents.
www.nottingham.ac.uk/sbe/planbiblios/bibs/sustrav/refs/ST31.html	Impacts environnementaux et évaluation des transports	bibliographie
www.acer-campestre.fr	Bureau d'étude ACER	Etude d'impact
www.bav.admin.ch/neat/fr_index/index.htm	NFLA	nouvelles lignes ferroviaires à travers les Alpes
www.neat.ch/pages/f/	Alptransit Gotthard	
http://www.alpnep.org	ALPNAP	Contrôle et minimisation du bruit et de la pollution atmosphérique dus au trafic le long des principaux axes alpins de transport terrestre
www.autoroutes.mgn.fr	Portail des sociétés d'autoroutes	Développement durable - environnement
www.blsalptransit.ch	Site du Lötschberg	Construction, techniques...
www.uirr.com	Union internationale des sociétés de transport combiné rail-route	
www.iru.org	Union internationale des transports routiers	IRU s'engage avec ses associations nationales à assurer que les véhicules sont sûrs, propres, efficaces et économes en carburant; encourage la bonne gestion des flottes, un entretien rigoureux des véhicules et des conditions de travail favorables pour les conducteurs; contribue à rendre la route plus sûre et moins encombrée; cherche constamment à améliorer la performance environnementale des véhicules; entretient une étroite collaboration avec les organes nationaux compétents et avec les organisations intergouvernementales et non-gouvernementales; œuvre à l'harmonisation des réglementations et à la simplification des procédures qui régissent le transport routier; informe la profession de l'évolution de la législation nationale et internationale; cherche sans relâche à éliminer les entraves aux transports et aux échanges internationaux. Charte pour le développement durable 1996.
www.uic.asso.fr	Union internationale des chemins de fer	Environnement : bruit, émissions, énergie, climat, mobilité durable,
www.europe-international.equipement.gov.fr/rubrique.php3?id_rubrique=3	Site équipement Europe – international	Les transports alpins : Quatre enjeux pour les Alpes et pour l'Europe : Maîtriser les trafics de marchandises, susciter un report modal significatif, Réguler le trafic routier, Préserver un patrimoine environnemental exceptionnel, Sécuriser les transports et les déplacements
www.nfp41.ch	Programme national de recherche : Transport et environnement	Achévé en janvier 2001, le Programme (PNR 41) esquissait les directions à suivre en vue d'une politique des transports durable. Depuis 1997, des groupes de chercheurs ont mené à bien 54 projets de recherche visant à élaborer les bases de décision pour la politique des transports du futur. Les thèmes portaient par exemple sur la mobilité combinée dans le transport des personnes, la vérité des coûts, le Swissmetro, ou encore le transit des marchandises, les indicateurs de durabilité ou la télématique des transports.
www.swissmetro.ch/fr	Swissmetro	innovation dans le domaine du transport de voyageurs. Il s'agit d'une solution entièrement souterraine à un prix attractif, grâce à l'utilisation de l'état de l'art de la technologie moderne. Swissmetro reliera d'une façon très directe des villes et/ou des aéroports. Le véhicule se déplacera silencieusement et offrira au passager une expérience de confort et de performance.
www.lpo-anjou.org/crapauduc	Site crapauduc Anjou	Engagement des bénévoles et résultats
www.debatpublic-cpdpgrenoblesisteron.org	Commission nationale du débat public	Débat public sur la liaison Grenoble-Sisteron
www.lifeeconet.com		les meilleures manières de créer des réseaux reliant des secteurs pour la faune, et démontrant comment il est possible d'employer ces réseaux pour rendre la planification

		et la gestion d'utilisation du paysage plus soutenables
www.afie.net	Association française des ingénieurs écologues	promouvoir la profession d'ingénieur écologue et plus généralement le professionnalisme en environnement. favoriser la prise en compte des lois de l'écologie dans l'aménagement du territoire et la gestion des milieux naturels. Quelques exemples de missions confiées à des IE : réalisation des études d'environnement et d'impact telles que le prévoit le législateur conseil et assistance en écologie ; expertise des écosystèmes et génie écologique ; gestion des questions d'environnement au sein d'une entreprise ou d'une collectivité ; élaboration et suivi des études et des recherches en écologie appliquée ; développement d'actions de formation, de communication ou de médiation en matière d'environnement, participation à la mise en place et à l'évaluation de politiques de l'environnement en France et à l'étranger
agi.ouvaton.org/article256.html	AGI ! : Assemblée Générale Interprofessionnelle	Manifestation 16 novembre 2005 pour dire non au Lyon-Turin
www.ceaa-acee.gc.ca/leaving.asp?http://www.menv.gouv.qc.ca	Agence Evaluation Environnementale Canada	Guides (évaluations environnementales, suivi..)
www.inforoutes.net		Colloque du Clubs des concepteurs routiers 2001
www.nls.ethz.ch/roadmodel/index.htm	A road model	