

ÉTAT DES LIEUX DE LA
CONNAISSANCE ET DES ATTENTES
DES ACTEURS SUR L'IMPACT DES
INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT
TERRESTRE SUR LES PAYSAGES ET
LES ECOSYSTEMES

RAPPORT FINAL

COMPREHENSION DES IMPACTS DES
INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT TERRESTRE SUR LE
MILIEU NATUREL : VERS UNE PRISE EN COMPTE DE LA
DYNAMIQUE DES TERRITOIRES



Sommaire

Note synthétique : Contexte et propositions de recherche

1	CONTEXTE DE LA RECHERCHE	14
1.1	COMPREHENSION DU PRE-APR LANCE PAR LE MEDD	14
1.2	LE PARTI PRIS DE LA REPOSE A L'APR.....	15
1.3	PRESENTATION DE L'EQUIPE DE TRAVAIL	16
2	DEMARCHE ET METHODOLOGIE POUR LA RECHERCHE.....	17
2.1	LES PROBLEMATIQUES RETENUES EN PRIORITE.....	18
2.2	METHODOLOGIE	19
2.2.1	Recherche bibliographique.....	19
2.2.2	Consultation des personnes ressources	20
2.2.3	Animation des ateliers de travail au sein du groupement	21
3	PRINCIPAUX RESULTATS DE NOTRE ETUDE	22
3.1	DE L'INTERET DE LIER ECOSYSTEME ET PAYSAGE POUR ABORDER LES IMPACTS DES ITT ..	22
3.2	ATTENTES DES ACTEURS.....	24
3.2.1	Des attentes communes	24
3.2.2	Retours de la journée d'étude du MEDD.....	25
3.3	APPORTS DES EXPERIENCES ETRANGERES.....	28
3.3.1	L'Espagne	28
3.3.2	La Belgique	29
3.3.3	Le Canada et plus particulièrement la procédure Québécoise...	29
3.4	TRADUCTION DES ATTENTES ET PERSPECTIVES	33
3.5	PROPOSITIONS POUR UNE MEILLEURE PRISE EN COMPTE DES IMPACTS DES ITT SUR LES ECOSYSTEMES ET PAYSAGES	34
3.5.1	Définir la fonction des unités écologiques et appréhender l'évolution des habitats d'espèces	34
3.5.2	Développer les outils de bioévaluation des impacts et d'efficacité des mesures d'atténuation.....	36
3.5.3	Instaurer une approche systémique	36
3.5.4	Mettre en place des outils géomatiques pour l'aide à la décision dans un projet d'aménagement.....	38
3.5.5	Développer de nouvelles méthodes et techniques	39

4	PROPOSITIONS D'AXES DE RECHERCHE AU TITRE DE L'APR ITT - ECOSYSTEMES ET PAYSAGES	41
4.1	UNE PROGRAMMATION EN APPUI A UNE POLITIQUE	41
4.2	LES ATTENDUS DU PROGRAMME.....	42
4.3	IDENTIFICATION DES PRINCIPAUX CHAMPS DE RECHERCHE.....	43
4.4	OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DU PROGRAMME	45
4.5	PROPOSITION D'ORGANISATION DES PROJETS RETENUS	45
4.6	PROPOSITION DE THEMATIQUES TRANSVERSALES	46
4.7	VALORISATION DU PRE-APR ET DE L'APR	49
4.8	CONTACTS INTERNATIONAUX PROPOSES POUR LE CONSEIL SCIENTIFIQUE	50

Rapport bibliographique : ITT et Ecosystèmes

Partie I : Présentation des ITT en France

1	PRESENTATION SOMMAIRE DES RESEAUX DE TRANSPORT ETUDIES	52
1.1	LES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES DIFFERENTS RESEAUX	52
1.1.1	Autoroute	52
1.1.2	Réseau ferré.....	53
1.2	PRESENTATION DES GESTIONNAIRES DES DIFFERENTS RESEAUX	55
1.2.1	Les réseaux autoroutiers concédés et non concédés	55
1.2.2	Le réseau ferré.....	56
1.3	PERSPECTIVES DE DENSIFICATION DES RESEAUX DE TRANSPORT ETUDIE.....	56
1.3.1	Le réseau autoroutier	56
1.3.2	Le réseau des lignes grandes vitesses (LGV)	57
2	REALISATION D'UNE INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT TERRESTRE.....	60
2.1	UNE INSCRIPTION AU SEIN D'UN SCHEMA DIRECTEUR	60
2.2	LE PROCESSUS ADMINISTRATIF DE REALISATION DES PROJETS D'INFRASTRUCTURES	60
2.2.1	Utilité des études préliminaires.....	61
2.2.1.1	Les études préliminaires	61
2.2.1.2	Les études d'avant-projet (APS)	61
2.2.2	L'ENQUETE D'UTILITE PUBLIQUE ET LA DECLARATION D'UTILITE PUBLIQUE.	62
2.3	LE PROCESSUS TECHNIQUE PAR LES MAITRES D'OUVRAGES ET LES MAITRES D'ŒUVRE....	62
2.3.1	TROIS ETAPES SUPPLEMENTAIRES	62
2.4	UNE PRISE EN COMPTE RECENTE ET GRANDISSANTE DE L'ENVIRONNEMENT.	65
2.4.1	La loi sur la protection de la nature du 10 Juillet 1976.....	65

2.4.2	Vers une démarche d'évaluation des effets de l'infrastructure de transport sur l'environnement	66
2.4.2.1	De la mise en place des observatoires socio-économique et environnementaux...	66
2.4.2.2	...à l'obligation réglementaire du suivi des impacts.	67

Partie II : Perception de la nature : de la catégorisation réglementaire des espèces et des habitats à la prise en compte des processus biologiques

1	CLASSIFICATION REGLEMENTAIRE : LA PRISE EN COMPTE DES ESPECES PUIS DES HABITATS	70
1.1	DES ESPECES PROTEGEES ET A PROTEGER.....	70
1.1.1	Espèces protégées : le point sur la réglementation	70
1.1.2	Listes de référence d'espèces patrimoniales	73
1.2	LES ZONES FAISANT PARTIES D'UN INVENTAIRE D'ESPACES REMARQUABLES.....	75
1.2.1	Les Z.N.I.E.F.F.	75
1.2.2	Les zones de préemption au titre des Espaces Naturels Sensibles (ENS) des départements	75
1.2.3	Les ZICO.....	75
1.3	LES ZONES BENEFICIANT D'UNE PROTECTION REGLEMENTAIRE	76
1.3.1	Les zones humides protégées par la Loi sur l'eau.....	76
1.3.2	La mise en place d'un réseau cohérent de protection des milieux naturels à l'échelle européenne : le réseau Natura 2000.....	77
1.4	HIERARCHISATION DES SENSIBILITES : UNE LECTURE REGLEMENTAIRE	78
2	NOTIONS-CLES D'ECOLOGIE NECESSAIRES POUR APPREHENDER LES IMPACTS DES I.T.T SUR LE FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES.	80
2.1	L'ECOLOGIE DU PAYSAGE : UNE DISCIPLINE A L'INTERFACE DE L'ETUDE DES ECOSYSTEMES BIOLOGIQUES ET DE L'ANALYSE DES PAYSAGES GEOGRAPHIQUES.....	80
2.1.1	L'écosystème : un complexe autonome et homogène.....	80
2.1.2	Les paysages : systèmes interdépendants et hétérogènes.....	81
2.1.3	L'écologie du paysage : une discipline à l'interface de l'organisation spatiale des paysage et des processus biologiques dynamiques.	82
2.2	ELEMENTS SPATIAUX STRUCTURANTS ET PHENOMENES ECOLOGIQUES	83
2.2.1	la matrice paysagère.....	83
2.2.2	les taches	84
2.2.3	Les corridors.....	89
2.3	LA THEORIE DE LA HIERARCHISATION DES ECHELLES SPATIALES ET TEMPORELLES	91

2.4	DES OUTILS POUR APPREHENDER LES MODIFICATIONS DE LA STRUCTURE DU PAYSAGE : LES MODELES DE VIABILITE DE POPULATIONS ET LES INDICES SPATIAUX	92
2.4.1	Les modèles de viabilité des populations.....	92
2.4.2	Les indices spatiaux.....	92

Partie III : Effets de l'aménagement sur son environnement : antagonismes des conséquences sur les écosystèmes des infrastructures de transport terrestre

1	LES ETUDES-AMONT POUR L'EXPERTISE DES MILIEUX NATURELS : UNE NECESSITE D'ANTICIPER LES IMPACTS	96
1.1	EVALUATION DES IMPACTS.....	96
1.1.1	Définition du terme « Impact »	96
1.1.2	Typologie des impacts	96
1.1.3	Définition de l'aire d'étude.....	97
1.2	PRINCIPAUX IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT TERRESTRE (ITT)	98
1.3	DEFINITIONS DES MESURES	99
2	DESCRIPTION DES IMPACTS ET DES PROCESSUS ECOLOGIQUES ASSOCIES, PRESENTATION DES LIMITES DES MESURES PROPOSEES	101
2.1	LES IMPACTS LIES A LA PHASE DE CHANTIER	101
2.1.1	Tableau de synthèse	101
2.1.2	La perte d'habitats.....	109
2.1.3	Les perturbations liées à la vie du chantier : pollution sonore et fréquentation humaine	109
2.1.4	La mortalité de la faune sur le chantier.....	110
2.1.5	Le remaniement du sol lors de la phase de construction	111
2.2	LES IMPACTS LIES A LA PHASE DE L'EXPLOITATION DE L'INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT	112
2.2.1	Tableau de synthèse	112
2.2.2	La fragmentation des milieux	118
2.2.2.1	Réduction du brassage génétique des populations biologiques suite à l'implantation d'une infrastructure de transport.....	118
2.2.2.2	Paramètres définissant l'intensité de l'effet de barrière : influence des réseaux de transport étudiés	119
2.2.2.3	La fragmentation liée aux changements d'occupation du sol.	121
2.2.2.4	Présentation de mesures proposées et analyse de la limite de leur efficacité : ...	122
2.2.3	La mortalité de la faune liée aux infrastructures de transport .	126

2.2.3.1	Les collisions avec les véhicules : cause principale de mortalité chez certaines espèces	126
2.2.3.2	Différences de la mortalité selon le réseau autoroutier et le réseau ferré	127
2.2.3.3	Recenser la mortalité par collisions de la grande faune pour limiter l'insécurité routière	127
2.2.3.4	Mieux comprendre les causes de mortalité de la faune sur les routes pour préserver la biodiversité	128
2.2.4	Les dépendances vertes des infrastructures de transport terrestre	129
2.2.4.1	Mode de gestion des dépendances vertes	130
2.2.4.2	Les dépendances vertes comme zone refuges pour certaines espèces	130
2.2.4.3	Les dépendances vertes comme corridors biologiques pour d'autres espèces	132

Partie IV : Vers une amélioration de l'évaluation des impacts sur les écosystèmes : perspectives de recherche

1	VERS UNE VALORISATION DES ETUDES AMONT REALISEES LORS DU PROCESSUS ADMINISTRATIF DES PROJETS D'INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT TERRESTRE	135
1.1	FAUT-IL REDEFINIR LA TYPOLOGIE DES IMPACTS	135
1.2	VERS UNE EVALUATION DES IMPACTS A DES ECHELLES « ECOLOGIQUEMENT COHERENTE »	136
1.2.1	Réussir à articuler les niveaux hiérarchiques définis par les concepts d'écologie du paysage pour définir des zones de connexion biologiques	136
1.2.2	Piste de réflexion pour la définition d'un outil pertinent pour l'analyse des impacts sur les population biologiques	141
1.3	EVOLUTION DES PAYSAGES DANS LE TEMPS : DIFFICULTE D'EVALUER LES IMPACTS INDUITS	145
1.3.1	Les remembrements fonciers compensatoires en zones agricoles	145
1.3.2	Le développement des ZAC (Zone d'Aménagement Concerté)	146
2	VERS UNE AMELIORATION DES SUIVIS LORS DU PROCESSUS TECHNIQUE ET DES BILANS CONDUITS LORS DE LA MISE EN SERVICE DES INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT TERRESTRE	147
2.1	DU SUIVI DE LA PHASE CHANTIER PAR DES SPECIALISTES EN ECOLOGIE	147
2.2	POUR UN SUIVI PLUS EXHAUSTIF DES POPULATIONS	150
2.3	POUR UN PARAMETRAGE DES PASSAGES A FAUNE	152

2.3.1	Paramètres structurels des aménagements et du paysage influençant l'efficacité des passages	153
2.3.2	Les relations entre proies et prédateurs ont-elles une influence sur l'efficacité des passages à faune ?	153
2.4	VERS UN RETOUR DES EXPERIENCES DE SUIVI : LA CREATION D'UN REFERENTIEL COMMUN... ..	155

CONCLUSION - PERSPECTIVES

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

Introduction

Depuis le sommet de Rio en 1992, le maintien de la diversité biologique tout comme la préservation de l'intégrité des écosystèmes occupent une place centrale dans les questions de sociétés ainsi que dans les politiques de développement.

Le territoire français a hérité d'un patrimoine naturel remarquable. De part sa position géographique, la France est actuellement placée aux carrefours de 4 grands domaines biogéographiques : les domaines Atlantique, Continental, Méditerranéen et Alpien (Alpes et Pyrénées). La multiplicité des paramètres climatiques caractérisant ces grands domaines a été largement favorable à la mise en place d'une richesse biologique d'exception. En effet, la France abrite 43% des espèces de vertébrés d'intérêt communautaires et 40% de la flore de l'Union Européenne sur seulement 12% du territoire européen (Ministère de l'Environnement, non daté ; in COST 341).

Afin de répondre aux exigences internationales, des stratégies de conservation de cette biodiversité ont dû être formalisées à l'échelle nationale dans le cadre de la stratégie française pour la biodiversité (MEDD, 2004) mais aussi à l'échelle communautaire à travers la création d'un réseau écologique européen dit réseau *Natura 2000*. Le cadre réglementaire depuis la Loi du 10 juillet 1976 sur la protection de la nature jusqu'à la retranscription des directives européennes dans le code de l'environnement vient consolider une volonté nationale de protection des milieux naturels.

Cependant on estime à près de 20 % le pourcentage d'espèces menacées sur le territoire métropolitain (COST 341, 2001). Indéniablement, les causes d'érosion de la biodiversité sont multiples. Malgré tout, trois phénomènes majeurs expliquent majoritairement le délitement constant de cette richesse biologique. Nous les présentons ci-dessous dans l'ordre décroissant de leur contribution à l'érosion de la biodiversité :

1. *La perte d'habitat*, et dans une moindre mesure la *dégradation* de ce dernier,
2. *La fragmentation des écosystèmes* conduisant à l'isolement progressif des populations biologiques vivant en leur sein,
3. *L'introduction et la propagation d'espèces allochtones* possédant un large spectre écologique et une haute compétitivité biologique.

Les deux premiers phénomènes peuvent directement être corrélés à l'accroissement exponentiel de l'emprise des activités humaines au détriment des milieux naturels. La propagation des espèces invasives ne peut pas être uniquement expliquée par les influences anthropiques. Cependant elle reste grandement favorisée par ces dernières.

Parmi les nombreuses activités anthropiques des siècles passés et présents, la mise en place des réseaux d'infrastructures de transport terrestre (routes, voies ferrées, canaux) a marqué de manière significative les paysages naturels. D'une part, la superficie de leur emprise stricte (c'est-à-dire sans compter les aménagements connexes) représentait en 1990 près de 3% de l'ensemble du territoire métropolitain

(COST 341, 2001) ; d'autre part, les impacts imputables à ce type d'aménagement rejoignent les principales causes de l'érosion de la biodiversité :

- Perte d'habitat entre autres lors des travaux préparatoires (déboisement, défrichage), lors du terrassement, à cause du revêtement de la chaussée dans le cas du réseau routier ou à l'occasion des remembrements compensatoire en zone agricole ;
- Dégradation des milieux par rejet de matières en suspension (MES) dans les zones humides lors des travaux, par remaniements du sol et modification de la topologie (zone de remblais ou déblais), par pollution par les éléments traces mécaniques (ETM) et hydrocarbures lors de l'exploitation de l'infrastructure (dans le cas des réseaux routiers),...
- Fragmentation des écosystèmes liée au trafic, à la mise en place de clôtures et de glissières béton, à l'intensification des pratiques agricoles suite aux remembrements compensatoires,...
- Propagation d'espèces invasives au sein des accotements végétalisés du réseau routier et ferré par accentuation des vents dominants parallèles à l'axe du tracé et par création de microturbulences liées au trafic.

Les perspectives de densification des réseaux d'infrastructure de transport terrestre (ITT) apparaissent donc comme une menace sous-jacente pour la viabilité à long terme des milieux naturels. Fort de plus de quatre décennies d'expérience, les acteurs du domaine autoroutier ont connu de grandes évolutions dans la prise en compte de l'environnement, notamment grâce aux retours d'expérience des observatoires environnementaux. Cependant si les principaux impacts sur les milieux naturels sont connus, leur appréhension reste à ce jour un exercice délicat.

Cette remarque est a fortiori valable pour la mise en place du réseau ferré « Grande Vitesse ». Certes, les acteurs impliqués dans sa mise en place bénéficient des retours d'expériences issus des observatoires environnementaux du domaine autoroutier mais le nombre réduit des observatoires propres aux *Lignes Grande Vitesse* (LGV) ne permet pas d'appréhender pleinement les spécificités des impacts liés à ce réseau. Au regard du contexte énergétique, le développement futur du rail et des voies navigables est inéluctable : ils se présentent comme une alternative au transport routier ou comme un élément central du transport multimodal. Il semble donc, si ce n'est urgent au moins nécessaire, que les experts des milieux naturels (mais aussi des autres volets « environnement » de l'étude d'impacts) soient en possession des outils et des connaissances les plus performants pour évaluer avec précision les conséquences écologiques respectives à chacun des réseaux d'infrastructures de transport terrestre.

Enfin, la multiplicité grandissante des acteurs de ce domaine semble parfois conduire à un traitement différentiel des problématiques environnementales. Afin d'assurer à la fois une sécurité juridique aux projets et une considération cohérente des écosystèmes et des paysages, il convient d'une part d'évaluer avec précision les conséquences écologiques spécifiques à la concrétisation de chaque réseau et d'autre part d'améliorer les connaissances qui permettront d'évaluer les effets cumulatifs liés à la juxtaposition spatiale de ces différents réseaux.

Comme le précise Forman (1998) « *cette barrière majeure [que sont les ITT] et son implication en termes d'aménagement, de conservation de la biodiversité, de gestion,*

d'esthétisme et de politiques constituent les grands défis actuels entre sciences et sociétés. »

Afin de répondre aux évolutions constantes de procédure et de connaissances, le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD), actuel partenaire du PREDIT (Programme Interministériel de Recherche sur les Transport) et précisément du groupe de travail Go7 (Transport et Environnement), a rédigé un proto-appel à proposition de recherche intitulé « *Etat des lieux de la connaissance et de l'attente des acteurs sur l'impact des infrastructures de transport terrestre (ITT) sur les écosystèmes et les paysages* ». L'objectif principal de ce pré-APR consiste à hiérarchiser les attentes des opérateurs par rapport à ces évolutions afin d'identifier les lacunes dans le processus d'évaluation des impacts et les perspectives d'amélioration de ce dernier. Cette hiérarchisation des connaissances permet d'aboutir à la formulation d'un appel à proposition de recherche structuré qui pourra être soumis à la communauté scientifique.

Notre groupe de travail, piloté par les experts du bureau d'étude BIOTOPE et par des enseignants-chercheurs du laboratoire BIOGEO, a formulé en amont de la recherche lors de réunions internes, un questionnement qui a structuré notre réflexion et nos échanges avec les acteurs. Ce questionnement a trait à la typologie des impacts, à la notion d'échelle spatiale caractérisant les processus écologiques et leur perturbations anthropiques, à la définition ainsi qu'aux fonctions de la nature ordinaire dans l'ensemble système biophysique et, enfin, à la caractérisation des limites de la connaissance relative à l'évaluation des impacts sur le milieu naturel.

Afin de traiter de manière pertinente l'ensemble de ces questionnements, nous avons volontairement décidé d'écarter une approche par étude de cas. Chaque projet connaît un nombre important de spécificités ce qui nous a incité à conduire une démarche générale visant à mettre en exergue l'ensemble des lacunes de la connaissance et à formuler des pistes méthodologiques et de recherches pertinentes.

Le présent document fait état des résultats de cette recherche. Une note synthétique introduit le rapport bibliographique¹. La note reprend **les principaux résultats de cette étude et les propositions d'axes de recherche et de structure de l'appel à propositions de recherche**. Le rapport bibliographique, en appui à cette note, s'articule en quatre grandes parties.

Dans la première partie, le cadre général des projets d'ITT est présenté à travers la diachronie du projet, des acteurs impliqués et des contraintes réglementaires. Les perspectives d'évolution des différents réseaux de transport retenus pour la rédaction de ce rapport sont présentées, à savoir les réseaux autoroutiers et le réseau ferré Grande Vitesse. Dans cette première partie, nous présenterons en détails la méthodologie pour

¹ Il constitue la base du mémoire de Gaétan Duhamel de l'Université de Paris 4 et Paris 7 dans le cadre du Master 2 Recherche « Espace, Dynamiques des milieux et Risques ».

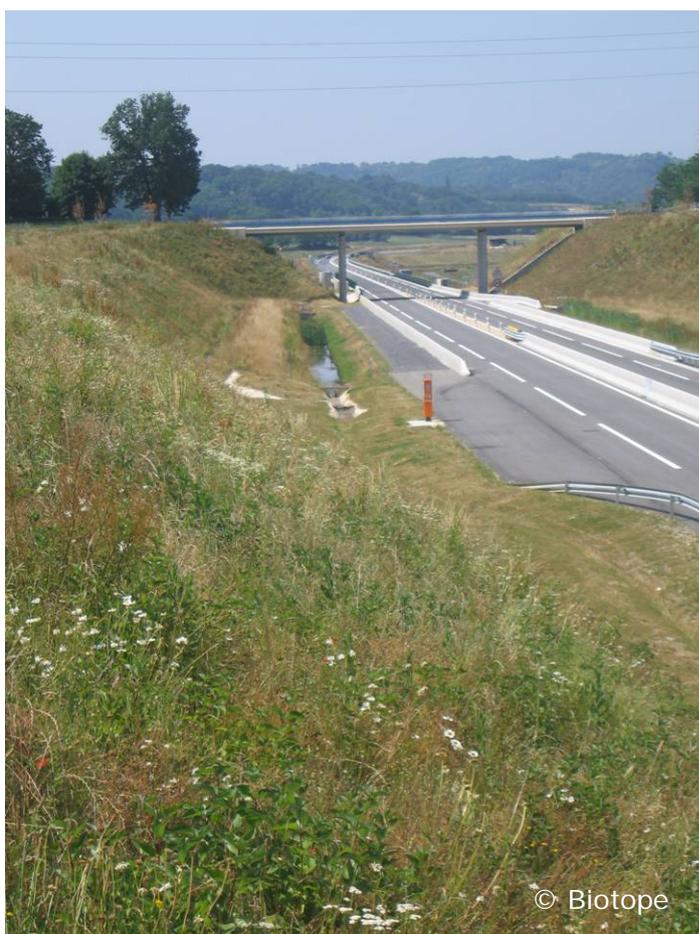
conduire cet état de la connaissance relative aux impacts des ITT sur le fonctionnement des écosystèmes et des paysages.

Dans un deuxième temps, les aspects réglementaires de protection de la nature sont mis en perspective avec une réflexion sur les concepts de l'écologie du paysage. En détaillant les postulats de l'écologie du paysage, nous souhaitons mettre en évidence les nombreuses interactions complémentaires qui existent entre le paysage et les écosystèmes. A travers l'articulation des thèmes « nature réglementaire » et « écologie du paysage », nous tentons de mettre en exergue le rôle central de la nature ordinaire dans le fonctionnement global des systèmes biologiques. Enfin les bases conceptuelles pour appréhender la définition d'une aire d'étude des impacts cohérentes vis-à-vis du fonctionnement des écosystèmes sont rappelées.

La troisième partie est axée d'une part sur la présentation de la méthode employée pour évaluer les impacts et définir les mesures permettant d'atténuer ces derniers et d'autre part sur la présentation illustrée des principaux impacts sur le milieu naturel liés aux projets d'ITT. La présentation des impacts est organisée suivants les grandes étapes du projet d'ITT : **la phase de chantier, la phase d'exploitation et la phase de gestion**. La description de ces impacts ne se veut pas être un simple *catalogue* : nous précisons les processus écologiques, détaillés dans notre deuxième partie, qui sont perturbés par l'aménagement. Nous ébauchons également les limites de la connaissance pour évaluer les impacts.

Dans la quatrième et dernière partie, les pistes de recherches sont ébauchées et hiérarchisées à court, moyen et long terme. Certaines pistes de recherche peuvent aboutir à des outils opérationnels très rapidement, améliorant ainsi la procédure dans des délais relativement courts : définition d'une nouvelle typologie des impacts, création d'un référentiel et de bases de données communes, notamment sur des mesures compensatoires adaptées, etc. D'autres pourront apporter des connaissances à moyen terme : c'est le domaine de la recherche appliquée : définition d'une méthodologie et développement d'outils tels que **les indices spatiaux** pour mieux appréhender l'aire d'étude, vulgarisation des concepts récents de l'écologie du paysage, amélioration de la connaissance de l'écologie de certains taxons et de leur interaction avec les projets d'ITT. D'autres pistes de recherche qui concernent la recherche fondamentale sont évoquées, elles nécessitent des avancées des connaissances sur le plus long terme.

NOTE SYNTHETIQUE : CONTEXTE ET PROPOSITIONS DE RECHERCHE



1 CONTEXTE DE LA RECHERCHE

1.1 COMPREHENSION DU PRE-APR LANCE PAR LE MEDD

Premier point : la volonté politique d'accroître la connaissance sur les impacts des infrastructures terrestres

Les études d'impact sur l'environnement ont été introduites en France par la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature et ses décrets d'application de 1977. Introduit plus tard, le droit européen en matière d'étude d'impact trouve sa source dans la directive CEE 85/337 du 27 juin 1985, modifiée par la directive CEE 97/11 du 3 mars 1997. Ce dispositif contribue depuis à améliorer la qualité des projets en intégrant l'environnement dans les critères de décision au même titre que les aspects financiers et techniques.

Le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable participe au programme de recherche interministériel sur les transports terrestres. A ce titre, il souhaite développer l'axe de recherche concernant « l'impact des infrastructures sur les paysages et les écosystèmes ». Le présent appel d'offre de recherche, exprime la complexité et la transversalité du domaine de l'évaluation des impacts des infrastructures de transport terrestre sur les paysages et les écosystèmes.

Deuxième point : les difficultés méthodologiques associées à l'élaboration des études d'impact et à l'évaluation des dommages environnementaux

- Complexité par le nombre de domaines interpénétrés qui servent de nombreux enjeux dont on pourrait penser qu'ils sont antagonistes : enjeu lié à la diversité biologique, enjeu économique (développement durable des territoires, impact sur la production agricole), enjeu social, enjeu politique, enjeu lié au cadre de vie, à la sécurité etc... Cette complexité se traduit également par la diversité des acteurs concernés.

- Transversalité car il s'agit à des moments clefs de l'aménagement de décider le meilleur parti pour chacun des enjeux et pour l'ensemble d'eux, ce qui nécessite une vision la plus transversale possible.

Depuis plus de 30 ans, les processus et les outils d'évaluation et de prise en compte des paysages et des écosystèmes s'améliorent mais demeurent perfectibles. La question de leur amélioration voire de leur refonte éventuelle est sous-jacente à cet appel de recherche. L'atelier de réflexion tenu en juin 2004, dans le cadre des activités du PREDIT Groupe 7, a notamment mis en avant sept points qui pourront structurer le contexte des recherches souhaitées :

- la définition et le sens donné à des termes couramment utilisés comme « paysage », « écosystème », « espace agricole » par un écologue ne sont pas forcément perçus de la même manière par un économiste. La question du langage

est par conséquent essentielle et nécessite que chaque terme clef d'une thématique donnée soit redéfini précisément avant de l'utiliser ;

- l'échelle des différents territoires et des investigations ;
- le suivi de l'évolution des écosystèmes sur des échelles de temps différentes (court et long terme par rapport à une espèce, une infrastructure, le développement d'un territoire) ;
- la prise en compte des écosystèmes et des paysages dits « ordinaires » ;
- les perceptions positives des infrastructures comme « créateur » de nouveaux paysages ;
- la valeur monétaire attribuée aux paysages et aux écosystèmes ;
- la mise en œuvre concrète du processus de concertation et de participation à toutes les étapes différentes du projet, tous les acteurs sont-ils concertés ? : élus (prescripteurs) – administrations (instructeurs) – bureaux d'études (techniciens) – entreprises (constructeurs) - population (usagers, riverains).

Troisième point : Hiérarchiser les attentes des opérateurs, identifier les lacunes du processus d'étude d'impact et construire un appel à proposition de recherches structuré.

Aussi avant d'envisager de produire de la connaissance et d'esquisser de nouveaux outils d'aide à la décision, il s'agit dans un premier temps d'identifier :

- l'état de connaissance disponible à ce jour ;
- les attentes des différents acteurs ;
- les principales questions à soumettre à la communauté scientifique.

1.2 LE PARTI PRIS DE LA REPONSE A L'APR

De nombreux processus et outils de prise en compte des paysages et des écosystèmes dans le cadre d'aménagement d'infrastructures de transport existent. Tout n'est toutefois pas complètement satisfaisant, et on note, pour un grand nombre d'études d'impact, que la partie concernant les milieux naturels est encore souvent traitée de manière insuffisante, tant pour l'analyse de l'état initial, que pour l'évaluation des impacts et les propositions de mesures d'atténuation. Cela peut s'expliquer par plusieurs facteurs tels que la difficulté de réaliser une étude complète pendant la durée forcément limitée de l'étude d'impact, la spécialisation et la pluridisciplinarité que requiert la réalisation d'une étude écologique complète, ou encore la sensibilisation insuffisante des maîtres d'ouvrage et des services instructeurs des projets de travaux et d'aménagement aux milieux naturels et à leur conservation. Au moment où les premières demandes d'autorisation dans les sites du **réseau Natura 2000** sont instruites et où la méthodologie d'étude des incidences de ces projets se précise, il est essentiel de rappeler que la plus grande attention doit être portée au milieu naturel pour les projets d'infrastructure terrestre.

Pour aborder ce champ d'investigation, le groupement BIOTOPE – BioGéo a mis en commun ses compétences de bureau d'études spécialisé dans le volet milieu naturel des études d'impact et ses experts en écologie, agronomie foresterie et paysage et ses démarches scientifiques en géographie physique, écologie du paysage, aménagement et nouvelles technologies. Le groupement pluridisciplinaire n'identifiera pas l'ensemble des questions soulevées par le PREDIT, mais propose de vérifier, consolider ou préciser les questionnements suivants :

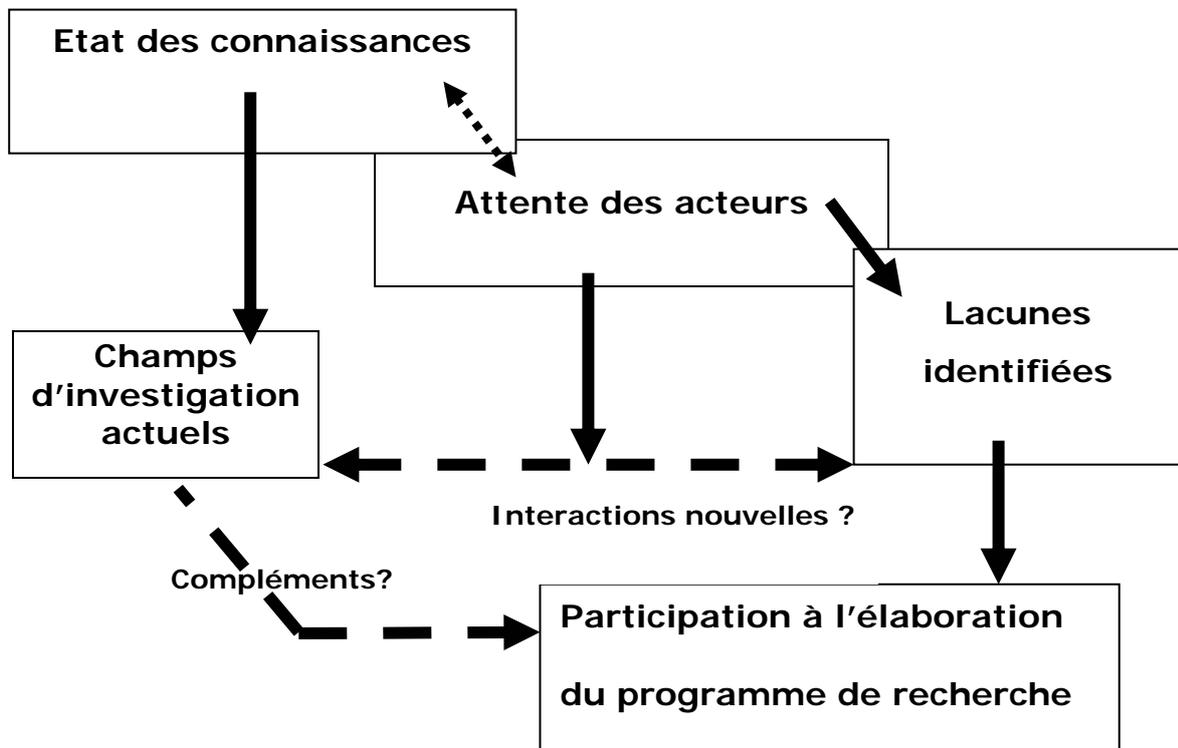
- **Questionnement n°1** : Dans quelle mesure la typologie « impacts directs / indirects / cumulés / induits » est-elle opérationnelle ? quelles sont ces principales limites ? Comment peut-on hiérarchiser les impacts ?
- **Questionnement n°2** : Quelles sont les échelles spatiales adaptées à la mise en œuvre d'une approche cohérente du territoire ? Comment définir des aires d'études pertinentes pour évaluer les différents types d'impacts ?
- **Questionnement n°3** : Qu'est-ce que la nature « ordinaire » ? Comment apprécier et mettre en évidence son importance dans le fonctionnement des écosystèmes et des paysages ?
- **Questionnement n°4** : Quelles sont les limites actuelles dans la connaissance des impacts ? Quels retours d'expériences a-t-on sur leur réelle emprise spatiale et dans quelle échelle de temps s'inscrivent-ils ?

1.3 PRESENTATION DE L'EQUIPE DE TRAVAIL

La recherche, menée de concert par BIOTOPE et des enseignants-chercheurs du laboratoire BIOGEO, est articulée en trois phases. La première correspond à une recherche bibliographique sur les travaux déjà menés sur les effets des infrastructures terrestres sur les écosystèmes et les paysages, à la fois par retour d'expériences d'étude d'impacts et par analyse des connaissances scientifiques sur ce thème. La seconde étape est consacrée au diagnostic des attentes des acteurs et repose sur des entretiens ciblés de manière à respecter la diversité sectorielle des personnes-ressources. La démarche est à ce niveau itérative car les attentes des acteurs permettront d'alimenter les pistes de recherches des publications scientifiques. L'étape suivante, basée sur des entretiens de cadrage entre les deux équipes et des séminaires internes, a pour objectif de définir d'une part les enjeux de la problématique des impacts des infrastructures terrestres à l'échelle territoriale et d'autre part de définir les bases d'un questionnement à la fois scientifique et opératoire pour la mise en place de futurs programmes de recherche.

Une attention particulière tout au long de cette démarche a été portée sur les travaux et études réalisées dans les pays Européens et au niveau international, plus particulièrement en Amérique du Nord.

Représentation schématique de la démarche de recherche



(source : BIOTOPE- BioGéo)

2 DEMARCHE ET METHODOLOGIE POUR LA RECHERCHE

Dans un premier temps, compte tenu des enjeux mais aussi des compétences et de l'expertise du bureau d'études BIOTOPE, il a été décidé que la recherche s'inscrirait prioritairement sous l'angle des impacts sur le milieu naturel et notamment de la biodiversité. La biodiversité fait face à de nombreuses menaces, mais deux d'entre elles semblent avoir des effets prédominants et peuvent être retenues comme étant les causes majeures de l'actuelle érosion de la richesse biologique : la perte d'habitats (i) et la fragmentation des écosystèmes (ii) (Pain, 2001) Les arguments en faveur de la protection de la biodiversité sont nombreux : patrimoniaux, santé et risques naturels, économiques. Ces arguments ont porté la biodiversité à la hauteur des enjeux internationaux, concrétisé par le Sommet de Rio en 1992. Ils sont affichés dans la Stratégie française pour la biodiversité (MEDD, 2004).

2.1 LES PROBLEMATIQUES RETENUES EN PRIORITE

Les infrastructures de transport terrestre marquent indéniablement le territoire dans lequel ils s'inscrivent à la fois par une emprise directe, mais également en étant source d'une nouvelle dynamique à leurs abords.

L'implantation d'une infrastructure de transport terrestre tend à stigmatiser profondément les écosystèmes et leur fonctionnement. De manière schématique :

- i. une partie des habitats d'espèces peut être amenée à disparaître soit lors du remaniement des aires de chantier soit sous l'asphalte des routes ainsi que sous le ballast des rails
- ii. une fois l'infrastructure mise en service, elle devient une véritable barrière physique dans les paysages

La réflexion s'est positionnée sur le processus de réalisation des études « amont » des projets d'aménagement, où des spécialistes des milieux naturels sont sollicités pour anticiper les impacts liés à l'aménagement. Au regard de leur portée, les études ayant pour objectif d'évaluer les impacts doivent être menées de manière méthodique et rigoureuse. Elles ne sont pas qu'un simple document administratif.

En France, la procédure actuelle d'évaluation des impacts est segmentée dans le temps : exigences et précisions diffèrent suivant les étapes. Lorsqu'ils sont impliqués dans ces procédures (des études préliminaires à l'étude d'impact), les spécialistes privés, associatifs ou universitaires ont le devoir d'anticiper les impacts. Dans la plupart des cas, ces spécialistes peuvent appréhender les impacts avec justesse et parfois certitude. Cependant dans d'autres cas, il existe des lacunes dans la connaissance des conséquences écologiques sur certains processus liés à l'ITT *a posteriori*. A travers cette recherche, il s'agit d'accompagner la volonté commune des aménageurs et des bureaux d'études traitant des impacts sur les milieux naturels de valider leur démarche, d'étoffer leurs connaissances et de crédibiliser leurs recommandations.

Notre recherche s'appuie sur les questionnements 1) « typologie impacts », 2) « échelles spatiales et aires d'étude », 3) « nature ordinaire » et 4) « limites dans la connaissance des impacts » du pré-APR.

Elles s'appuient sur les questions suivantes :

- Les impacts des ITT sont-ils similaires de part leur fonction et leur structure ?
- Existe-t-il des impacts spécifiques aux différents réseaux ?
- Dans le cas de différences observées, est-ce plus d'ordre qualitatif que quantitatif ?
- Pour quels impacts, les connaissances et le retour d'expérience sont-ils suffisants ?
- Quels processus écologiques sont touchés ? Quels outils scientifiques seraient transposables ?
- Quels sont les paramètres qui sont actuellement retenus pour définir l'aire d'étude des milieux naturels ? Sont-ils adaptés à la prise en compte de la dynamique du territoire ?

2.2 METHODOLOGIE

A travers les différentes questions retenues, les objectifs de notre étude consistent :

- d'une part à bâtir un état des lieux de la connaissance relative aux impacts des infrastructures de transport terrestre sur le fonctionnement des écosystèmes et des paysages,
- d'autre part à mettre en lumière l'attente des acteurs concernant l'évaluation de ces impacts et des mesures à mettre en œuvre pour limiter leurs effets.

Afin de répondre à ces objectifs, nous avons opté pour 1) une analyse de la bibliographie nationale et internationale sur ces thèmes et pour 2) une consultation de personnes ressources pouvant apporter un regard critique et/ou une expérience sur nos problématiques. En ce qui concerne les consultations, nous avons retenu la méthode des entretiens semi-directifs. Ces entretiens, en moyenne d'1h30, ont été menés par téléphone ou bien lors de visites, après envoi d'un courrier expliquant la démarche.

L'entretien semi-directif est une technique d'interview très efficace dans notre cas car elle permet d'aider l'interlocuteur à raconter son expérience et à faire part de ses attentes sans l'influencer. Concrètement, un entretien semi-directif comporte deux parties : la première vise à recueillir le discours spontané de l'acteur interrogé, la seconde aborde une série de thèmes déterminés au préalable. La confrontation de ces deux parties permet à la fois de comprendre et d'expliquer l'importance que revêt chaque thème pour la personne interrogée. Dans ce but, deux **guides d'entretien spécifique**, à destination des scientifiques et des administratifs ont été réalisés (cf. Annexe 1). Les thèmes abordés en seconde partie d'entretien sont issus des hypothèses de travail, ainsi que des éléments mis au jour lors de la phase préalable de recherche et analyse documentaire.

La recherche a été également ponctuée de réflexion au sein d'ateliers de travail en interne du groupement et à travers la participation à la journée d'étude du MEDD du 28 juin 2006 sur les impacts des infrastructures de transport terrestre sur les paysages et les écosystèmes.

2.2.1 RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Dans un premier temps, la littérature francophone relative à notre problématique a été analysée. Cette littérature comprenait les articles scientifiques publiés en français, des thèses françaises traitant de l'effet des infrastructures de transport terrestre sur le fonctionnement des écosystèmes mais aussi les guides techniques et notes d'information publiés par le SETRA, les actes de colloques organisés par le Ministère de l'Équipement sur le thème « Routes et Faune Sauvage », les rapports des différents groupes de travail nationaux ou européens sur le thème de l'impact des infrastructures de transport terrestre sur l'environnement, les rapports intermédiaires et de synthèse rédigés dans le cadre des différents observatoires socio-économiques et environnementaux qu'ont pu engager les sociétés concessionnaires autoroutières ou bien Réseau Ferré de France. De plus, nous avons parcouru les études réalisées par Biotope depuis sa création. Les références internes à Biotope et relatives aux infrastructures de transport terrestre sont au nombre de 80. Nous avons retenu parmi elles les études réalisées pour les grandes

infrastructures que sont les autoroutes, les lignes à Grande Vitesse (LGV) et les canaux à « grand gabarit ».

Dans un deuxième temps, la bibliographie internationale sur le thème de l'impact des infrastructures de transport terrestre sur le fonctionnement des écosystèmes a été analysée. Il est intéressant de noter qu'une nouvelle discipline, qualifiée par certains auteurs de *Road Ecology* (Forman et al., 1999), est en pleine émergence dans les pays anglo-saxons depuis le milieu des années 1990 (Burel, com. pers.). Cette nouvelle discipline repose en grande partie sur les concepts explicités par l'écologie du paysage (voir partie 2) depuis les années 80. La *Road Ecology* fait donc l'objet de nombreuses recherches et publications au niveau international. De plus, un colloque international de renom ICOET (International Conference On Ecology and Transportation) a lieu tous les deux ans aux Etats-Unis. Les actes de ce colloque, disponibles en ligne, permettent d'éclairer de manière pertinente notre regard sur les avancées des recherches relatif à nos thèmes d'étude. Ces recherches sont le fruit d'un fort dynamisme outre-atlantique. Afin de valoriser l'ensemble de la recherche bibliographique, nous avons décidé d'injecter les informations collectées au sein d'une base de données².

Cette base de données est fournie avec ce rapport.

2.2.2 CONSULTATION DES PERSONNES RESSOURCES

Les chercheurs en écologie mais aussi en géographie, urbanisme et aménagement impliqués pour leur recherche dans des problématiques ayant attiré à l'impact des infrastructures de transport terrestre sur l'environnement ont été retenus. Certains des scientifiques retenus pour les consultations ont pu, par exemple, participer à des études spécifiques dans le cadre des observatoires environnementaux. Nous avons également questionné les chercheurs-experts de certains groupes d'espèces.

De plus, les acteurs administratifs impliqués dans la conception et la réalisation des projets d'infrastructures de transport terrestre ont été consultés. Dans la mesure du possible, nous avons ciblé nos consultations sur les personnes en charge du thème « Environnement et Milieux Naturels ». Nous avons retenu les structures suivantes : les CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement), les DIREN (Directions Régionales de l'Environnement), les DDE (Direction Départementales de l'Équipement) et DRE (Direction Régionales de l'Équipement), et le SETRA (Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes)

Les différents maîtres d'ouvrages, et plus particulièrement les responsables et chargés de mission « Environnement » de ces structures ont été consultés. Nous pouvons citer RFF pour la problématique Ligne Grande Vitesse mais aussi ASF, SANEF, ESCOTA, COFIROUTE pour le réseau autoroutier.

² Dans un premier temps une architecture de table, sous format Access et devant répondre judicieusement aux questions retenues, a été mise au point. Au manque de souplesse et à la difficulté de saisie de ce type de format, nous avons privilégié par la suite l'utilisation du logiciel EndNote permettant une recherche par mots-clés et par champs parmi les lignes de texte du document. Les possibilités de requête, limitées avec ce logiciel, sont cependant suffisantes pour répondre aux objectifs de ce travail.

Enfin, il nous a semblé important de conduire des entretiens auprès des bureaux d'études généralistes qui ont la responsabilité de conduire et de synthétiser l'ensemble des différents volets des études recommandées à chaque étape du projet. Nous pouvons citer les structures suivantes : Scétauroute, SIEE, SETEC,...

L'ensemble des entretiens a permis de consulter en France plus de 28 organismes soit plus d'une trentaine de personnes (cf. Annexe 2). Une seconde session d'entretiens programmée sur les mois d'août à septembre 2006 a permis de réaliser les consultations internationales (Canada, Belgique, Espagne). Ces consultations ont permis d'enrichir nos réflexions à partir de l'expérience de pays étrangers menant une politique active, en faveur de l'environnement, dans la mise en place de leur réseau de transport.

2.2.3 ANIMATION DES ATELIERS DE TRAVAIL AU SEIN DU GROUPEMENT

Cette étude a été rythmée par l'organisation de nombreux ateliers de travail au sein du groupement.

Après qu'un premier point bibliographique ait été conduit, une journée de travail en mars 2006 a été organisée, au siège de BIOTOPE à Mèze, avec l'ensemble des chefs de projets et des chargés d'études « faune »³ de la société BIOTOPE.

Ce premier atelier, intitulé « Définition des enjeux », avait pour objectif de recueillir :

- l'état de connaissance sur les thématiques suivantes : cumul des impacts, effets induits sur les écosystèmes et les paysages, retour d'expérience sur les suivis, etc...
- les différentes attentes des experts.

Un compte-rendu de cet atelier (cf. annexe 3) fait état des points d'accord et des pistes de recherches.

Deux autres séminaires internes ont été organisés : en juin et en juillet 2006 à Paris. La première réunion a servi de préparation à la journée d'étude du 28 juin au MEDD et la seconde a permis de faire un débriefing de cette journée et a été l'occasion d'approfondir, avec la participation des chefs de projets spécialisés dans la phase travaux de la création des ITT, les impacts de cette phase et donc de préciser les questions à approfondir et d'affiner les champs de recherche esquissés.

Enfin une réunion afin de rendre compte des résultats des consultations internationales s'est tenu au début du mois de janvier et a permis de préciser les axes de recherche et la structure du futur appel à proposition de recherche.

³ Les chargés d'études « faune » possèdent chacun un ou plusieurs domaines d'expertise des différents groupes : amphibiens, reptiles, petits mammifères dont chiroptères, oiseaux, insectes et invertébrés.

3 PRINCIPAUX RESULTATS DE NOTRE ETUDE

3.1 DE L'INTERET DE LIER ECOSYSTEME ET PAYSAGE POUR ABORDER LES IMPACTS DES ITT

Dans le Dictionnaire de la géographie, de l'espace et des sociétés (dirigé par Lévy et Lussault, 2003), les infrastructures sont définies comme « *des ouvrages, souvent de transport, qui assurent la connexion des lieux de l'espace géographique et leur confère une fonction sociale créatrice de territoire et de territorialité* ». En effet, l'infrastructure autoroutière (ou ferroviaire) est inscrite dans un territoire spatialisé⁴, compris comme un espace approprié, au sein duquel on peut décrire une ou plusieurs unités de paysage considérées ici comme des écosystèmes ; ce sont les impacts des aménagements sur les structures⁵ et les fonctions⁶ paysagères et écosystémiques que nous chercherons à évaluer en termes d'ampleur, de durabilité, d'intensité, etc. D'autre part, l'infrastructure est également « *créatrice de territorialité* » en ce sens qu'un aménagement modifie le rapport sensoriel au territoire ; c'est souvent lors de l'annonce de projets d'aménagement que les paysages sont reconnus comme identitaires et que les questions de « dégradations » au sens large sont formalisées. Ces questionnements appellent l'étude des paysages « vécus », c'est-à-dire de la définition des composantes immatérielles des paysages, relevant de l'analyse des discours des différents groupes d'acteurs. Ce dernier point ne sera pas abordé dans cette étude car seules les composantes physiques des paysages seront analysés, en lien avec l'approche écosystémique. L'intérêt de lier les notions d'écosystèmes avec celle du paysage « objet » est principalement de permettre une meilleure spatialisation des processus mais aussi et surtout des dynamiques spatiales des entités structurelles d'un paysage (e.g. les haies, prairies, boisements, réseaux hydrologiques, etc.)

Les infrastructures de transports terrestres peuvent être considérées comme des perturbations au sens de Pickett et White (1985), c'est-à-dire un « *évènement, relativement discret dans le temps, qui élimine des organismes vivants, modifie un pool de ressources, altère les disponibilités territoriales ou transforme l'environnement biophysique* ». L'aménagement autoroutier ou ferroviaire est bien un effet dont la mise en place est ponctuelle (la construction peut-être considérée comme « *discrète dans le temps* » compte tenu des temporalités des systèmes naturels) mais l'utilisation, inscrite

⁴ C'est-à-dire localisé et délimité (sur des critères physiques, comme la topographie ou les couverts végétaux)

⁵ L'aspect structurel d'un paysage correspond à l'organisation spatiale de ses composantes (assises, réservoirs, réseaux, etc.) ; on peut le considérer comme la partie stable (à court terme) du système.

⁶ L'aspect fonctionnel d'un paysage correspond à l'organisation temporelle des composantes (processus, flux, etc.) ; celle-ci varie plus vite que l'organisation spatiale.

dans la durée, détruit durablement des milieux (emprise spatiale des ouvrages) et modifie les écosystèmes. Il s'agit ici de mieux comprendre quels sont les impacts, et surtout leur importance spatiale et temporelle, en fonction de la sensibilité (c'est-à-dire l'ensemble des enjeux environnementaux, économiques, sociaux, etc.) du territoire sur lequel sont mises en place ces infrastructures.

Le paysage n'est pas seulement organisé selon des principes communautaires d'ordre faunistique et floristique, mais suivant des gradients de répartition spatiale d'unités paysagères en interaction dynamique, définis par des critères texturaux comme les agrégats, les réseaux, les connectivités (Gunnell, 2006, p.50).

Les principales études sur les impacts des infrastructures de transport terrestres sur les unités de paysages (ou écosystèmes au sens large) concernent l'étude et les conséquences du processus de fragmentation (cf. p.83). Ce processus, qui se manifeste essentiellement par une dissection (effet de coupure) ou par un morcellement en îlots (effet d'isolement) suite à un ou plusieurs aménagements linéaires, provoque des changements structurels au niveau des unités de paysages qui modifient à leur tour certaines fonctionnalités au niveau des écosystèmes (notamment les flux). Parmi les principales conséquences au niveau structurel, la fragmentation diminue la superficie du cœur d'habitat en augmentant les superficies des lisières ; d'un point de vue fonctionnel, c'est la connectivité et la contiguïté qui sont modifiées.

Il est donc intéressant d'essayer d'évaluer, à travers les outils de l'écologie spatiale (aussi nommée écologie du paysage), la perte de fonctionnalité des systèmes, par rapport à un ou plusieurs flux (hydrologique, sédimentaire, génétique, etc.), consécutivement à une modification de leur structure. La modification de leur structure peut être saisie spatialement, par analyse diachronique régressive (concept biogéographique) avant / après aménagement. Les dynamiques propres des unités de paysages, indépendantes - à certaines échelles - de l'installation des ouvrages, doivent évidemment être évaluées.

A l'heure actuelle, parmi les impacts connus ou observés des autoroutes et des voies ferrées sur les paysages, on distingue :

- des îlots de perturbation : perte de milieux au niveau de l'emprise spatiale des ouvrages (coupe à blanc de la végétation, imperméabilisation des sols, etc.) ;
- des îlots résiduels : en bordure d'ouvrages, sur les talus notamment, avec possibilité ou non de reconquête en fonction des techniques de gestion appliquées ;
- des îlots de recomposition : apparition d'habitats naturels (lisière par exemple) ou anthropiques (ZAC, etc.)

Ces impacts ont des répercussions à la fois sur les biodiversités écosystémique, spécifique et génétique inscrites dans les dimensions paysagères, puisqu'ils augmentent l'hétérogénéité de l'espace en diversifiant la structure en îlots par dissection ou

morcellement. Ces impacts peuvent être différents, en intensité notamment, pendant la phase de construction et la phase d'exploitation.

3.2 ATTENTES DES ACTEURS

Les attentes des différentes personnes auditionnées ainsi que notre compréhension des points de vues exprimés lors des tables rondes de la journée d'étude du 29 juin 2006 sont synthétisées dans les points suivants. Ces éléments sont explicités dans le rapport bibliographique qui vise à faire le point sur l'état de l'art.

3.2.1 DES ATTENTES COMMUNES

Au niveau du territoire national, 28 organismes ont été consultés (cf. annexe 2). Quatre grandes catégories d'acteurs sont distinguées : administration, maître d'ouvrage, bureau d'études, et scientifiques. Si chaque catégorie socio-professionnelle présente certaines spécificités et des attentes particulières (recherche appliquée, fondamentale, procédure réglementaires, etc.), on note un consensus relativement important sur leurs attentes.

Les points abordés ont trait aux difficultés d'inscrire la planification de ces projets d'envergure dans des calendriers pertinents par rapport aux écosystèmes et à l'interface avec les différents intervenants, aux contraintes dans la délimitation de l'aire d'étude, à l'évaluation des impacts, à l'absence de suivi institutionnalisé en phase chantier et la mise en œuvre effective des mesures de réduction et de compensation.

En effet, il ressort des entretiens une attente afin d'intensifier la diffusion de l'information entre les différentes phases d'un projet et entre les différents intervenants. Cette attente se cristallise autour de la mise en place de « *bases de données* » permettant ainsi de mutualiser les informations que se soient sur la faisabilité et l'efficacité des mesures compensatoires, mais aussi sur la restauration des milieux et leur capacité de « cicatrisation », et sur des retours d'expérience lors de la mise en place de génie écologique.

Les personnes interrogées au sein des structures de bureau d'études critiquent l'absence de transversalité dans les thèmes abordés lors des études d'impact et le manque de visibilité sur l'ensemble des mesures qui peuvent être proposées et qui peuvent être de fait contradictoires.

Dans l'ensemble, les bureaux d'études et les administratifs notent l'absence de référents méthodologiques et techniques communs en fonction des phases du projet. Ils identifient le développement de tels outils comme des supports pertinents pour l'évaluation des impacts.

Si tous les interlocuteurs s'interrogent sur la prise en compte des impacts induits dans la procédure d'évaluation, avec quels outils, quelles données, seuls quelques uns (bureau d'études, scientifiques) mettent en avant l'intérêt d'une approche systémique. Des recherches existent mais elles ont été peu valorisées.

Le paysage matériel est la plupart du temps abordé à travers l'organisation de la végétation (homogénéité du couvert, densité, etc.) ou, lorsque celle-ci est absente ou peu dense, par l'organisation topographique du milieu. L'identification des unités de paysage repose sur la définition, à une échelle donnée, de critères d'homogénéité. Les limites, plus que structurelles, sont le plus souvent fonctionnelles (ex : limite de déplacement d'une espèce, indépendamment de l'hétérogénéité structurelle).

Parmi les attentes des acteurs, celle d'une meilleure connaissance du fonctionnement et des dynamiques territoriales est essentielle et doit mobiliser une communauté scientifique pluridisciplinaire, alliant les connaissances sur les espèces et les flux de la communauté des écologues (notamment ceux de l'écologie du paysage) avec celles sur la prise compte des facteurs spatio-temporels des espaces et des unités de paysages de la communauté des géographes (essentiellement les géographes physiciens). A terme, des pistes de réflexions pour proposer des aménagements territoriaux ménageant les milieux naturels, de l'échelle de l'écosystème à celle du paysage physique, devraient être émises.

Enfin un autre volet noté par le plus grand nombre a trait au manque de connaissances générales sur l'écologie des espèces et sur la fonctionnalité des habitats pour les espèces qui seront traversés par une infrastructure. Ces lacunes génèrent des évaluations biaisées des impacts. Cependant, il est important de distinguer les lacunes qui sont dues à une absence de transferts de connaissances et de compétences entre la recherche publique et les entreprises privées, des réelles lacunes scientifiques. Ainsi, ce n'est qu'occasionnellement, qu'un bureau d'études va utiliser lors de la réalisation d'une étude d'impact d'un projet d'ITT, les modèles de viabilité des populations ou les indices spatiaux. Le manque « *de souplesse et de convivialité* » de ces outils est mis en avant ainsi que le manque de temps et d'argent pour la réalisation de l'étude qui ne permet pas leur mise en œuvre. La généralisation de tels outils en concertation avec les utilisateurs potentiels est un enjeu de recherche et de transfert des connaissances.

Par contre, certains groupes d'espèces font l'unanimité quant aux lacunes sur leur écologie, il s'agit notamment des insectes, pour lesquels tous les acteurs reconnaissent l'intérêt en termes de biomasse ou au vu de leur emplacement dans la chaîne alimentaire, mais aussi de la microfaune terrestre, des reptiles et des chiroptères pour lesquels l'impact des infrastructures routières est très probablement sous-estimé.

Bien que notre questionnement ne se soit pas orienté sur ces aspects, les acteurs ont cité unanimement les limites des processus de concertation mise en place actuellement, critiquant le fait qu'ils n'intègrent pas l'ensemble des acteurs et des usagers.

3.2.2 RETOURS DE LA JOURNÉE D'ÉTUDE DU MEDD

Plusieurs thèmes de recherche ont été abordés le 28 juin, mais cette journée a également mis en lumière des attentes très pragmatiques des acteurs au niveau réglementaire et juridique mais aussi liées à la mutualisation des données et au porter à connaissance. La réactualisation des guides sur les études d'impact et leur spécification pour les projets d'ITT seraient à envisager. Un guide des bonnes pratiques, recensant les innovations en termes de chantier est une proposition qui répondrait à de nombreuses attentes. Il serait intéressant de formuler ce projet dans un proche avenir.

Parmi les pistes de recherches citées lors des 4 tables rondes, les plus fréquentes sont :

- Le besoin de recherches sur les taxons méconnus ;
- La recherche sur des indicateurs de cicatrisation du milieu ;
- L'identification des espèces parapluies ;
- L'articulation d'un raisonnement à l'échelle de l'espèce mais également de la biomasse ;
- La recherche sur les dépendances vertes bien que de nombreuses études soient en cours ;
- L'intégration de la dynamique des paysages dans les projets d'infrastructures : ZAC, remembrement, quel sera l'impact de la modification de la PAC par exemple ?

Par ailleurs, si anticiper sur l'amélioration de la prise en compte des impacts dans les aménagements futurs a été le thème central de cette journée, la réflexion a également porté sur la question complémentaire suivante de : comment rattraper les impacts liées aux erreurs passées et intégrer les infrastructures anciennes ?

D'autres thèmes de recherches ne concernent pas directement les sciences écologiques mais ont trait 1) à la monétarisation de la biodiversité car les acteurs de l'environnement ont un besoin de contreponds pour ce type de projet et 2) à des éclaircissements juridiques liés à l'articulation des différents intervenants dans les projets d'ITT.

En résumé les thèmes de recherche à développer peuvent être retenus parmi les suivants:

- Diffusion de l'information (entre les différentes phases d'étude et entre laboratoire de recherches et entreprises, ...)
- Mutualisation des données (mesures compensatoires, etc.)
- Connaissance sur la restauration des milieux et leur « cicatrisation », développement du génie écologique
- Transversalité des thèmes
- Méthodologie développée à chaque stade de l'étude
- Impacts induits (remembrement, ZAC)
- Approche systémique des impacts de l'ITT
- Suivi de la dynamique des espèces et des espaces / temps du projet
- Accroître les connaissances :
 - Connaissance sur la fonctionnalité des habitats pour les espèces
 - Interaction entre espèces
 - Fonctionnalité de la route /espèces
 - Connaissances sur les Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
 - Connaissances sur les invertébrés
 - Connaissances sur les dépendances vertes
- Sensibilisation des acteurs (élus) aux concepts d'écologie du paysage
- Estimation monétaire des espaces naturels
- Concertation avec l'ensemble des acteurs
- Réforme des procédures.

3.3 APPORTS DES EXPERIENCES ETRANGERES

L'état de l'art des connaissances scientifiques s'est appuyé sur une consultation des publications et ouvrages au niveau international. Des consultations spécifiques ont été menées au près d'administration ou de consultants et scientifiques espagnols, belges et canadiens.

3.3.1 L'ESPAGNE

Selon toute vraisemblance, la problématique liée à l'évaluation des impacts des infrastructures de transport terrestre en Espagne est similaire à celle que nous avons France : manque de connaissances sur les espèces et leur écologie ou sur les approches écosystémiques, manque de retour sur certains types de mesures (ex : les passages à faune pour le Lynx ibérique)...

Il existe en revanche des différences liées à l'instruction du dossier. Le cadrage préalable y est de rigueur (Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre). Un résumé réalisé par le maître d'ouvrage, décrivant le projet et sa localisation, est soumis à l'autorité administrative compétente en matière d'infrastructure. Celle-ci fait alors appel à des spécialistes du territoire et/ou des thématiques concernées (ONG, associations, universitaires ou autres services publics) qui auront 10 jours pour faire des recommandations pour l'étude d'impact.

Par ailleurs, en ce qui concerne le contenu même de l'étude d'impact, la loi locale (ex : Ley 8/1994, de 24 de junio, de evaluación de impacto ambiental y auditorias ambientales de castilla y leon et Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre) impose un plan ou programme de vigilance environnemental et de contrôle. Celui-ci, comme son nom l'indique, doit permettre à l'autorité compétente en matière d'environnement de vérifier :

- la correspondance du projet à l'autorisation qui a été donnée ;
- l'efficacité des mesures d'atténuation ;
- la qualité de l'évaluation des impacts à priori.

En pratique, les effectifs administratifs étant réduits, ces contrôles ont rarement lieu. Cette absence de moyen financier ou en personnel dans la mise en place des processus de vérification est un point commun avec la France.

Par ailleurs, les Espagnols utilisent également des éléments facilitant la prise de décision :

- une classification des impacts en lien avec les mesures d'atténuations à mettre en œuvre.
- des matrices permettant de mettre en relief l'impact de chaque opération sur chacun des compartiments environnementaux.

3.3.2 LA BELGIQUE

Tout comme pour l'Espagne, il existe un certain consensus sur les difficultés rencontrées pour l'évaluation des impacts en Belgique.

Par contre au niveau des procédures, la réalisation des études d'incidences (terme utilisé en Belgique pour les études d'impact) diffère de l'approche française. Pour des raisons d'éthiques, un même prestataire ne peut participer à plus d'une étude environnementale concernant un projet. L'objectif de cette procédure vise à faire évaluer le travail des différents prestataires par d'autres avant la réalisation effective du projet. Cependant de l'étude d'incidence ne dépend pas la faisabilité du projet. En effet cette étude est l'aboutissement de plusieurs études d'environnement préalables. A partir du moment où l'étude d'incidence est commandée la réalisation du projet est arrêtée. Il reste cependant une marge de manœuvre au niveau des propositions des mesures d'atténuation et de compensation.

Un bureau d'études doit recevoir l'agrément pour réaliser ces études. Un organisme étatique accorde ces accréditations. Chaque étude d'incidence est évaluée par cet organisme qui donne un avis sur la qualité de cette étude. En cas de mauvaise évaluation, le prestataire se voit sanctionné. Au bout de 3 mauvais avis, le prestataire risque la perte de son accréditation.

Si cette procédure tant à élever la qualité des études réalisées elle ne présume pas du respect des mesures d'atténuation et de leur efficacité.

3.3.3 LE CANADA ET PLUS PARTICULIEREMENT LA PROCEDURE QUEBECOISE

Des consultations réalisées au Québec, quatre points spécifiques peuvent orienter de futures recherches et mise en place de procédures. Il s'agit :

- 1) de l'existence d'une procédure adaptée, appelée directive sectorielle qui précise le contenu et la présentation de l'étude d'impact pour les projets de route ;
- 2) du rôle du Bureau d'audience publiques sur l'Environnement (BAPE),
- 3) des certificats d'autorisation qui sont délivrés au fur et à mesure en fonction de la mise en œuvre des mesures d'atténuation,
- 4) de l'existence d'une interface recherche – administration efficace.

- **Procédure adaptée, BAPE et directive sectorielle :**

Il existe une procédure québécoise concernant les études d'impacts. Elle inclut la participation du BAPE (créé en 1979) et se déroule en plusieurs étapes (réf. Document : Procédure applicable au Québec méridional). Le 30 décembre 1980 entrait en vigueur le Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement. Ce règlement établit une procédure par laquelle certains projets pouvant perturber l'environnement de façon significative et susciter des préoccupations chez le public sont soumis à une évaluation environnementale. Le public doit être informé et doit donner son avis par l'entremise de consultations menées par un organisme indépendant, le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). Le Règlement prévoit pour certains projets assujettis un délai maximal de 15 mois pour le traitement des demandes

d'autorisation. Ce délai est utilisé à titre de référence pour l'ensemble des projets assujettis à la procédure. Un calendrier de traitement du dossier est établi sur cette base en discussion avec l'initiateur de projet. Six phases rythment la procédure (cf. compte-rendu de consultation).

La phase 6 traite de la « Surveillance, du contrôle et du suivi » :

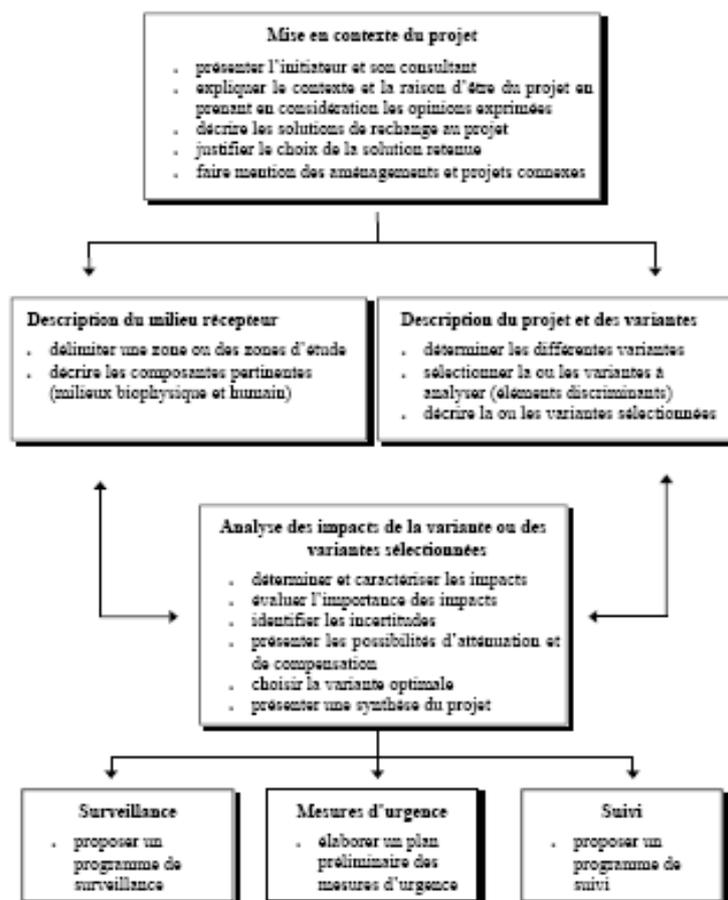
« Sous la responsabilité de l'initiateur de projet, la surveillance vise à s'assurer que le projet est réalisé conformément aux autorisations gouvernementale et ministérielle. L'initiateur est également responsable du programme de suivi visant à vérifier la justesse des impacts prévus dans l'étude d'impact, particulièrement là où subsistent des incertitudes, et à évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation. Pour sa part, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs exerce un contrôle pendant toutes les phases du projet (construction, exploitation, fermeture). Lorsque requis, des rapports de surveillance et de suivi sont déposés au Ministère. »

- Les Directives sectorielles

La directive du ministre du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs indique à l'initiateur d'un projet assujetti à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement en vigueur dans le Québec méridional la nature, la portée et l'étendue de l'étude d'impact qu'il doit réaliser. Elle formule les principes d'une démarche explicite et uniforme visant à fournir les informations nécessaires à l'évaluation environnementale du projet proposé et au processus d'autorisation par le gouvernement.

Des directives sectorielles élaborées en consultation avec des intervenants gouvernementaux et non gouvernementaux sont disponibles pour certaines catégories de projet. C'est le cas pour les infrastructures routières.

Lorsqu'elles sont transmises par le ministre du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs à l'initiateur d'un projet, elles servent de directives officielles.



La directive sectorielle « routes » précise les principaux impacts d'un projet routier (cf. tableau suivant) afin d'informer et de préciser ces attentes à l'initiateur du projet.

PRINCIPAUX IMPACTS D'UN PROJET ROUTIER
les perturbations du milieu aquatique : effets sur l'intégrité des plans d'eau, effets sur l'écoulement des eaux, le régime des glaces et le régime sédimentaire
les effets sur la qualité des sols, des eaux de surface et des eaux souterraines (particulièrement pour les eaux d'alimentation)
les effets sur la végétation, la faune et ses habitats, les espèces menacées ou vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées, leurs fonctions vitales
les changements attendus sur la qualité de l'air ambiant (augmentation ou réduction de la pollution de l'air, etc.) et leurs effets potentiels sur la santé publique, particulièrement en ce qui concerne les groupes vulnérables (personnes hospitalisées, enfants, personnes âgées, etc.)
la modification du climat sonore de la zone d'étude, en fournissant les résultats de la modélisation selon les indices Neq,h et Neq,24h, une cartographie des indices Neq,24h et Neq nocturne (22 h à 6 h) de façon à permettre l'identification des zones exposées, ainsi qu'une présentation des pointes de bruit
les effets sur les milieux visuels (intrusion de nouveaux éléments dans le champ visuel et changement de la qualité esthétique du paysage)
les impacts des travaux sur le patrimoine naturel et culturel, y compris les effets sur les biens d'importance archéologique ou paléontologique, de même que sur le patrimoine bâti
les impacts sur l'utilisation actuelle et prévue du territoire, principalement les périmètres d'urbanisation et les affectations agricoles, sylvicoles, résidentielles, commerciales, industrielles et institutionnelles
les effets sur la superficie des lots et les marges de recul avant des bâtiments, la modification des accès aux bâtiments, la destruction des lotissements existants, le morcellement de propriétés et l'expropriation de bâtiments
les effets anticipés sur la vocation agricole du territoire adjacent au projet, les pertes en superficie et en valeur économique de terres agricoles, la signification de ces pertes par rapport aux activités agricoles régionales, les modifications

sur le drainage agricole, les implications sur l'accès aux terres et sur la circulation de la machinerie agricole, les conséquences pour les animaux de ferme

les effets anticipés sur la vocation forestière du territoire, les pertes en superficie forestière et en valeur économique, la signification de ces pertes dans le cadre des activités forestières dans la région

les impacts sur les infrastructures de services publics, communautaires et institutionnels, actuelles et projetées, tels que routes, lignes et postes électriques, prises d'eau, hôpitaux, parcs et autres sites naturels, pistes cyclables et autres équipements récréatifs, services de protection publique, etc.

les impacts sociaux de l'ensemble du projet, soit ses effets sur la population même et son mode de vie, les relations communautaires et la qualité de vie comme, par exemple, la relocalisation des individus et des activités, la modification des habitudes de vie (à cause de l'effet-barrière), la perte d'espaces verts, etc.

les impacts économiques du projet, soit les coûts de construction et d'entretien, de même que les effets indirects sur le tourisme, les possibilités d'emplois au niveau régional, le développement de services connexes, la valeur des terres et des propriétés, la base de taxation et les revenus des gouvernements locaux

les nuisances causées par le bruit ou les poussières pendant la période de construction, et les inconvénients reliés à la circulation routière durant les travaux (déviation, congestion, etc.)

les impacts reliés aux inondations et aux mouvements de sol sur l'intégrité des infrastructures routières et l'accessibilité au réseau routier

les effets sur les temps de parcours et les distances à franchir

les effets sur la sécurité des automobilistes, des cyclistes et des piétons, c'est à dire les conséquences et les risques d'accidents majeurs pour la clientèle et le voisinage, en accordant une attention spéciale au transport de matières dangereuses.

De même la directive sectorielle précise l'existence de mesures d'atténuation adaptées aux projets routiers (cf. compte-rendu de consultations).

- **Le certificat d'autorisation**

L'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) stipule que l'on doit obtenir un certificat d'autorisation préalablement à la réalisation de certains travaux ou activités. Les projets d'ITT y sont soumis. Un autre article précise également que le ministre peut exiger des renseignements supplémentaires pour connaître les conséquences du projet sur l'environnement. C'est donc dire que des renseignements autres que ceux énumérés dans le Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement peuvent être exigés pour connaître ces conséquences.

Le délai requis pour l'analyse d'une demande de certificat d'autorisation par les directions régionales de l'environnement est directement lié à la complexité du projet. De façon générale, pour le traitement d'une demande régulière, le certificat d'autorisation doit être délivré à l'intérieur d'une période de trois mois.

Ce certificat est perçu par le personnel administratif comme un moyen de pression pour assurer la réalisation des mesures d'atténuation. Les limites du dispositif résident dans les moyens personnels et financiers disponibles pour assurer ces vérifications.

- **Interfaces Recherches - ministères**

Pour favoriser l'innovation, le Ministère des Transport est partenaire de certaines chaires de recherche liées au transport. Ces chaires ont comme objectifs de renforcer l'excellence de la recherche en retenant et en attirant d'éminents chercheurs, de parfaire la formation de personnel qualifié et d'améliorer la capacité des organismes de produire et d'appliquer de nouvelles connaissances.

La participation financière du Ministère des Transports aux chaires universitaires a comme objectif de favoriser l'établissement de rapports étroits entre le milieu

universitaire et les intervenants directement impliqués afin de valoriser l'expertise de pointe dans des domaines spécifiques.

La **chaire en paysage et environnement** recoupe les enjeux de ce pré appel à proposition de recherche. Son objectif est de promouvoir les activités de recherche dans le champ de l'aménagement du paysage, afin d'en améliorer sa productivité et ses retombées scientifiques : améliorer l'environnement du cadre de vie et l'identité des espaces urbains et ruraux du Québec. Cette chaire bénéficie d'un mandat de 5 ans qui a été renouvelé deux fois. La participation financière du ministère des transports est évalué à 50 000 \$/an sur 5 ans soit au total 250 000 \$CAN.

Par ailleurs le Ministère des Transports finance également une **Chaire de recherche industrielle sur les bases de données géospatiales et décisionnelles**. Sa mission est d'innover en matière de méthodes, d'outils et de personnel du domaine de la géomatique, qui permettront aux organisations situées sur le territoire de mieux préparer et exploiter leurs bases de données géospatiales pour la prise de décision dans un contexte intranet/Internet, qui seront accessibles en ligne et en temps réel. Le but, après les cinq premières années de la chaire, est de procurer des solutions permettant un accès facile et rapide à l'information géodécisionnelle « partout et en tout temps ». La participation financière du Ministère est évalué à 25 000\$/an sur 5 ans (125 000\$CAN).

3.4 TRADUCTION DES ATTENTES ET PERSPECTIVES

Au vu de la consultation des différents acteurs et des publications répertoriées, il ressort que leurs attentes peuvent se traduire par différentes actions à court, moyen et long terme.

Certaines de ces attentes trouveront des réponses dans un programme de recherche mais d'autres actions peuvent être entreprises à court ou moyen terme telles que des actions de sensibilisation, et de communication ciblée : création de lexique, de guide spécifique, identification d'interlocuteur privilégiés.

De même, les recherches entreprises pour cette étude ont mis en évidence l'absence d'une interface adaptée entre l'administration, les équipes de recherches et les bureaux d'études sur la thématique des impacts des infrastructures de transport terrestre sur les écosystèmes et les paysages. L'INRETS, Institut National de Recherche sur les Transports et leur sécurité, a pour missions de rassembler et développer les connaissances scientifiques par une approche globale du système des transports, assurer des missions d'expertise et de conseil, contribuer à l'effort général de l'enseignement supérieur, valoriser les résultats de recherche dans le cadre de partenariats économiques et diffuser les connaissances acquises auprès d'un large public. Cependant, malgré un axe intitulé « *Accroître la fiabilité et la durabilité des systèmes de transport, optimiser leur consommation énergétique et réduire leur impact sur l'environnement* » ; l'INRETS n'aborde l'environnement que du point de vue des nuisances (bruit, qualité de l'air) et des émissions à effets de serre, et non du point de vue de l'écologie et des paysages.

Par ailleurs, l'ensemble des acteurs ayant pointé l'absence de suivis environnementaux et d'efficacité dans la mise en place des mesures compensatoires, il

importe de sensibiliser les pouvoirs publics aux besoins d'affecter des moyens humains et financiers pour assurer ces suivis.

Ainsi pour conclure notre étude, nous hiérarchiserons l'ensemble des pistes de recherche mises en exergue, selon le délai de mise en place de tels programmes scientifiques, et selon leur degré d'importance en termes de biologie de la conservation.

3.5 PROPOSITIONS POUR UNE MEILLEURE PRISE EN COMPTE DES IMPACTS DES ITT SUR LES ECOSYSTEMES ET PAYSAGES

A travers cette étude, nous avons identifié les principales attentes des acteurs et pu les argumenter dans le rapport bibliographique. Ce rapport met en avant que les infrastructures de transport terrestre sont à l'origine d'une réorganisation complexe des écosystèmes. Les conséquences biologiques de cette réorganisation sont dans bien des cas difficiles à appréhender mais les différents acteurs impliqués dans la réalisation de ces projets de grandes infrastructures sont de plus en plus contraints par le contexte réglementaire national et européen de mener une évaluation précise des impacts sur les milieux naturels.

Les propositions abordées dans cette partie concernent la prise en compte de l'importance des patrons spatiaux, c'est-à-dire de l'agencement des unités de paysages, vis-à-vis des processus. Il s'agit donc de proposer des pistes de recherches afin d'accroître la prise en compte **des liens entre écosystèmes et paysages** (en tant qu'assises matérielles) dans une approche de mise en place d'infrastructures. La question principale étant : comment mieux prendre en compte la dynamique des territoires lors d'un projet d'aménagement autoroutier ou ferroviaire ?

3.5.1 DEFINIR LA FONCTION DES UNITES ECOLOGIQUES ET APPREHENDER L'EVOLUTION DES HABITATS D'ESPECES

La plupart des aires d'étude sont soit définies arbitrairement (bandes des 300 à 500 m) ou soit étendues par la présence de sites caractérisés par un statut particulier (protections communautaire, réglementaire ou patrimoniale). Or l'analyse des processus écologiques (cf. p.99) nous montre que les espèces protégées ou à valeur patrimoniale peuvent utiliser ou fréquenter des unités écologiques sans statut de protection particulier. Les consultations nous permettent de qualifier par consensus ces unités écologiques de « nature ordinaire ». Le rôle de cette nature dite « ordinaire » est central. Dans bien des cas, elle permet le refuge, l'expansion, la dispersion, l'alimentation ou la reproduction d'une nature « extraordinaire » ou encore « réglementaire » qui est l'objet de toutes les attentions.

Des avancées récentes de la législation obligent les aménageurs à éviter la destruction des habitats d'espèces protégées⁷. Cette avancée notable de la législation qui est du à l'intégration du droit communautaire dans le droit national pose cependant deux problèmes de taille :

- Les connaissances scientifiques ne permettent pas toujours de définir clairement la fonction des unités écologiques qui composent les habitats d'espèces. Généralement les lacunes scientifiques entraînent des lacunes juridiques. Une avancée des connaissances dans ce domaine permettrait de crédibiliser les recommandations faites par les bureaux d'expertises des milieux naturels mais aussi d'assurer la sécurité juridique des projets, en minimisant le principe de précaution et améliorant l'évaluation objective et rigoureuse du fonctionnement des écosystèmes.
- L'évolution des habitats d'espèces est constante. Elle est conditionnée par de nombreux facteurs qui faute d'un recul suffisant ne sont pas questionnés précisément lors de l'évaluation des impacts.

Ces deux points mettent en exergue la forte attente des acteurs et le besoin de compléter ou d'initier les connaissances sur la biologie des espèces d'intérêt communautaire (ex : Fadet des laïches, Outarde Canepetière, Petit et Grand Rhinolophe et Murin, etc.)

L'écologie du paysage, dont nous avons détaillé certains concepts dans le rapport bibliographique, redonne une certaine place à la nature ordinaire. En effet, elle s'intéresse avant tout à l'organisation dans l'espace d'éléments qualifiés de structurant. Ces éléments structurants expriment certaines fonctions qui conditionnent l'équilibre dynamique des écosystèmes et donc la viabilité à long terme des populations biologiques. Les dits-éléments ne sont pas définis selon leur rareté mais selon les fonctions dont ils sont le siège.

La notion d'échelle des processus écologiques a été questionnée (voir Partie 2 et Partie 4 du rapport) dans le but d'énoncer des bases méthodologiques pour la définition de l'aire d'évaluation des impacts. L'analyse de ces différentes approches nous a permis d'ébaucher des pistes de réflexion pour la conception prenant en compte les concepts de l'écologie du paysage.

Une meilleure connaissance de l'écologie des espèces permettra également de préciser les modalités d'utilisation des habitats par les espèces et notamment les modalités d'utilisation des corridors biologiques par les espèces et l'intérêt de la fréquentation de ces corridors pour la conservation de la biodiversité.

⁷ Attention : les arrêtés de décembre 2004 ont été annulés par le conseil d'état - séance du 14 juin 2006, lecture du 13 juillet 2006. Seuls les précédents arrêtés s'appliquent. De nouveaux arrêtés sont attendus pour préciser sur une liste définie et plus restrictive à quelle(s) espèce(s) ces arrêtés s'appliqueront.

3.5.2 DEVELOPPER LES OUTILS DE BIOEVALUATION DES IMPACTS ET D'EFFICACITE DES MESURES D'ATTENUATION

Pour mieux prendre en compte les impacts des infrastructures de transports terrestres sur les paysages et les écosystèmes, il est intéressant d'affiner les méthodes permettant une meilleure évaluation des sensibilités des milieux. De nombreux retours d'expériences montrent qu'une approche sectorielle est insuffisante et qu'il est nécessaire d'associer et de hiérarchiser les priorités en termes de gestion des milieux naturels mais aussi en termes de gestion des espaces appropriés.

L'analyse de l'évaluation des impacts dans les différents projets conduit à souhaiter que des recherches apportent des pistes de réflexion pour améliorer cette démarche. A court terme, il nous a semblé pertinent de revoir la typologie des impacts des infrastructures de transport terrestre sur les milieux naturels. Une liste exhaustive des impacts, hiérarchisée selon le processus de réalisation des ITT et mettant en vis-à-vis les effets de l'aménagement avec des processus écologiques qu'ils perturbent, apparaît comme un outil intéressant pour améliorer la procédure d'évaluation des impacts. La conception et la confrontation d'une telle typologie à différents projets d'ITT permettraient de mettre en lumière les processus écologiques qui sont le moins bien appréhendés dans l'évaluation des impacts. Afin que cet outil soit opérationnel et qu'il puisse permettre une avancée dans la démarche des études d'impact, il doit être alimenté à la fois par les retours d'expériences issus des bilans et observatoires environnementaux et par les avancées de la connaissance scientifique relative au fonctionnement des écosystèmes.

A moyen terme, la bioévaluation des impacts des ITT nécessite des investigations plus poussées sur l'écologie des espèces et l'identification des outils et indicateurs pertinents pour la caractériser au vu des caractéristiques des ITT. Idéalement la bioévaluation est établie à partir des résultats des inventaires de terrain réalisés, confrontés aux connaissances disponibles sur l'abondance, la distribution ou l'évolution des effectifs des espèces ou des habitats concernés, cependant les consultations et l'expérience des bureaux d'études montrent que ces données font souvent défaut. Il convient donc de parfaire le dispositif de bioévaluation à travers l'identification d'outils de bioévaluation comme la définition d'espèce-parapluie⁸ par type d'écosystème ou système de paysage.

Ces éléments seront complémentaires dans le dispositif d'évaluation des mesures d'atténuation et de compensation qui est proposé lors de la création d'une infrastructure et qui ne fait que très rarement l'objet d'un suivi environnemental.

3.5.3 INSTAURER UNE APPROCHE SYSTEMIQUE

Les attentes des acteurs ont mis en évidence :

- l'importance de raisonner de manière systémique et
- les potentialités des concepts et outils de l'écologie spatiale associé à un raisonnement biogéographique pour évaluer les impacts de la fragmentation des milieux sur les dynamiques des paysages et des écosystèmes : les dynamiques

⁸ Espèce dont la présence reflète une bonne qualité de conservation des écosystèmes

paysagères intégrant les facteurs anthropiques à l'échelle des formations végétales, les dynamiques écosystémiques étant axées sur les flux de matières et d'espèces.

Pour prendre en compte les différentes composantes d'un paysage en évitant toute approche dualiste, il est pertinent de considérer le paysage comme un système au sens de Le Moigne (1997) c'est-à-dire comme « *un objet qui, dans un environnement, doté de finalités, exerce une activité et voit sa structure interne évoluer au fil du temps, sans qu'il perde pourtant son identité unique* ». Un paysage est alors un ensemble d'éléments en interactions dynamiques (les écosystèmes), organisés en fonction d'un but. La « *finalité* » d'un système paysage peut être perçue et/ou requise ; dans le cadre d'un aménagement autoroutier par exemple, citons les dépendances vertes, créées à des fins de décors, mais aussi d'habitats.

L'approche systémique, du paysage notamment, a pris son essor à partir des années 1970 en France, sous l'influence des travaux russes et germaniques notamment, elle considère à la fois l'aspect structurel (les « invariants » du paysage à un instant t, i.e. l'ensemble des réservoirs, réseaux, etc. ou encore la structure spatiale) et l'aspect fonctionnel (les « variants » du paysage à un moment t, i.e. les flux ou bien l'organisation temporelle). Le paysage évolue donc en fonction de l'effet (durée, fréquence, intensité) de diverses variables sur les composantes structurelles.

On peut alors identifier, au moment de la mise en place d'une infrastructure de transport terrestre :

- des variables forçantes dont les effets peuvent être pondérés (nature des sols, topographie, hydrographie, etc.) ;
- des variables prévisibles dont les effets restent à pondérer (fragmentation) ;
- les variables imprévisibles dont les effets sont impondérables (Installation d'une zone industrielle consécutivement à la mise en place d'un réseau routier). Ce dernier type de variables se rapproche de la notion d'impacts induits.

Enfin, il faut tenir compte de la notion de hiérarchie (spatiale et temporelle) car le paysage – quelque soit son échelle d'analyse - est inséré dans un territoire et fonctionne donc en interdépendance avec d'autres systèmes bio-physicochimiques, soit de manière emboîtée (ex. : sous-système racinaire dans un système forestier), soit de manière juxtaposée (ex : toposéquence où les vallées sont soumises aux systèmes de versants, eux-mêmes soumis aux systèmes de sommets, etc.) mais également avec des systèmes socio-économiques, juridico-politiques, etc.

Dans le cadre de cette étude, l'approche systémique a pour objectif principal d'identifier l'ensemble des facteurs consécutifs à une perturbation durable, de les hiérarchiser par pondération, afin de guider les processus de décision. Pour cela, les approches spatiales de l'écologie du paysage et de la biogéographie peuvent être intéressantes à exploiter pour proposer des scénarii de sensibilité du territoire selon les projets, et ceci à différentes échelles spatiales (du local au régional, de l'écosystème à la matrice paysagère) et temporelles (prospective à court terme et discussion des effets à court et long termes).

3.5.4 METTRE EN PLACE DES OUTILS GEOMATIQUES POUR L'AIDE A LA DECISION DANS UN PROJET D'AMENAGEMENT

Si on part du fait que la composition, l'agencement mais aussi la dynamique des différentes unités de paysages affectent les processus biologiques, spatialement et temporellement, il est par conséquent intéressant de chercher à quantifier les caractéristiques structurelles du paysage et à évaluer les possibilités d'évolution de ce paysage. Il s'agirait donc d'identifier à la fois les variables forçantes et prévisibles au sein des paysages (cf. § ci-dessus). Pour cela, un protocole cartographique (c'est-à-dire une méthodologie reproductible) peut être mis en place pour accompagner les procédures d'étude d'impacts notamment et de mieux ajuster la définition des mesures de compensation.

Pour cartographier les impacts d'une infrastructure de transports terrestres sur un territoire donné, il est nécessaire de délimiter son implantation spatiale. Le tableau suivant résume les paramètres indispensables à identifier préalablement à une cartographie des sensibilités paysagères et/ou écosystémiques.

CARACTERISTIQUES SPATIALES D'UNE PERTURBATION (ITT)

Paramètres		Outils
Grandeur	Taille de <i>patch</i> , aire par élément (i.e. 4 voies, échangeurs, parc de stationnement), aire par élément par unité de temps (phase construction, phase exploitation) aire cumulée par élément et par unité de temps	Cartographie des éléments relatifs à l'infrastructure
Distribution	Répartition spatiale, dont lien avec les gradients topographiques et bioclimatiques	Analyse des cartes topographiques et des données climatiques générales (notamment les couloirs de vents)
Contexte paysager	indice de dispersion des <i>patches</i> contiguïté, proportion patches/matrice nature de la matrice	Analyse de la structure du paysage à partir d'images RASTER (photographies aériennes digitales, images satellites très haute résolution, etc.) (FRAGSTAT)

Le logiciel testé – Fragstat - permet de calculer différents types d'indices spatiaux à différentes échelles (celle du patch⁹, celle de la classe ou encore celle du paysage). Il est donc important d'interpréter chaque indice de manière appropriée à l'échelle considérée. De nombreux indices spatiaux existent mais il est possible de les regrouper en trois familles :

⁹ Path ou tache ou sens de l'écologue du paysage, soit l'unité fondamentale d'une mosaïque paysagère (pattern); les taches sont caractérisées par leur taille, forme, contenu, durée de vie, complexité de structure et caractéristiques de leur bordure.

- **les indices de Contagion** : mesurent l'agrégation des taches ou classe et de fait de la fragmentation au sein d'une matrice paysagère ;
- **les indices de Dominance** : évaluent la diversité des taches ou classes d'une mosaïque paysagère ;
- **les indices de Dimension Fractale** : permettent d'accéder à la complexité de la forme des taches ou des classes qui forment le paysage étudié.

Afin de rendre plus opérable les études d'impacts, il serait intéressant de tester la faisabilité d'une procédure d'analyse spatiale, basée sur un support cartographique (la photographie aérienne par exemple) et des mesures terrain. La combinaison entre une cartographie des unités de paysages (définies sur des critères biogéographiques de structure des couverts végétaux) et une analyse d'indicateurs statistiques (les indices spatiaux) pourrait permettre de mieux prévoir, ou à défaut de mieux connaître, les conséquences des ouvrages de transport terrestre sur la dynamique des espèces et de leur habitat. Il reste que ces techniques nécessitent une bonne connaissance des espèces et des processus les affectant (reproduction, alimentation, déplacements, etc.) pour fixer des seuils de connectivité spatiale viables pour assurer une connectivité biologique maintenant des populations animales comme végétales.

3.5.5 DEVELOPPER DE NOUVELLES METHODES ET TECHNIQUES

En plus de développer et/ou d'adapter ces indices spatiaux, il est important d'analyser les différents modèles de viabilité des populations qui existent et de tester leur application lors d'études préalables à la création d'ITT. De nombreuses recherches universitaires sur les amphibiens notamment mériteraient d'être valorisées.

De même, le recensement et l'analyse critique des différentes méthodes d'échantillonnage utilisées lors du diagnostic écologique et des bilans environnementaux pousse à orienter les recherches vers la proposition de nouvelles méthodes de prospection adaptées aux caractéristiques linéaires des infrastructures et au dimensionnement de l'aire d'étude (cf. définition des unités écologiques).

Les recherches à venir doivent également favoriser les taxons où les connaissances sont considérés comme sous-estimés. Des cas de mortalité de chauves-souris par collision routière sont relevés périodiquement au niveau d'ouvrages autoroutiers. Des solutions afin de limiter ces cas de collisions doivent être étudiées. D'un point de vue pratique, deux grands axes de réflexion peuvent être explorés :

- la possibilité de disposer des éléments de part et d'autre des ouvrages dans les sections accidentogènes pour dévier le déplacement des chauves-souris en dehors de l'espace balayé par les véhicules (« dispositifs barrières ») ;
- la possibilité d'effaroucher ou de perturber les animaux pour les inciter à s'éloigner des secteurs sensibles (« dispositifs d'éloignement »).

Quelques soient l'une ou l'autre des solutions retenues. La mise en place de ces protocoles nécessitera des études de faisabilité approfondies intégrant par exemple (1) le type de sons qui pourrait affecter les sonars des animaux et (2) la possibilité de les émettre de manière efficace en extérieur.

En conclusion, les attentes des acteurs sont principalement tournés vers une meilleure prise en compte de la fonctionnalité et surtout de la dynamique des paysages, autrement dit se préoccuper du paysage non seulement au démarrage de la phase exploitation mais dans la durée car les paysages sont des systèmes mobiles dans l'espace et le temps.

4 PROPOSITIONS D'AXES DE RECHERCHE AU TITRE DE L'APR ITT - ECOSYSTEMES ET PAYSAGES

4.1 UNE PROGRAMMATION EN APPUI A UNE POLITIQUE

Les études d'impact sur l'environnement ont été introduites en France par la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature et ses décrets d'application de 1977. Introduit plus tard, le droit européen en matière d'étude d'impact trouve sa source dans la directive CEE 85/337 du 27 juin 1985, modifiée par la directive CEE 97/11 du 3 mars 1997. Ce dispositif contribue depuis à améliorer la qualité des projets en intégrant l'environnement dans les critères de décision au même titre que les aspects financiers et techniques.

Le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable participe au programme de recherche interministériel sur les transports terrestres. A ce titre, il souhaite développer les recherches sur « l'impact des infrastructures sur les paysages et les écosystèmes ». Le présent appel d'offre de recherche, exprime la complexité et la transversalité du domaine de l'évaluation des impacts des infrastructures de transport terrestre sur les paysages et les écosystèmes. Depuis plus de 30 ans, les processus et les outils d'évaluation et de prise en compte des paysages et des écosystèmes s'améliorent mais demeurent perfectibles. La question de leur amélioration voire de leur refonte éventuelle est sous-jacente à cet appel de recherche. Au moment où les premières demandes d'autorisation dans les sites du **réseau Natura 2000** sont instruites et où la méthodologie d'étude des incidences de ces projets se précise, il est essentiel de rappeler que la plus grande attention doit être portée au écosystèmes et au paysage pour les projets d'infrastructure terrestre.

Suite aux différentes évolutions législatives, il existe maintenant de nombreux gestionnaires du système autoroutier et ferroviaire français. Depuis, le 18 juillet 2005, date à laquelle Thierry Breton, ministre de l'Economie, et Dominique Perben, ministre de l'Equipement, ont annoncé officiellement la cession des parts détenues par l'Etat, les sociétés privées ont la possibilité d'être majoritaires dans les sociétés autoroutières.

Cette multiplicité grandissante des acteurs et des gestionnaires des réseaux, l'émergence de nouveaux décideurs, nécessite une nouvelle réorganisation des services contrôleurs de l'Etat et une formalisation des échanges entre les équipes administratives et techniques de l'Etat et des maîtres d'ouvrage.

La sensibilisation aux spécificités des milieux naturels, de la faune et de la flore et à la prise en compte de ces derniers doit dépasser le cadre réglementaire. L'accompagnement des maîtres d'ouvrage, de leurs services techniques et des sous traitants, nécessite de disposer d'un corpus scientifique pertinent sur la thématique des écosystèmes et des paysages, qui soit accessible à l'ensemble des acteurs de ces ITT.

L'enjeu est d'autant plus important que dans les dix prochaines années un grand nombre d'infrastructures de transport terrestre est envisagé, notamment en ce qui concerne les projets de LGV, Fret et de Voies navigables.

Au final cette partie devra reprendre le constat, l'intérêt et les enjeux de cet appel à propositions de recherche tout en présentant la programmation qui aura été retenue.

4.2 LES ATTENDUS DU PROGRAMME

Ce programme de recherches vise à apporter une contribution scientifique et technique significative à la réussite de l'insertion des futures infrastructures de transport terrestre dans les écosystèmes et les paysages. Anticiper sur l'amélioration de la prise en compte des impacts dans les aménagements futurs est le thème central de cet APR, mais la réflexion devra également porter sur la question complémentaire de « comment rattraper les impacts et erreurs du passé ? ». Le programme a pour ambition de fournir des connaissances, principes et modèles scientifiques utiles aux acteurs. Il doit également initier la création et l'organisation d'un corpus scientifique dédié à l'écologie des ITT à l'image de la « *Road ecology* » anglo-saxonne.

Au vu des attendus à court, moyen et long terme, une certaine souplesse pourra être proposée pour la durée des recherches.

Aux plans fondamental et pratique, les travaux devront s'inscrire dans les finalités suivantes :

- ✓ l'obtention d'une connaissance fondamentale approfondie des espaces ou espèces pas ou mal connus et potentiellement confrontés aux impacts ITT,
- ✓ la recherche et le développement de techniques innovantes d'investigation et d'interprétation naturaliste (méthodes et/ou matériels) et la mise en place d'outils d'aide à la décision à l'échelle territoriale.
- ✓ une méthodologie fiable et efficace d'analyse d'impact, de définition de mesures et d'indicateurs de suivis à court moyen et **long terme**¹⁰, sur la base de briques méthodologiques partagées, validées, intégrées et interactives, prenant en compte à la fois les spécificités de l'infrastructure envisagée et celles du territoire concerné dans ses composantes physiques et humaines.
- ✓ des évolutions juridiques et organisationnelles pour appuyer cette méthodologie et garantir une meilleure prise en compte des impacts des ITT sur les paysages et écosystèmes.
- ✓ la mise en cohérence des politiques publiques relatives aux stratégies de transport terrestre, de gestion foncière correspondantes, des mesures compensatoires paysagères, agricoles et écologiques.

¹⁰ Cet aspect est primordial car la méconnaissance des effets à long terme est une lacune identifiée de manière consensuelle.

4.3 IDENTIFICATION DES PRINCIPAUX CHAMPS DE RECHERCHE

En relation avec les besoins des acteurs et en fonction des lacunes scientifiques, **cinq axes de recherche** ont été déterminés, ils portent sur :

Connaissances des impacts des ITT sur les écosystèmes et les espèces ;

Outils et méthodes d'évaluation et de quantification des impacts des ITT ;

Evolution des territoires et temporalité des effets;

Ingénierie écologique et mesures techniques d'atténuation et de compensation des impacts ;

Interactions Nature-Sociétés : politiques publiques, aspects socio-économiques et juridiques.

- **L'axe 1 : Connaissances des impacts des ITT sur les écosystèmes et les espèces**

Les recherches de cet axe visent à accroître les connaissances sur l'écologie des espèces et des habitats et à préciser les impacts des ITT par grands types d'écosystème. Il ressort des consultations que les connaissances sur les insectes, les reptiles et les chiroptères nécessitent des recherches prioritaires. L'absence de connaissance sur certaines espèces d'intérêt communautaire peut créer un préjudice juridique important pour des ouvrages à venir. Ces recherches devront également aboutir à des propositions d'espèces clés pour lesquelles des taux de mortalité moyens pourront être avancés à partir de cas concrets. Cet axe en interaction avec l'axe 2 et 3 doit permettre d'affiner les prédictions des impacts des futures infrastructures de transport terrestre.

- **L'axe 2 : Outils et méthodes d'évaluation et de quantification des impacts des ITT**

Idéalement la bioévaluation est établie à partir des résultats des inventaires de terrain réalisés, confrontés aux connaissances disponibles sur l'abondance, la distribution ou l'évolution des effectifs des espèces ou des habitats concernés ; cependant ces données font souvent défaut. Les recherches de cet axe doivent s'atteler à compléter les méthodes et outils pour parfaire le dispositif de bioévaluation. Il s'agit à la fois d'accroître les connaissances générales sur les espèces et les habitats et de les décliner par rapport aux impacts génériques des ITT. Cet axe devra concrétiser les propositions d'outils techniques visant à réduire les collisions routières ou ferroviaires relevés régulièrement au niveau des ITT et notamment des ouvrages autoroutiers (microfaune, grande faune, chiroptères, etc.). Des solutions afin de limiter ces cas de collisions doivent être étudiées et proposées.

Au niveau de l'évaluation des impacts induits, l'axe 2 devra s'articuler avec les recherches de l'axe 3 afin d'aboutir à des outils de prédictions des impacts induits a priori tels que le remembrement.

- **L'axe 3 : Evolution des territoires et temporalité des effets**

Cet axe s'inscrit pleinement dans la prise en compte de la dynamique des territoires dans l'évaluation des impacts.

Ces recherches doivent permettre de réaliser des évaluations a posteriori par modélisation des effets des impacts induits, tels que les remembrements, la création de ZAC, de plateforme multimodales etc. Ces recherches devront opposer l'évolution de territoires traversés ou non par une infrastructure. Une telle recherche s'appuiera sur des

paramètres jugés par l'état de l'art comme pertinent : microfaune terrestre, indices de diversité, etc. et préférentiellement par grand type de structures paysagères : openfield, bocages, forestier, péri-urbain, etc.

Priorité sera donnée aux projets qui articuleront une réflexion systémique avec les potentialités des concepts et outils de l'écologie spatiale associé à un raisonnement biogéographique pour évaluer les impacts de la fragmentation des milieux sur les dynamiques des paysages et des écosystèmes.

- **L'axe 4 : Ingénierie écologique et mesures techniques d'atténuation et de compensation des impacts :**

Il s'agit dans cet axe d'inventorier, de développer le panel de mesures d'atténuation et de compensation des impacts qui peuvent être proposées dans les projets d'infrastructures de transport terrestres. Mais il s'agit également principalement dans cet axe d'évaluer les mesures proposées ou existantes et ce à différentes échelles : du projet, de l'espèce, des habitats et du territoire. A ce titre, des recherches pourront être proposées pour mettre en perspective les dépendances vertes à différentes échelles du territoire ; celles-ci tendent à être idéalisées par de nombreux acteurs.

Cet axe s'articule avec l'axe 3 dans le sens où l'efficacité d'une mesure d'atténuation ou de compensation peut être avérée à court terme mais devenir inefficace à moyen ou long terme. Il s'articule également avec l'axe 5 car la création de mesures de compensation à proximité des infrastructures conduit également à créer des conditions accidentogènes pour de nombreuses espèces, la pertinence de ces mesures doit faire l'objet de recherches.

- **L'axe 5 : Interactions Nature-Société : politiques publiques, aspects socio-économiques et juridiques.**

Cet axe vise à clarifier les interactions existantes entre les différents acteurs et à identifier les articulations qui pourraient être proposées dans le contexte à venir où des contractualisations de plus en plus importantes seront effectuées pour les nouveaux aménagements. Il s'agira d'identifier les nouveaux impacts que ces passations de marchés pourraient engendrer ainsi que les demandes réglementaires ou procéduriales et recours qui pourraient être demandées par les structures administratives au vu du droit national ou européen.

Les conséquences de la fusion de structures comme les DIREN et les DRIRE, le découplage des pouvoirs entre l'Etat, les régions et les départements devront faire l'objet de recherches.

Il s'agira également de préciser les limites d'une demande sociale d'amélioration systématique des infrastructures anciennes dans le cas de travaux de doublement. Jusqu'à quel point cette rétroaction est possible et qui doit supporter le surcoût généré ? Cet axe devra également permettre de clarifier et d'accroître la cohérence entre les différentes politiques publiques en jeu lors de la création d'un projet d'ITT qui vont jusqu'à proposer des mesures compensatoires incohérentes ou antagonistes entre elles et qui de fait sont loin d'optimiser l'utilisation de l'argent public.

Enfin, cet axe doit favoriser les projets sur la monétarisation des écosystèmes et des paysages sans tomber dans les travers d'une évaluation comptable des espèces. L'objectif étant de développer des contrepoids validés par les acteurs face à des valeurs marchandes mieux connues que sont les terres agricoles et les zones urbaines.

4.4 OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DU PROGRAMME

Parmi les problématiques qui à l'heure actuelle pourraient faire l'objet d'approfondissement, tant sur les plans fondamentaux qu'expérimentaux, nous retenons les points suivants :

Comprendre le fonctionnement de taxons méconnus sensibles aux ITT, notamment grâce à l'acquisition de données quantitatives sur leur écologie ;

Évaluer les conséquences de la fragmentation de l'espace par l'ITT sur la dynamique des espèces végétales et animales ;

Développer des techniques innovantes d'investigation et d'interprétation naturaliste (méthodes et/ou matériels) ;

Créer une méthodologie fiable et efficace d'analyse d'impact, définir des mesures et indicateurs de suivi à court moyen et long terme sur la base de briques méthodologiques partagées, validées, intégrées et interactives, prenant en compte à la fois les spécificités de l'infrastructure envisagée et celles du territoire concerné dans ses composantes physiques et humaines.

Proposer une typologie générale des impacts liés aux ITT ;

Mettre en place des outils d'aide à la décision à l'échelle territoriale.

Évaluer les conséquences des perturbations des flux hydrologiques (de surface et souterrains), et des flux sédimentaires, par l'ITT sur la dynamique des écosystèmes ;

Approfondir les connaissances des influences des ITT sur la dynamique des paysages végétaux périphériques.

Analyser les impacts micro-climatiques des infrastructures de transports terrestres sur les milieux adjacents.

Identifier, sélectionner et valider des indicateurs de cicatrisation du milieu ;

Identifier et mesurer les impacts induits comme le remembrement, le développement de ZAC, etc., avant la mise en place de l'ITT ?

Identifier l'évolution des attitudes et des représentations par rapport à ces ITT ;

Etc.

4.5 PROPOSITION D'ORGANISATION DES PROJETS RETENUS

Les travaux de recherches qui seront retenus, devront valoriser les connaissances acquises, innover en termes de problématique scientifique et prendre en compte les demandes de terrain.

Pour atteindre ces objectifs, deux approches sont proposées :

L'une, multidisciplinaire et systématique sur des sites identifiés pour traiter des aspects physiques, chimiques, écologiques, biologiques et socio-économiques.

L'autre, transversale par problématique incluant des comparaisons inter-sites.

Leur mise en œuvre à l'échelle régionale et/ou nationale, nécessite la collaboration et la coordination de nombreuses équipes de recherches et de bureaux d'études appartenant à des disciplines variées, l'acquisition et le traitement d'une quantité importante de données et la présentation synthétique des résultats pour une exploitation efficace par les maîtres d'ouvrage.

Afin d'organiser les projets de recherches et de créer une dynamique entre les différents acteurs, plusieurs entrées ont été prospectées : **approche territoriale** (littorale, plaine, vallée alluviale, etc.), **thématique** (groupe d'espèces : chiroptères, avifaune, etc.) ou **par type d'infrastructure** (LGV, Autoroutes, Voies navigables). Il ressort que plus qu'une entrée par type d'infrastructure de transport terrestre au vu des problématiques identifiées, une approche territoriale sur la base des 4 grands domaines biogéographiques concernant le territoire français auquel il faut ajouter les zones tropicales et les milieux insulaires au vu des enjeux et projets en Guyane, Martinique, Réunion etc. est souhaitable. Cette approche territoriale peut être complétée par la distinction entre différents territoires marqués par des usages : zone agricoles, zones péri-urbaines, etc.

Résumé des approches territoriales proposées :

- Grandes régions biogéographiques, zone tropicale et milieux insulaires
 - ITT en Zones littorales
 - ITT en Zones de montagne
 - ITT en Zones tropicales
 - ITT en Zones insulaires
 - Etc.
 - Territoires marqués par des usages
 - ITT en Zones Agricoles
 - ITT en zones péri urbaines
 - Etc.
-

L'entrée par type d'infrastructure peut se surajouter à ces propositions via un code couleur affecté au projet retenu.

4.6 PROPOSITION DE THEMATIQUES TRANSVERSALES

Au vu de la complexité et des disciplines auxquelles font appel un projet d'infrastructure linéaire, il est pertinent de proposer que cet appel à proposition de recherche intègre des animations transversales entre les projets qui seront retenus.

Ces animations seraient **des projets de recherche** à part entière et pourraient être proposées sur les thèmes suivants :

1. Approches spatiales
2. Biodiversité

3. Hydrologie et hydraulique
4. Biogéochimie
5. Approches en sciences humaines (concertation et prospectives)
6. Approches en sciences économiques (monétarisation, etc.)
7. Approches en sciences juridiques.

- **Descriptif des animations transversales**

- Approches spatiales

Sa mission serait d'analyser les différentes méthodes mises en œuvre au sein des projets retenus et d'innover en matière de méthodes, d'outils dans le domaine de la géomatique, afin de permettre aux acteurs et organismes de mieux préparer et exploiter leurs bases de données géospatiales pour la prise de décision.

Cet appel à proposition de recherches serait l'occasion d'initier un modèle de base de données commune à ce type d'étude qui pourrait être alimentées par les différents acteurs. L'objectif serait de fédérer ces données à l'échelle du territoire.

- Biodiversité

La mission de cette animation serait d'analyser les différentes méthodes d'inventaire et d'échantillonnage mises en œuvre au sein des projets retenus. Elle permettrait également d'initier des comparaisons entre espèces en fonction des ITT et des habitats concernés.

- Hydrologie et hydraulique

En plus des projets proposés qui s'inscriront dans l'objectif de préciser les impacts des ITT sur l'hydrologie d'un bassin versant, cet appel à projet peut être l'occasion de recueillir sur les sites des autres projets des informations sur l'hydrologie afin de combler les lacunes sur les bouleversements occasionnés à l'échelle des bassins versants. Les consultations des experts mettent en avant qu'il n'y a eu aucune véritable évaluation des dispositifs de protection, résultant de solutions d'ingénieries sans recherches, comparaison et évaluation à cours moyen et long terme. C'est en particulier le cas des dispositifs sur le karst qui semblent inadaptés.

Cette animation serait l'occasion éventuellement de proposer de nouveaux outils et de faire de nouvelles recommandations pour insérer la dimension

- Biogéochimie

La mise en place de différents terrains d'études peut être l'occasion de mettre en place un protocole commun afin d'évaluer et de comparer les mesures des éléments traces qui sont retrouvés à proximité des ITT. Les consultations ont notamment mis en avant les lacunes sur les HAP, en termes d'émissions et d'impacts à court, moyen et long terme sur le vivant, cette animation pourrait recueillir ce type de données et les

comparer en fonction des types d'infrastructures et des configurations spatiales de l'ouvrage et des écosystèmes traversés.

- Approches en sciences humaines

A travers cette animation, il s'agit de proposer une réflexion sur la concertation liée aux projets d'ITT et sur la conduite de démarches prospectives en amont de la création des ITT.

L'utilisation de différents sites peut être l'occasion d'initier une dynamique afin de comparer les différents processus de concertation mis en œuvre lors de la création des infrastructures. Une animation sur l'ensemble des sites concernés avec un protocole d'enquête commun pourrait être proposé.

- Approches en sciences économiques

Les résultats obtenus par les observatoires socio-économiques des autoroutes montrent que l'on dispose déjà d'un ensemble d'outils pour la prévision des effets d'un grand aménagement, cependant ceux-ci restent de l'ordre des données confidentielles. L'animation pourrait mettre en lumière ces données et initiés la création d'une base de données de référents communs (coût des mesures dites environnementales : d'atténuation, de compensation, du suivi de chantier, etc).

Cette animation pourrait par ailleurs accompagner les différents projets sur les aspects socio-économiques en lien notamment avec les projets qui travailleront sur l'efficacité des mesures d'atténuation ou de compensation, etc. et sur la caractérisation des habitats traversés par une ITT et leur évolution.

- Approches en sciences juridiques

L'approche en sciences juridiques vise à éclaircir des questions qui se posent au niveau réglementaires. Y a-t-il des possibilités de rétroaction réglementaire sur des ouvrages anciens ? A partir de quel degré « d'usure » de l'infrastructure autrement dit de niveau d'entretien ou de reprise d'ouvrage peut-on imposer le rattrapage d'incidences lourdes constatées sur le long terme au delà du cadre existant (Loi LOTI notamment)? Se pose alors la question de savoir qui doit assumer ce « rattrapage » (MO, Propriétaire, Gestionnaire/Exploitant) ? Ne pourrait-on pas s'inspirer des évaluations des Plans de Gestion et imposer une réévaluation réglementaire régulière des impacts des ITT sur l'environnement ? Autre question à clarifier impérativement : L'étude d'impact et tout ce qu'elle comprend devient-elle opposable au tiers (à la chaîne d'exécution des ouvrages : MO, MOE, Etp et exploitant) dès lors que le préfet a apposé sa signature en bas de l'arrêté d'autorisation de travaux ? L'est-elle du simple fait de son inscription dans la liste des textes préparatoires qui composent les AP en introduction à celui-ci ?

En effet, ce point est déterminant car les AP actuels sont réputés reprendre les principales préconisations des études d'impact. Pourquoi cette répétition donc ? Pour obtenir un document synthétique ? Oui mais dans ce cas on constate régulièrement des différences de rédaction de ces préconisations qui induisent des interprétations différentes lorsqu'il y a analyse réglementaire en cas de litige. Cela fragilise le travail

effectué durant l'étude d'impact et de plus parfois certaines préconisations ne sont pas clairement reprises. Y a-t-il donc, lors de la rédaction de l'arrêté d'autorisation des travaux, une latitude donnée au services préfectoraux pour la rédaction de ces préconisations alors que les étapes de validation par les services instructeurs et d'enquête publique sont sensées en sceller le contenu ?

Cette animation transversale pourrait réfléchir à inscrire réglementairement et systématiquement dans les AP - comme c'est le cas pour la sécurité ou la géotechnique - qu'en phase chantier les entreprises aient aussi recourt à un Contrôle Externe (à charge de l'entreprise) Environnement.

Enfin, cette animation permettrait de faire le point sur la faisabilité d'un cadre réglementaire ou méthodologique basé sur une grille « à cocher » des impacts génériques et prévisibles de ces projets et permettre ensuite un report de conclusions/correspondances dans un tableau de familles de mesures à conduire et instruire ou en tout cas d'objectifs à atteindre.

4.7 VALORISATION DU PRE-APR ET DE L'APR

- Valorisation du pré-APR :

Afin de valoriser les résultats de cette étude et de communiquer sur ces propositions de recherche, le colloque sur l'**Evaluation environnementale et transports - concepts, outils et méthodes** organisé par Le Secrétariat international francophone pour l'évaluation environnementale (SIFÉE) en partenariat avec l'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF) paraît particulièrement indiqué (cf. Annexe 4). Le thème d'application porte spécifiquement cette année sur les outils et méthodes d'évaluation environnementale appliqués aux transports. Il se tiendra du 12 au 16 juin 2007 à Genève (Suisse)¹¹.

Par ailleurs ces résultats ont fait l'objet d'une présentation afin de sensibiliser les étudiants des cursus universitaires de deux masters en décembre 2006, Master GAELE et Master TLTE des Universités Paris 4 et 1.

- Valorisation du futur APR :

Les animations transversales qui sont proposées (ci-avant) seront à même à la fin des 2 à 5 ans que durera ce programme de recherche de restituer rapidement les points forts de chaque recherche afin de les valoriser. Plusieurs supports peuvent d'ors et déjà envisagés : guide, base de données, colloque de restitution, revue mensuelle, portail web virtuel, réseau d'acteurs, etc.

¹¹ Pour information : sifee@sifee.org / Téléphone : 1 (514) 288-2663 / Télécopieur : 1 (514) 288-7701

4.8 CONTACTS INTERNATIONAUX PROPOSES POUR LE CONSEIL SCIENTIFIQUE

L'ensemble des scientifiques consultés est susceptible de rejoindre le conseil scientifique mais comme ils font partie des personnes susceptibles d'être contactées pour répondre à cet APR.

Les contacts à l'étranger ont permis d'identifier des personnes qui apporteraient une expérience internationale au choix des projets et à leur mise en œuvre.

Il s'agit de :

- M. Jean-Philippe WAAUB, Professeur, Groupe d'Études Interdisciplinaires en Géographie et Environnement Régional de l'Université du Québec à Montréal (GEIGER), Canada ;
- Mme le Pr. Isabel OTERO-PASTOR, Centre de Recherche sur les transports TRANSyT (Espagne) ;
- M. BAGUETTE, Biodiversity Research Centre, Catholic University Louvain, U. d'Ecologie et de Biogéographie, Croix du sud 4, Louvain-la-Neuve (Belgique),
- M. David GENELETTI, Department of Civil and Environmental Engineering (DICA), University of Trento, Via Mesiano, Trento (Italie).

RAPPORT BIBLIOGRAPHIQUE:

ITT & ECOSYSTEMES



PARTIE I : PRESENTATION DES ITT EN FRANCE

1 PRESENTATION SOMMAIRE DES RESEAUX DE TRANSPORT ETUDIES

Les infrastructures de transport terrestre (ITT) correspondent aux aménagements de grande ampleur permettant à ce transport de se réaliser : les autoroutes pour le transport routier par exemple. Dans le présent document nous acceptons, dans la définition du transport terrestre, à la fois le transport routier et le transport ferroviaire. Nous considérons que le transport fluvial appartient au transport dit continental. Nous ne traiterons donc que partiellement des impacts engendrés par le transport fluvial dans ce mémoire.

Dans les paragraphes suivants nous présenterons les principaux thèmes relatifs à ces infrastructures, qu'il est nécessaire de décrire pour étudier ensuite leurs impacts sur les milieux naturels, à la fois sur les plans spatiaux et temporels.

Le terme de réseaux sera utilisé dans la suite du document pour qualifier l'ensemble des infrastructures composant un mode de transport particulier.

1.1 LES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES DIFFERENTS RESEAUX

1.1.1 AUTOROUTE

Les autoroutes sont définies comme «étant des routes à deux chaussées séparées, dont les accès sont spécialement aménagés et qui uniquement conçue pour la circulation à grande vitesse des automobiles ne croise à niveau aucune autre voie » (Larousse, 1999).

La largeur moyenne d'une autoroute 2x2 voies est de 50 m. Son emprise au sol est plus importante qu'un projet ferroviaire. L'existence d'un terre-plein central, les accotements autoroutiers ou dépendances vertes de l'autoroute, et son revêtement fait d'asphalte, sont autant de caractéristiques spécifiques des autoroutes.

1.1.2 RESEAU FERRE

Dans le langage des spécialistes, une « Ligne à Grande Vitesse » ou LGV désigne les voies permettant les déplacements les plus rapides des Trains à Grande Vitesse (TGV). Ces lignes sont assimilées à de grandes infrastructures de transport ferroviaires. En effet bien que la largeur des LGV ne soit pas excessivement plus importante que celle du réseau courant, les contraintes techniques et géométriques liées à la conception de ces lignes (angles des courbes très ouverts, tassement du ballast sous les rails qui rend les traverses non apparentes ; clôturation systématique des voies, substrat particulier : le ballast, gestion non extensive des voies, etc.) ainsi que la vitesse des engins les parcourant leur confèrent un statut tout à fait particulier.

La première LGV mise en service fut la ligne Paris-Lyon, inaugurée en 1981.

Actuellement les LGV représentent 1547 km soit moins de 6 % du réseau en exploitation.

TABLEAU 1 : STATISTIQUE DU RESEAU FERRE NATIONAL (COST 341, 2001)

	Longueur (en km)	% l'ensemble du réseau
Longueur totale du réseau	32 888	
Longueur du réseau en service	31 986	97,3
Longueur du réseau en exploitation, dont :	28 918	87,9
		% du réseau en exploitation
Lignes à grande vitesse (LGV)	1 547	5,3
Lignes à deux voies et plus	16 139	55,8
Lignes à voie unique (voie normale)	14 845	51,3
Lignes à voie unique (voie étroite)	167	0,6

TABLEAU 2 : PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTS RESEAUX ET IMPACTS ATTENDUS (COST 341, 2001 ; RFF, COM. PERS)

	Type de réseaux	Autoroutes	Lignes Grande vitesse	Effets
Caractéristiques du réseau				
Fréquence du trafic		Très variable (pour exemple moyenne annuelle en 2004 sur l'A7: 77 000 véhicules (auto+camions)/jour; source ASF, sur le site de la CCI de la Drôme ou trafic moyen autoroutier=30 294 véh/j (source: La Route en France, données générales (METL, DR))	Au maximum un passage toutes les 7 min sur la ligne Paris-Lyon (période de pointe de 5h à minuit) = 163 passages/jour (COST 341, 2001)	Effet de barrière ; perturbation sonore et lumineuse ; risque de collisions.
Vitesse du trafic		130 km/h	250 à 300 km/h	Collisions
Largeur de la voie		50 m (pour une autoroute 2x2 voies moyenne)	20 m en moyenne	Perte d'habitats ; Effet de barrière
Revêtement de la voie		Asphalte bitumé	Ballast compacté (contrairement au réseau courant, absence de passages sous rails)	Effet de barrière
Contraintes géométriques du tracé		Moyenne	Forte à très forte (rayon de courbure d'environ 6 km (cf Guerrero (RFF), Claverie (SNCF))	Intégration paysagère ; Destruction d'espèces remarquables
Sécurité des voies		Engrillagement partiel (limiter le passage de la faune sauvage sur les voies)	Clôture systématique sur l'ensemble de la voie (protection des personnes et de la faune, mais surtout des personnes)	Isolement des populations
Emprises supplémentaires		Aménagement des aires de repos tous les 15 à 35 km Aire de péage (emprise très large) Rétablissements routiers	Aménagement des gares (zone en plat sur 2 km - Guerrero, comm. Pers.)	Perte d'habitats ; Effet de barrière
Aménagements spécifiques		Bassins de dépollution autoroutiers		Perte de succès reproducteur (effet génotoxique, pollution par le plomb)
			Présence de caténares	Risque de mortalité par électrocution

1.2 PRESENTATION DES GESTIONNAIRES DES DIFFERENTS RESEAUX

1.2.1 LES RESEAUX AUTOROUTIERS CONCEDES ET NON CONCEDES

En France le réseau autoroutier se décompose en un réseau non-concédé et en un réseau concédé par l'état.

TABLEAU 3 : STATUT ET KILOMETRAGE DES RESEAUX (COST 341, 2001)

		Longueur (en km)	% du total général
Autoroutes de liaison	concédées	7 840	75,5
	non concédées	2 543	24,5
	TOTAL	10 383	
Routes Nationales	TOTAL	24 000	

Le réseau non-concédé est entièrement géré par les différents services de l'Etat, notamment les Directions régionales de l'Equipement, les Directions Départementales de l'Equipement (DDE), et ce sous la responsabilité du Ministère de l'Equipement, du tourisme et de la mer.

Le réseau concédé, représentant à lui seul près de 7 800 km de linéaires, soit environ 75% du système autoroutier français, fait actuellement l'objet d'une privatisation partielle. Autrefois Cofiroute était le seul groupe autoroutier privé. Les autres sociétés concessionnaires avaient le statut de SEMCA (« Société d'Economie Mixte Concessionnaire d'Autoroute »). Chacune était composée d'une société mère (ASF, SAPRR, SANEF) et d'une filiales (respectivement : ESCOTA, AREA, SAPN). L'Etat avait attribué à chacune de ces SEMCA une partie du territoire français.

Cependant, le gouvernement a annoncé, le 13 décembre 2005, la privatisation de plusieurs réseaux autoroutiers validée par décrets :

- **Décret n° 2006-267 du 8 mars 2006** autorisant le transfert au secteur privé de la participation majoritaire détenue conjointement par l'Etat et Autoroutes de France au capital de la société Autoroutes du Sud de la France (*JO 09/03/2006, p. 3532*) ;
- **Décret n° 2006-167 du 16 février 2006** autorisant le transfert au secteur privé de la participation majoritaire détenue conjointement par l'Etat et Autoroutes de France au capital de la société Autoroutes Paris-Rhin-Rhône ;
- **Décret n° 2006-98 du 2 février 2006** autorisant le transfert au secteur privé de la participation majoritaire détenue conjointement par l'Etat et Autoroutes de France au capital de la société SANEF.

Ainsi:

- Le groupe **Eiffage**, associé au fonds australien Macquarie, reprend le réseau des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône (APRR)
- Le groupe **Vinci** prend le contrôle des Autoroutes du sud de la France (ASF), dont il détenait déjà une partie du capital.
- Le réseau de la Société des autoroutes du Nord et de l'Est de la France (Sanef) revient au groupe autoroutier espagnol **Abertis**.

1.2.2 LE RESEAU FERRE

Jusqu'en 2003, le réseau ferré ne comptait qu'un seul maître d'ouvrage, le Réseau Ferré de France (RFF), créé en 1997, en charge de la construction, de l'exploitation et de l'entretien des voies. Son siège est à Paris et des antennes existent dans chaque région pour le réseau courant. Il n'y a pas de chargés de mission environnement au siège mais une équipe spécifique est mise en place pour chaque projet de LGV, dont un correspondant pour l'environnement (M. Guerrero, com.pers.).

Ce pendant tout comme pour les autoroutes, les gouvernements de la République française et du Royaume d'Espagne ont décidé (Journal officiel espagnol le 29 janvier 1998, et publié en France par décret n° 98-98 du 16 février 1998) de confier au groupement TP FERRO (Eiffage, ACS, Dragados), la concession pour la conception, la construction, l'exploitation et l'entretien d'une nouvelle ligne ferroviaire à grande vitesse entre la France et l'Espagne (Perpignan – Figueras). Ce projet a été approuvé le 5 décembre 2003 par le Conseil des ministres des transports de l'Union Européenne.

1.3 PERSPECTIVES DE DENSIFICATION DES RESEAUX DE TRANSPORT ETUDIE

1.3.1 LE RESEAU AUTOROUTIER

Le schéma directeur national retrace l'évolution du réseau de 1968 à 2000 (COST, 2001). Une accélération de la densification du réseau c'est fait entre les années 1990 et 1998.

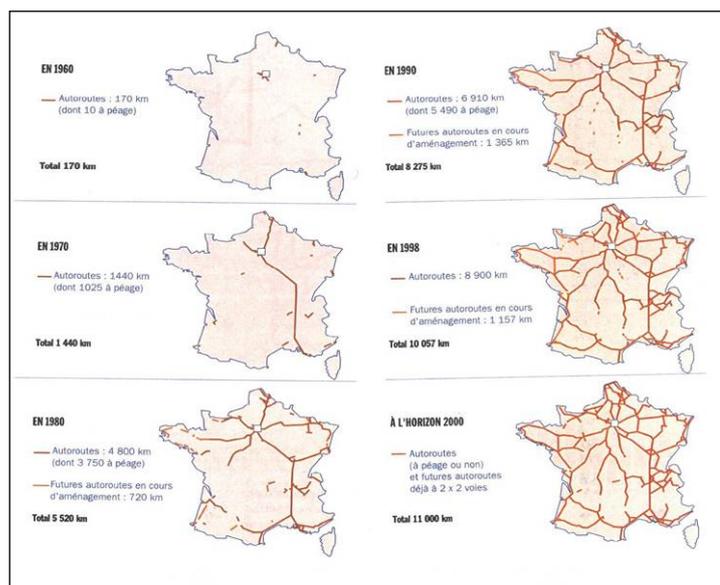


Fig 1 - Densification du réseau autoroutier entre 1968 et 2000
Source : COST, 341 d'après ministère de l'équipement.

La carte du réseau en 2004 permet de visualiser les sections en travaux et les liaisons appelées à devenir des autoroutes. De nombreuses régions sont concernées.

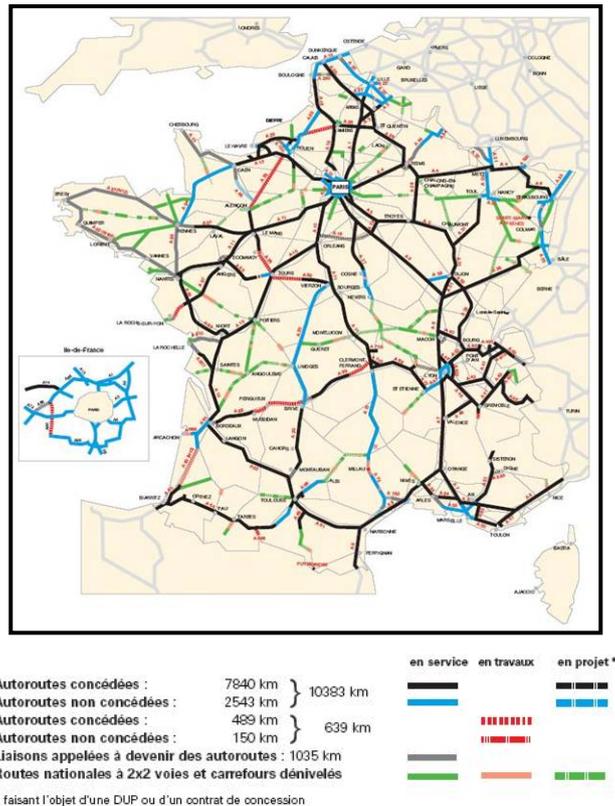


Fig.2 – Réseau autoroutier en 2004 et perspectives d'évolution de celui-ci
Source : Internet : site de l'ASFA

1.3.2 LE RESEAU DES LIGNES GRANDES VITESSES (LGV)

Les LGV s'inscrivent dans un schéma directeur européen. 30 projets de réseau de transport européen sont portés par la communauté européenne. La moitié sont des projets ferroviaires (en rouge sur la carte ci-jointe). La densification de ce type de réseau n'est donc pas seulement une problématique à l'échelle du territoire national mais également européen.

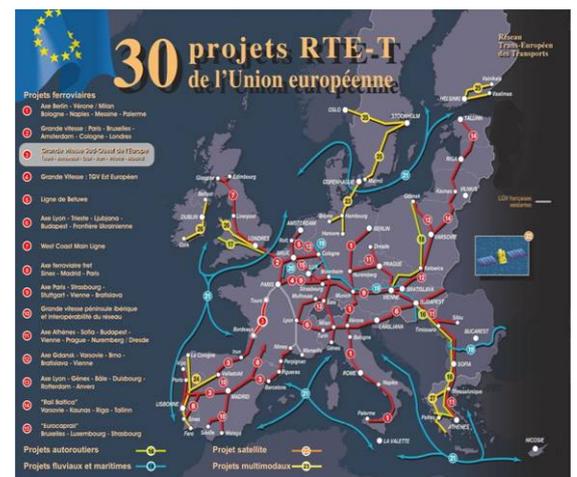


Fig.3 – Réseau Grande Vitesse Pan-Européen
Source : Internet Commission Européenne.

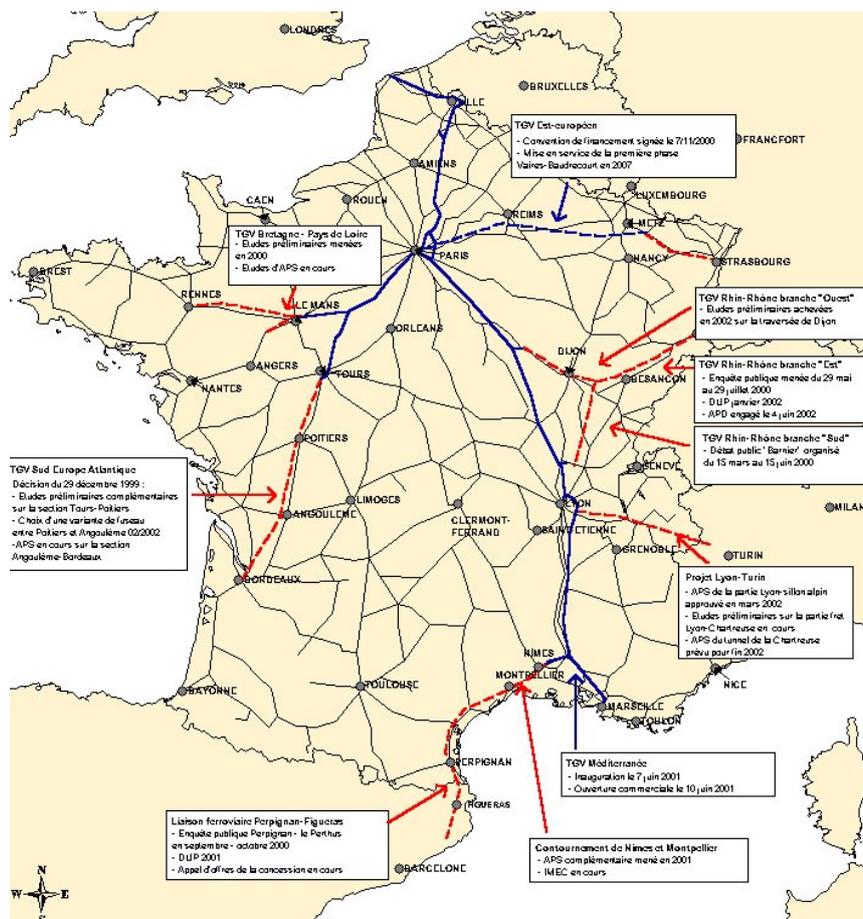


Fig 4 -Cartes des LGV exploitées et projets en cours
 Source : site internet RFF : www.rff.fr

Nous détaillons ci-dessous la liste des différents projets LGV en cours et projeté jusqu'en 2020 :

- Mulhouse-Dijon (LGV Rhin-Rhône branche Est) : construction à partir de 2006
- Valenton-Orly-Massy (Interconnexion Sud) : construction à partir de 2007 ;
- Tours-Bordeaux (LGV Sud Europe Atlantique) : construction à partir de 2008 ;
- Le Mans-Rennes (LGV Bretagne-Pays de la Loire) : construction à partir de 2009 ;
- Paris-Strasbourg, deuxième phase de la LGV Est européenne entre Baudrecourt et Vendenheim (TGV Est) : construction à partir de 2010 ;
- Lyon-Chambéry-Turin. Cette ligne franco-italienne nécessite le percement de trois importants tunnels sous les Alpes. Construction à partir de 2011 ;
- Marseille-Nice (LGV Provence-Alpes-Côte d'Azur) et Montpellier-Perpignan (l'ensemble fera partie de la LGV Italie-Catalogne) ;
- Bordeaux-Toulouse (LGV Bordeaux-Toulouse) : construction à partir de 2012
- Bordeaux-frontière espagnole (LGV Sud Europe Atlantique) ;
- Dax-Vitoria (Gasteiz) (LGV Trans Basque) ;
- Lyon-Dijon (LGV Rhin-Rhône branche Sud) ;
- Aisy-Dijon (LGV Rhin-Rhône branche Ouest) ;
- Paris-Rouen-Le Havre-Caen (LGV Normandie).

Le contournement de Nîmes et Montpellier (prolongement de la LGV Méditerranée par ligne mixte TGV/fret), bien que destiné à s'inscrire dans l'arc méditerranéen des lignes à grande vitesse, ne peut être dans l'immédiat qualifié de LGV. En effet la double signalisation mise en place imposera une limitation de vitesse à 220 Km/h pour tous les trains, en deçà donc des 250 Km/h à partir desquels on considère qu'il s'agit de haute vitesse. La construction de cette ligne, initialement prévue à partir de 2006, a été reportée à fin 2008 par Réseau Ferré de France.

Conclusions : Suite aux différentes évolutions législatives, il existe maintenant de **nombreux gestionnaires** du système autoroutier et ferroviaire français. Depuis, le 18 juillet 2005, date à laquelle Thierry Breton, ministre de l'Economie, et Dominique Perben, ministre de l'Equipement, ont annoncé officiellement la cession des parts détenues par l'Etat, les sociétés privées ont la possibilité d'être majoritaires dans les sociétés autoroutières.

Cette multiplicité grandissante des acteurs et des gestionnaires des réseaux, l'émergence de nouveaux décideurs, nécessite une nouvelle **réorganisation des services contrôleurs** de l'Etat et une formalisation des échanges entre les équipes administratives et techniques de l'Etat et des maîtres d'ouvrage.

La sensibilisation aux spécificités des milieux naturels, de la faune et de la flore et à la prise en compte de ces derniers doit **dépasser le cadre réglementaire**. L'accompagnement des maîtres d'ouvrage, de leurs services techniques et des sous traitants, nécessitera certainement la mise en place de nouveaux moyens humains, de formation, l'édition de guides, etc...

L'étude des impacts à posteriori des projets de grandes infrastructures, l'analyse des **écarts entre l'appréciation de ces derniers dans les études amont et les résultats obtenus** dans le cadre de travaux de recherche, la mise en avant d'expérience et de projets réussis, devraient permettre l'amélioration de l'insertion des projets d'infrastructures de transport terrestre dans l'environnement.

L'enjeu est d'autant plus important que dans les années à venir un **grand nombre d'infrastructure de transport terrestre** notamment en ce qui concerne les projets LGV et Fret, est envisagé.

2 REALISATION D'UNE INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT TERRESTRE

2.1 UNE INSCRIPTION AU SEIN D'UN SCHEMA DIRECTEUR

Les schémas de services collectifs se substituent depuis 1999 (Gasser et al., 2004) au schéma directeur qui était la règle de 1950 à 1998 .

De 1950 à 1998, toute infrastructure de transport terrestre participant à la liaison du territoire devait s'inscrire dans un Schéma Directeur des Transports. Ce schéma directeur des infrastructures de transport, document officiel de l'Etat, devait rendre compte de la nature et de la structuration géographique sommaire des différents réseaux de transport.

Justifié par une stratégie politique territoriale et appuyé par des documents graphiques, notamment cartographiques, ce document se définissait essentiellement comme un cadre de référence des programmations ultérieures. Il n'était appuyé par aucune loi et ne constituait en rien un document de programmation.

Cependant, c'est sur ce schéma, approuvé par décret ministériel, que les différents gouvernements en place puisent les informations nécessaires à la mise en place de leur politique de transport.

L'Etat se voit attribuer une position « clé de voûte » dans la mise en place de ce schéma directeur. C'est la loi qui fait obligation à l'Etat à travers ces services centraux, tels que le Ministère de l'Équipement, de procéder à la concrétisation de schéma. à l'heure actuelle, les lois fondamentales (références plutôt) sont les suivantes :

- La Loi d'Orientation des Transport Intérieurs (LOTI) de 1982 ;
- La Loi d'Orientation, d'Aménagement et de Développement des Transport (LOADT) de 1995, transformé en Loi d'Orientation, d'Aménagement et de Développement Durable des Transports (LOADDT) en 1999.

2.2 LE PROCESSUS ADMINISTRATIF DE REALISATION DES PROJETS D'INFRASTRUCTURES

Ce processus est mené sous l'autorité de l'Etat à travers l'implication du Ministère de l'Équipement, notamment la Direction des Routes. Ce processus permet de préciser le tracé quasi-rectiligne entre deux agglomérations qui a été proposé lors du Schéma Directeur Routier ou de Transport Ferroviaire. C'est au cours de ce processus que seront définis les différents cahiers des charges et que l'opérateur sera choisi.

Les études thématiques, tout comme la concertation, sont au cœur de cette démarche qui devra permettre la conciliation de l'intérêt des particuliers et de l'intérêt général.

Ce processus, à la fois long (le délai estimé est de 5 à 7 ans, voire plus pour des cas particuliers) et complexe (il est en effet balisé par près de 35 textes juridiques et réglementaires), évolue de la phase des études préalables à la phase de rédaction du Dossier d'Utilité Publique.

2.2.1 UTILITE DES ETUDES PRELIMINAIRES

Les études préalables définissent de manière évolutive le tracé et les aménagements du projet. De part la multiplicité des interventions (requêtes des territoires, conflits territoriaux et d'ordre écologiques), le délai de ces étapes est généralement estimé à 3 ou 4 ans (Gasser et al., 2004).

La conduite de ces étapes est réalisée sous l'égide d'organismes officiels tels que le Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement (CETE), Scétauroute, Réseau Ferré de France (RFF), en partenariat avec de nombreux sous-traitants ayant dans la plupart des cas une approche intégrée. Ainsi, les thèmes étudiés lors des étapes préalables sont relatifs aux conditions climatiques, à la qualité de l'air, à l'hydrologie, la géologie, le géomorphologie mais aussi aux contextes socio-économique, à l'agriculture, la sylviculture, aux milieux naturels, etc. Les études détaillées qui sont réalisées par les organismes sous-traitants (bureaux d'études, consultant, organismes de recherche,...) font l'objet d'un dossier de synthèse, rédigé par les bureaux d'études officiels, qui doit préciser les enjeux et les impacts du projet.

La démarche de cette phase est évolutive : elle se décompose donc en 2 étapes intermédiaires : l'étape des études préliminaires et l'étape de l'avant projet-sommaire (APS) (SETRA, 2000).

2.2.1.1 Les études préliminaires

Se déroulant sur environ 2 ans, elles doivent permettre de retenir le fuseau de tracé le plus judicieux, se situant dans un fuseau de recherche d'une largeur généralement comprise entre 10 et 20 km. Les différents fuseaux alternatifs dits « variantes de tracé » qui sont proposées dans les études à ce stade du projet sont d'une largeur de 1 000 m (Gasser et al., 2004). Afin de faire le choix de la variante la plus pertinente, c'est-à-dire celle qui minimisera au mieux les impacts sur l'environnement, il est nécessaire de conduire la collecte et la synthèse de nombreuses données. De plus, ce choix doit tenir compte des perspectives d'aménagement consignés par l'État et suggérées par les collectivités territoriales. Au final c'est par décision ministérielle que la variante optimale, qualifiée de « bande des 1 000 mètres » dans le langage des spécialistes, sera validée. La décision ministérielle étant prise, il est tout à fait exceptionnel que le fuseau soit modifié voire annulé.

2.2.1.2 Les études d'avant-projet (APS)

Lors de l'APS, on procède de la même manière que précédemment afin, cette fois, d'affiner le choix du tracé à l'intérieur de la *bande des 1 000 mètres*. Les variantes nouvellement proposées seront d'une largeur de 300 m (Gasser et al., 2004)

Dans le cas des autoroutes, la position des échangeurs et des diffuseurs doit être explicitée et dans le cas des réseaux ferrés, la position des gares doit être précisée.

Cette étape doit aussi aborder de manière plus fine les impacts de l'aménagement. Dans le cas où des impacts ne pourront être supprimés, les études devront proposer des mesures visant à les réduire ou les compenser (voir les notes « impacts » et « mesures »). Lors de l'APS, il est attendu que le coût des opérations doit aussi être précisé.

Le dossier d'APS, approuvé par le Ministère de l'Équipement, constitue la base à partir de laquelle le cahier des charges de l'Enquête d'Utilité Publique sera défini.

2.2.2 L'ENQUETE D'UTILITE PUBLIQUE ET LA DECLARATION D'UTILITE PUBLIQUE.

Suite à l'approbation du dossier d'APS, des études d'évaluation des effets socio-économiques, ainsi qu'un dossier d'études d'impacts sur l'environnement destiné à garantir la protection de la faune, de la flore et des sites remarquables, doivent être initiés. Ces documents viendront compléter le dossier de l'Enquête d'Utilité Publique (E.U.P) qui, conformément à la loi, débute alors. Cette phase se déroule pendant 12 à 15 mois. Lors des premiers mois, l'imposant dossier est déposé en mairie ou en préfecture pour consultation par les citoyens. Des modifications peuvent éventuellement être apportées sur la base des requêtes des acteurs locaux, l'Etat doit en effet répondre à ces dernières et justifier l'attention qu'il portera à ces dernières. Les positions de l'Etat seront alors incorporées au dossier dit « des engagements de l'Etat ».

Au terme de cette procédure, le dossier est transmis au Conseil d'Etat pour avis. Dans le cas d'un avis favorable, le Premier Ministre signe la Déclaration d'Utilité Publique. Cet acte autorise le début de la phase de construction.

2.3 LE PROCESSUS TECHNIQUE PAR LES MAITRES D'OUVRAGES ET LES MAITRES D'ŒUVRE

Par la suite, l'Etat confie la maîtrise d'ouvrage à des personnes morales ou privées responsables de la construction de l'exploitation et de la gestion de l'ITT sous forme de concessions. Les maîtres d'ouvrages peuvent être multiples dans le cas des projets d'autoroutes ou unique dans le cas des projets de LGV (ou voie ferrée) ou de canaux. Le maître d'œuvre est en charge de l'exécution des travaux.

Faisant suite au processus administratif mené par l'Etat, le processus technique s'échelonne sur environ 4 ans. Il comporte 3 étapes principales.

2.3.1 TROIS ETAPES SUPPLEMENTAIRES

- 1) L' Avant-Projet Autoroutier (APA) ou l'Avant-Projet Détaillé (APD).

Comme les termes l'indiquent, l'APA est spécifique au réseau autoroutier ; les termes d'APD sont utilisés dans le cas du réseau ferré. Quoi qu'il en soit, ces deux sigles définissent strictement la même procédure qui consiste en la réalisation d'études beaucoup plus détaillées. Bien que déjà entamées pendant l'Enquête d'Utilité Publique, elles reprennent de nombreux paramètres afin de fixer avec une plus grande précision le tracé et l'emprise définitifs de l'infrastructure de transport terrestre à l'intérieur de la bande des 300m. L'échelle des rendus cartographiques du document est alors 1/1 000è.

Nous tenons à préciser que c'est précisément ce document qui servira de base de concertation avec les représentants du monde agricole (Bérion, com.pers., Guerrero, com.pers., Gasser *et al.*, 2004).

2) Le chantier de construction.

Les travaux de construction sont généralement effectués par tronçon de 20 à 50 km. La durée de chaque tronçon est évaluée à 4 ans environ (Gasser et al., 1999). Généralement la construction des tronçons n'est pas réalisée simultanément. : cette succession des travaux par tronçon amène la phase de construction à s'étaler sur environ une décennie.

On peut distinguer 5 marchés principaux pour la phase de chantier des autoroutes :

- les travaux préparatoires qui consistent à la libération des emprises, le déplacement des réseaux existants (gaz, électricité, réseau d'adduction d'eau, télécommunications,...), déviation temporaires des routes du réseau courant ainsi que l'aménagement des aires de stockage (engins et matériaux).
- les *ouvrages d'art non courant* (O.A.N.C) qui concernent en particulier les rétablissements d'écoulements naturels,
- les *travaux de T.O.A.R.C* (Terrassements, Ouvrages d'Art et Rétablissement de Communications) qui provoquent les plus grands stigmates pour le milieu et les plus grandes perturbations dans le vécu quotidien (nuisances sonores, visuelles et pollutions atmosphériques).
- le revêtement de la *chaussée*,
- les *équipements des superstructures* relatifs à la sécurité, la signalisation, aux aires de repos et de services, aux aménagements paysagers, à l'implantation des bâtiments de gare de péage et des centres d'entretien.

3) Le récolement

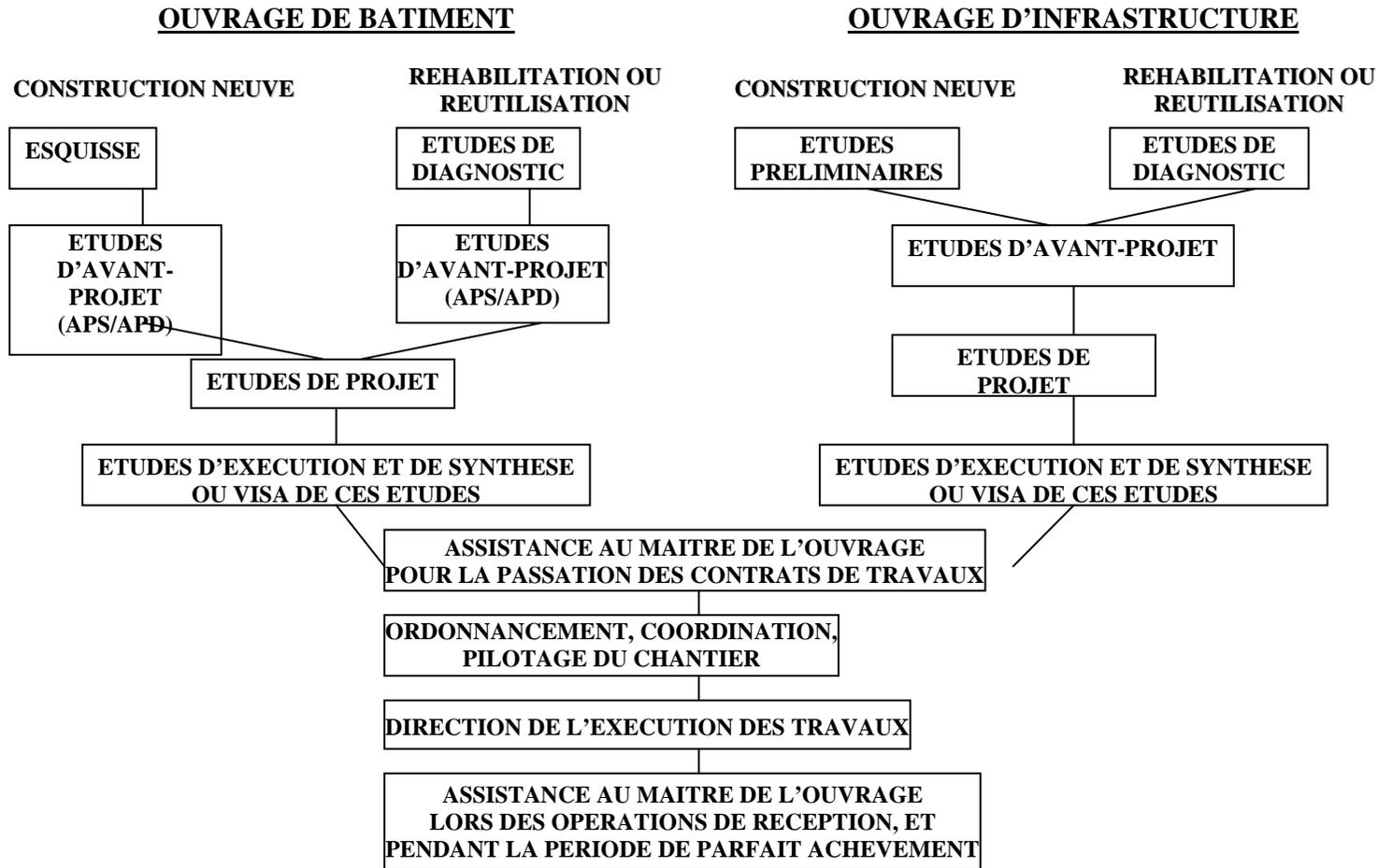
Cette phase est spécifique au projet autoroutier.

Au terme du chantier, la phase de récolement consiste en la mise à jour des plans et mémoires techniques qui ont évolué à l'avancement de l'opération. Tous ces plans et mémoires sont regroupés pour constituer un document récapitulatif de l'ensemble de l'ouvrage exploité.

Ainsi au bout d'une décennie au moins, l'opération s'achève par les mises en service partielles puis intégrales de l'autoroute.

Tab 4 -Tableau synoptique des éléments de mission de maîtrise d'œuvre

(source : http://www.esen.education.fr/UserFiles/File/documentation/expertises/Equipements_publics.ppt#9)



2.4 UNE PRISE EN COMPTE RECENTE ET GRANDISSANTE DE L'ENVIRONNEMENT.

En pleine période d'euphorie économique post-Seconde Guerre Mondiale, l'effort et la volonté de la France se porte sur le rattrapage du retard accumulé dans la mise en place d'un réseau de transport national efficace. C'est alors plus ou moins inconsciemment ou par manque de connaissance que l'Etat commet plusieurs erreurs (Gasser *et al.*, 1999) au cours de la mise en place de ses stratégies d'aménagement, en particulier pour le développement du réseau de transport.

Les premières portent sur le registre du *risque*, lié par exemple à l'occurrence d'inondations ou alors au déversement de produits polluants dans le réseau hydrographique. Les secondes portent sur le *bien-être des citoyens* présent dans l'environnement du projet : nuisances sonores, pollution de l'air, dégradation du paysage. De plus ces erreurs viennent ajouter leurs effets sur les biotopes à ceux d'autres actions humaines.

Pendant une prise de conscience progressive s'installe au sein de la société française dans le dernier quart du XX^e siècle.

2.4.1 LA LOI SUR LA PROTECTION DE LA NATURE DU 10 JUILLET 1976

La prise de conscience progressive de la société française sur la nécessité de pérennisation des équilibres naturels est marquée par la promulgation de la Loi n°76-629 dite « Loi du 10 Juillet 1976 ». Cette loi impose à chaque citoyen le devoir de « *veiller à la sauvegarde du patrimoine naturel dans lequel il vit* ». Il incombe aux activités publiques ou privées d'aménagement, d'équipement et de production se conformer à ses exigences.

L'article 2 donne la responsabilité au Conseil d'Etat de préciser par décret les modalités d'application de cette loi dans le cas des travaux ou projets d'aménagement qui sont entrepris par une collectivité publique ou qui nécessitent une autorisation ou une décision d'approbation. Ainsi, ce décret doit fixer :

- les conditions dans lesquelles les préoccupations d'environnement sont prises en compte,
- « *Le contenu de l'étude d'impact qui comprend au minimum une analyse de l'état initial du site et de son environnement, l'étude des modifications que le projet y engendrerait et les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement* »

2.4.2 VERS UNE DEMARCHE D'EVALUATION DES EFFETS DE L'INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT SUR L'ENVIRONNEMENT

2.4.2.1 De la mise en place des observatoires socio-économique et environnementaux...

❖ **Présentation des différents observatoires du réseau autoroutier et du réseau ferré**

Afin de répondre aux questions relatives à la causalité entre l'implantation de l'infrastructure de transport et ses effets socio-économiques et environnementaux, de nombreux observatoires ont été mis en place dès la fin des années 1970.

Pour le domaine routier, ces observatoires ont été, au départ, commandés par le Ministère de l'Équipement (mais conduit par le SETRA, Service des Etudes Techniques Routières et Autoroutières). Nous pouvons citer :

- l'observatoire du Val d'Eyre (A63) mis en place en 1978,
- l'observatoire de la vallée de la Doller (A36) mis en place en 1978,
- l'observatoire de la Sologne (A71) mis en place en 1979,

qui ont fait l'objet d'un rapport de synthèse (SETRA, 1993).

Par la suite, des sociétés concessionnaires ont été incitées à mener des observatoires sur d'autres projets. La SAPRR (Société Autoroutes Paris - Rhin-Rhône) a créé en 1986 l'Observatoire Economique de l'A71 sur la section Sud (Bourges – Clermont-Ferrand). Elle récidive en 1993 avec l'Observatoire des Effets Economiques et Ecologiques de l'A39 (Dole – Bourg-en-Bresse). La société ASF (Autoroutes du Sud de la France) met également en place des grands observatoires. Ces observatoires, au nombre de trois, sont qualifiés d'Observatoires de l'Environnement territorial. Nous pouvons citer celui de l'A64 (Bayonne – Martres-Tolosane) en 1994, celui de l'A20 (Brive-Montauban) et celui de l'A89 (Clermont-Ferrand – Bordeaux) créé à partir de 1994-95. Ce dernier observatoire a été réalisé sur une autoroute d'une longueur plus longue que la moyenne (380 km au lieu de la moitié ou du quart habituellement).

Concernant le réseau des Lignes Grande Vitesse, les retours d'expérience issus des observatoires sont moins nombreux. Ceci peut être expliqué par la jeunesse de la structure de RFF (Réseau Ferré de France), créé en 1997. Quoiqu'il en soit un seul observatoire a été mené : l'observatoire économique et environnemental de la LGV Méditerranée. Récemment, un bilan environnemental de qualité vient d'être lancé pour la LGV Est-Européenne.

❖ **Les choix méthodologiques**

Les observatoires sont souvent dotés d'un Comité de Pilotage qui comportent des acteurs de la construction (maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvre), des administrations de l'Etat, des acteurs économiques régionaux et des universitaires. En effet, ces observatoires confient la plus grande partie des études scientifiques à des équipes de recherche.

Le cadre méthodologique des observatoires s'appuie toujours sur 3 points :

- la dimension du temps : l'observatoire consiste essentiellement en une méthode comparative. Un état de référence doit être réalisé avant la mise en service de l'infrastructure en question. Des comparaisons ultérieures sont réalisées successivement juste après la mise en service (2-3 ans) et quelques années plus tard (6-7 ans). Il arrive que les observatoires perdurent pendant une dizaine d'année ;
- la dimension spatiale : l'étendue de l'aire d'étude est définie en fonction des problématiques posées et qui doivent répondre aux préoccupations essentielles c'est-à-dire pouvoir estimer les effets (économique et écologiques) induits par le projet ;
- les thèmes environnementaux abordés par les observatoires : agriculture, sylviculture, milieux naturels, eau, air, paysage, etc.

2.4.2.2 ...à l'obligation réglementaire du suivi des impacts.

La densification des réseaux de transport prévue par le Schéma Directeur des Infrastructures de Transport pose la question de la mise en place d'un processus décisionnel efficace. Pour y répondre, la Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (LOTI) du 30 Décembre 1982 (art. 14) et son décret d'application daté du 17 Juillet 1984 incitent les sociétés concessionnaires à conduire des bilans économiques et sociaux afin de multiplier des retours d'expérience quant à la validité économique des projets

Pour ce faire l'article 14 de la L.O.T.I. précise :

« 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.

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. »

L'environnement a été écarté de cette démarche. La Circulaire du 15 Décembre 1992, dite *Circulaire BIANCO*, rectifie cet oubli et étend les bilans réalisés au plus tard 5 après la mise en service de l'infrastructure au domaine de l'environnement :

« [...] Un bilan économique, social et environnemental du projet sera établi par le maître d'ouvrage dans les années qui suivent la mise en service de l'infrastructure. L'ensemble de ces dispositions seront mises en oeuvre sous la responsabilité des préfets concernés. Les responsables régionaux et locaux, politiques, économiques, sociaux, associatifs, seront associés aux différentes phases précédant et suivant l'enquête publique. »

**PARTIE II : PERCEPTION DE LA
NATURE : DE LA
CATEGORISATION
REGLEMENTAIRE DES ESPECES ET
DES HABITATS A LA PRISE EN
COMPTE DES PROCESSUS
BIOLOGIQUES**



Ce chapitre cherche à préciser les modalités et le cadre réglementaire de l'appréciation des impacts par les experts et les administrations ainsi qu'à mettre en parallèle ces critères avec les concepts clés de l'écologie du paysage.

1 CLASSIFICATION REGLEMENTAIRE : LA PRISE EN COMPTE DES ESPECES PUIS DES HABITATS

La prise en compte de la protection des espèces et des espaces naturels est à l'heure actuelle relativement complexe à percevoir. Il existe plusieurs niveaux de lecture. Cette partie cherche à présenter les critères utilisées par les experts et retenus par les administrations pour apprécier les impacts d'un projet d'infrastructure de transport terrestre.

1.1 DES ESPECES PROTEGEES ET A PROTEGER

1.1.1 ESPECES PROTEGEES : LE POINT SUR LA REGLEMENTATION

Une espèce protégée est une espèce pour laquelle s'applique une réglementation particulière. L'étude d'impact doit étudier la compatibilité entre cette réglementation et le projet d'aménagement. La protection des espèces est basée sur des listes d'espèces protégées sur un territoire donné. Il importe de distinguer des philosophies de protection très différentes s'agissant des différents groupes faunistiques et de la flore.

Les listes d'espèces protégées, qui indiquent des espèces rares, sont de deux catégories :

- une **liste nationale** indiquant les espèces protégées sur l'ensemble du territoire français,
- des **listes régionales ou départementales**, complétant la liste nationale dans le territoire de référence.

Si le référentiel géographique diffère entre ces deux types de listes, le niveau de protection conféré est rigoureusement le même.

Pour la flore, il est interdit de détruire ou même de déplacer les espèces concernées. La prise en compte de ces espèces est donc de la plus haute importance pour un projet d'aménagement ou d'exploitation du milieu.

Pour la faune, la problématique est différente selon les groupes.

Pour les insectes, la problématique est assez proche de la flore concernant le choix des espèces de la liste : il s'agit d'espèces considérées comme rares et menacées. Les mœurs des insectes impliquent pour une grande partie d'entre eux de n'avoir aucun déplacement si ce n'est sur ou dans la plante hôte (cas des papillons et des insectes saproxyliques) lors de leur phase larvaire. La problématique suit donc celle des plantes : localisation fixe.

Pour les autres groupes (arrêtés du 16 décembre 2004), l'implication réglementaire vis-à-vis d'un projet d'aménagement est liée aux articles suivants :

« Sont interdits sur tout le territoire métropolitain et en tout temps la destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier ... [des espèces citées en annexe] ..., la destruction ou l'enlèvement des œufs ou des nids, la destruction, la mutilation, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la naturalisation d'individus de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat. »
[....]

« A condition qu'il n'existe pas une autre solution satisfaisante et que la mesure ne nuise pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle, l'autorité administrative compétente peut délivrer, selon la procédure définie par arrêté du ministre chargé de la protection de la nature, des autorisations exceptionnelles pour déroger aux interdictions fixées aux articles 1r, 2 et 3 pour les motifs ci-après :

- a) Dans l'intérêt de la protection de la faune et de la flore sauvages et de la conservation des habitats naturels ;*
- b) Pour prévenir des dommages importants notamment aux cultures, à l'élevage, aux forêts, aux pêcheries, aux eaux et à d'autres formes de propriété ;*
- c) Dans l'intérêt de la santé et de la sécurité publiques ;*
- d) Pour d'autres raisons impératives d'intérêt public majeur. Des mesures compensatoires ayant des conséquences bénéfiques pour les espèces concernées sont alors exigées du demandeur de la dérogation. Si l'écologie des espèces le nécessite, la mise en œuvre de cette dérogation est conditionnée par la réalisation préalable de certaines de ces mesures compensatoires ;*
- e) A des fins de recherche et d'éducation, de repeuplement et de réintroduction de ces espèces et pour des opérations de reproduction nécessaires à ces fins, ainsi que pour l'élevage se rapportant à ces actions. »*

De plus, certaines espèces voient leurs habitats naturels également protégés selon le Code de l'Environnement. Cependant les décrets et arrêtés associés ne sont pas tous encore parus ; d'ailleurs des décrets et arrêtés complétant le dispositif devraient paraître au J.O. avant la fin 2006 (Panchout, 2006).

L'article L 411.1 du Code de l'Environnement fixe les interdictions liées à la faune et à la flore sauvage. Pour les espèces présentant un intérêt scientifique (espèces protégées, patrimoniales), qu'elles appartiennent à la faune ou à la flore, la destruction, la mutilation, le transport, la naturalisation pour les animaux et la coupe pour les végétaux sont interdits et ce à tous les stades du développement.

Il convient d'attirer l'attention sur l'alinéa 3 (de l'article L. 411-1) qui permet d'étendre les interdictions à toute « destruction, altération ou dégradation » des habitats naturels de ces espèces.

Les arrêtés de référence pour les grands groupes d'animaux et de végétaux protégés sur le territoire national sont les suivants :

TABLEAU 4 : ARRETES FIXANT LES LISTES D'ESPECES PROTEGEES SUR LE TERRITOIRE NATIONAL (PANCHOUT, 2006)

	Groupe considéré	Date du décret	Nom exact	Existence d'un arrêté ministériel étendant le statut de protection à l'habitat
Espèces animales	Mammifères terrestres	17 avril 1981	Arrêté fixant la liste des mammifères protégés sur l'ensemble du territoire	Oui dans l'arrêté du 16 décembre 2004
	Oiseaux	17 avril 1981	Arrêté fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire	Non (parution prévue en 2006)
	Ecrevisses autochtones	21 juillet 1983	Arrêté relatif à la protection des écrevisses autochtones	Oui dans l'arrêté du 21 juillet 1983
	Poissons	8 décembre 1988	Arrêté fixant la liste des poissons protégés sur l'ensemble du territoire	Oui dans l'arrêté du 8 décembre 1988
	Faune marine	26 novembre 1992	Arrêté fixant la liste des animaux de la faune marine protégés sur l'ensemble du territoire	Oui 20 décembre 2004
	Mollusques	7 octobre 1992	Arrêté fixant la liste des mollusques protégés sur le territoire métropolitain	Oui dans l'arrêté du 16 décembre 2004
	Amphibiens et reptiles	22 juillet 1993	Arrêté fixant la liste des amphibiens et des reptiles protégés sur l'ensemble du territoire	Oui dans l'arrêté du 16 décembre 2004
	Insectes	22 juillet 1993	Arrêté fixant la liste des mollusques protégés sur l'ensemble du territoire	Oui dans l'arrêté du 16 décembre 2004
	Mammifères marins	27 juillet 1995	Arrêté fixant la liste des mammifères marins protégés sur l'ensemble du territoire national	Non
	Esturgeon d'Europe (<i>Acipenser sturio</i>)	20 décembre 2004	Arrêté relatif à la protection d'<i>Acipenser sturio</i> (Esturgeon d'Europe)	Oui dans l'arrêté du 20 décembre 2004
	Tortues marines protégées	14 octobre 2005	Arrêté fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national et les modalités de leur protection	Oui dans l'arrêté du 14 octobre 2005
Espèces végétales	Espèces végétales terrestres	20 janvier 1982	Arrêté fixant la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire	Non (parution prévue en 2006)
	Espèces végétales marines	19 juillet 1988	Arrêté relatif à la liste des espèces végétales marines protégées	Non

Certaines espèces non vulnérables sur l'ensemble du territoire national font l'objet d'une protection au niveau régional ou départemental.

Le dispositif de protection national des espèces végétales est complété au niveau régional (ou départemental pour certains D.O.M.) par des arrêtés spécifiques à chaque région (ou département). Toutes les régions n'ont pas rédigé une liste d'espèces végétales au même moment ; entre la première liste de la région Corse en 1986 et la dernière en région Midi-Pyrénées en 2004, il s'est écoulé près de 20 ans (Panchout, 2006).

1.1.2 LISTES DE REFERENCE D'ESPECES PATRIMONIALES

La notion de **rareté** n'a pas forcément été un critère déterminant lors de la définition de la liste des espèces protégées. Cette situation amène les experts à utiliser d'autres listes de référence, établies par des spécialistes, pour évaluer la rareté des espèces présentes. Elles rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel elles se réfèrent : l'Europe, le territoire national, une région, un département. Elles n'ont pas de valeur juridique, mais sont des outils importants pour l'établissement de la **valeur patrimoniale** des espèces.

Le terme de valeur patrimoniale est utilisé depuis quelques années pour mettre en évidence l'importance que l'on accorde à la conservation des espèces et des habitats les plus remarquables du patrimoine naturel.

Le tableau ci-contre indique les principaux textes et listes rouges utilisés pour l'évaluation patrimoniale des relevés de terrain par les experts de bureau d'études. L'exemple est pris dans le région Picardie et Nord-Pas-de-Calais.

TABLEAU 5 : PRINCIPAUX TEXTES ET LISTES ROUGES UTILISES POUR L'EVALUATION PATRIMONIALE DES RELEVES DE TERRAIN PAR LES EXPERTS

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional/ départemental
Flore	Liste des plantes rares et menacées en Europe, édition 1982 (comité européen pour la sauvegarde et la de la nature)	<p>Livre Rouge de la flore menacée de France (Olivier et al., 1995)</p> <p>Arrêté du 20 janvier 1982 relatif à la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire national</p> <p>Arrêté du 1er avril 1991 relatif à la liste des espèces protégées en région Nord-pas-de-Calais complétant la liste nationale</p> <p>Arrêté du 17 août 1989 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Picardie complétant la liste nationale</p>	<p>Inventaire de la flore vasculaire du Picardie</p> <p>Inventaire de la flore vasculaire du Nord-Pas-de-Calais (Bouillet et al, 1998)</p>
Mammifères		Liste des espèces menacées en France, dans l'inventaire de la faune menacée en France (MNHN (1995) ; FAYARD, 1984)	Liste rouge des espèces menacées en Nord – Pas de Calais
Oiseaux	Liste des espèces menacées à l'échelle européenne et statut de conservation de tous les Oiseaux d'Europe (Tucker & Heath, 1994).	Liste des espèces menacées en France, dans Oiseaux menacés et à surveiller en France, Liste rouge et priorité (YEATMAN - BERTHELOT D.& ROCCAMORA G. 1999)	<p>Liste rouge des espèces menacées en Nord-Pas de Calais</p> <p>Liste rouge des Oiseaux menacés en Picardie</p>
Reptiles et Amphibiens	<p>Liste des amphibiens et reptiles menacés : Corbett (1989),</p> <p>Statut de rareté européen (extrait de Gasc et al., 1997)</p>	<p>Liste rouge nationale (Fiers et al., 1997).</p> <p>Responsabilité patrimoniale de la France dans la conservation des espèces : Ministère de l'Environnement (1997).</p> <p>Statut de rareté national : extrait de Castanet et Guyétant (1989),</p>	Liste rouge des espèces menacées en Nord-Pas de Calais
Insectes	<p>Les invertébrés saproxyliques et leur protection (Good et Speight, 1989)</p> <p>Liste rouge européenne (Koomen et Helsdingen, 1996)</p>	<p>Liste rouge nationale (Dommanget J.-L., 1995)</p> <p>Les papillons de jour de France, Belgique et Luxembourg et leurs chenilles (Lafranchis, 2000).</p>	<p>Liste rouge des espèces menacées en Nord-Pas de Calais</p> <p>Liste des espèces protégées en Ile-de-France</p>

Il existe également des conventions internationales pour la protection des espèces animales et végétales.

- **la Convention de Berne (19/09/1979)**
- **la Convention de Bonn (23/06/1979)**
- **Convention de Washington du 3 mars 1979**

Plusieurs zonages existent en France. Certains sont la résultante d'un inventaire d'espace remarquable tandis que d'autre présente une réelle contrainte réglementaire.

1.2 LES ZONES FAISANT PARTIES D'UN INVENTAIRE D'ESPACES REMARQUABLES

1.2.1 LES Z.N.I.E.F.F.

Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (Z.N.I.E.F.F.) sont des **inventaires** existant dans chacune des régions françaises. Il s'agit en fait de sites connus pour leur intérêt écologique, dont la localisation et la justification sont officiellement portées à la connaissance du public. La conception et la mise en place des mesures accompagnatrices de tout projet pouvant porter atteinte aux milieux et aux espèces qu'ils abritent doivent tenir compte de ces inventaires. S'il n'existe **aucune contrainte réglementaire au sens strict** sur ces espaces, leur prise en compte est obligatoire au cours de l'étude d'impact. La seule omission de ces espaces peut suffire à faire rejeter une étude d'impact. Au-delà de l'aspect strictement juridique, ces inventaires sont de précieuses indications sur la qualité des milieux naturels.

Concernant les Z.N.I.E.F.F., il en existe 2 types :

- les Z.N.I.E.F.F. de type I : ce sont des zones de superficie limitée avec un intérêt biologique remarquable,
- les Z.N.I.E.F.F. de type II : ce sont de grands ensembles naturels riches et peu modifiés ou qui offrent des potentialités biologiques importantes.

Les Z.N.I.E.F.F de type I sont souvent englobées dans les Z.N.I.E.F.F. de type II.

1.2.2 LES ZONES DE PREEMPTION AU TITRE DES ESPACES NATURELS SENSIBLES (ENS) DES DEPARTEMENTS

Les Conseils Généraux ont la possibilité de délimiter, au titre de la politique départementale des Espaces Naturels Sensibles (ENS), des **zones de préemption**.

La politique ENS est financée grâce à une taxe perçue sur les constructions nouvelles soumises à permis de construire dans le département. Le produit de cette taxe est affecté à **l'acquisition**, la protection, la gestion et l'ouverture au public d'espaces naturels sensibles (ATEN, 1991).

1.2.3 LES ZICO

Dès l'entrée en vigueur de la Directive C.E.E .79/409 dite Directive « Oiseaux », des enquêtes ont été réalisées sur l'ensemble du territoire français en vue de réaliser un inventaire aussi complet que possible des oiseaux observés dont la conservation est jugée prioritaire au plan européen.

Les Zones d'Intérêt Communautaire pour les Oiseaux (ZICO) sont des inventaires existant dans chacune des régions françaises. Il s'agit en fait de sites connus pour leur intérêt écologique vis-à-vis de l'avifaune, dont la localisation et la justification sont officiellement portées à la connaissance du public. Ces inventaires servent de base à la désignation des Zones de Protection Spéciales (ZPS) du réseau Natura 2000.

1.3 LES ZONES BENEFICIANT D'UNE PROTECTION REGLEMENTAIRE

Des statuts très divers de réglementation peuvent s'appliquer sur des espaces naturels. Les principaux sont **des arrêtés préfectoraux de protection de biotope (A.P.P.B.), les réserves naturelles, les sites classés, les parcs nationaux...** De manière plus précise nous détaillerons deux exemples de zonages, l'un dans délimitation fixée que sont les zones humides, l'autre qui a trait à la mise en place du réseau NATURA 2000, moteur de la prise en compte des habitats.

1.3.1 LES ZONES HUMIDES PROTEGEES PAR LA LOI SUR L'EAU

En 1986, la France a adhéré à la Convention relative aux zones humides d'importance internationale, dite "Convention de Ramsar", du nom de la ville d'Iran où elle a été signée en 1971. La France s'est alors engagée sur la scène internationale à préserver les zones humides de son territoire.

Avec la Loi sur l'eau de 1992 (J.O du 4/01/92), les zones humides sont considérées comme des hydrosystèmes à prendre en compte dans un objectif de gestion qualitative et quantitative des ressources en eau. Cette loi dont l'objectif est la gestion qualitative et quantitative des ressources en eau précise :

« On entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ».

Les Agences de l'Eau accordent une attention particulière aux zones humides compte tenu de leurs fonctionnalités vis-à-vis de la ressource en eau (qualitative et quantitative) mais aussi du point de vue du patrimoine naturel. Elles ont développé, dans une démarche commune au niveau national, une politique de protection des zones humides, notamment à travers l'élaboration des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE, 1996). Conformément à l'Article 3, les SDAGE ont une portée juridique. Les services de l'Etat, les collectivités territoriales et leurs établissements publics doivent désormais en tenir compte avant de prendre toute décision risquant de porter atteinte à l'eau et aux milieux aquatiques.

1.3.2 LA MISE EN PLACE D'UN RESEAU COHERENT DE PROTECTION DES MILIEUX NATURELS A L'ECHELLE EUROPEENNE : LE RESEAU NATURA 2000

Les directives européennes concernées (transposées en droit français par **l'ordonnance du 11 avril 2001**) sont :

- la Directive C.E.E .79/409 dite Directive « Oiseaux », signale un certain nombre d'espèces dont la conservation est jugée prioritaire au plan européen,
- la Directive C.E.E. 92/43 relative aux habitats de la faune et de la flore sauvage, dite Directive « Habitats ». Elle introduit une notion fondamentale et novatrice en matière de droit s'appliquant à la préservation de la faune et de la flore ; il s'agit de la prise en compte non seulement des espèces mais également des milieux naturels ("les habitats") abritant ces espèces et indispensables à leur survie.

Le résultat de cette prise en compte à deux niveaux est la transcription des espèces animales et végétales listées dans la directive dans les listes d'espèces protégées de droits nationaux de chacun des Etats membres (cf. § ci-avant) et la désignation de Zones Spéciales de Conservation (ZSC) formant avec les ZPS un réseau européen de sites naturels, abritant les habitats naturels et les habitats d'espèces jugés prioritaires à l'échelle de la communauté européenne. Ce réseau prendra le nom de "**réseau Natura 2000**".

La traversée ou la proximité d'un site Natura 2000 impose la réalisation d'une « étude d'incidence » qui doit prouver que le projet n'entraîne **aucun impact notable** sur les habitats et les espèces qui ont conduit à la désignation du site.

Aux termes de l'article L. 414-4 du code de l'environnement, il est en effet prévu que:

« Les programmes ou projets de travaux, d'ouvrage ou d'aménagement soumis à un régime d'autorisation ou d'approbation administrative, et dont la réalisation est de nature à affecter de façon notable un site Natura 2000, font l'objet d'une évaluation de leurs incidences au regard des objectifs de conservation du site. Pour ceux de ces programmes qui sont prévus par des dispositions législatives et réglementaires et qui ne sont pas soumis à étude d'impact, l'évaluation est conduite selon la procédure prévue aux articles L. 127-1 et suivants du présent code. (...).

II. - L'autorité compétente ne peut autoriser ou approuver un programme ou projet mentionné au premier alinéa du I s'il résulte de l'évaluation que sa réalisation porte atteinte à l'état de conservation du site. (...).».

Cette obligation d'étude d'incidences au regard des objectifs de conservation ne concerne pas uniquement les travaux, ouvrages et aménagements susceptible d'affecter de façon notable un site Natura 2000 parce qu'ils se trouvent dans son périmètre, mais également ceux situés à proximité de lui.

Le contenu de l'évaluation contient deux grandes parties précisées dans le code de l'environnement :

- **application de l'article R-214-36 points I et II :**

- **Phase 1 : analyse de l'état initial du site et de son environnement :** description du projet, accompagnée d'une carte de situation du projet par rapport aux sites

Natura 2000 retenus pour l'évaluation ; analyse de l'état de conservation des habitats naturels et des espèces pour lesquels les sites ont été désignés (*les autres habitats et espèces ne sont pas considérés dans le cadre de l'étude d'incidence, mais le seront dans le cadre de cette étude pour les raisons mentionnées en chapitre précédent*) et pour lesquels des objectifs de conservation ont été identifiés dans les documents d'objectifs.

- **Phase 2 : appréciation des incidences du projet** au regard des objectifs de conservation des espèces et des habitats ayant justifié la désignation des sites : analyse montrant si le projet a ou n'a pas des effets directs ou indirects, temporaires ou permanents, sur l'état de conservation des habitats et des espèces pour lesquels les sites ont été désignés
- **Phase 3 : proposition de mesures visant à supprimer ou à réduire** ces éventuelles incidences, ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes.

- **application de l'article R-214-36 point III :**

Cette phase n'est réalisée que s'il subsiste après la phase précédente des incidences notables non réductibles du projet sur le site Natura 2000.

- **Justification du projet et démonstration de l'absence d'alternatives**, notamment les raisons impératives d'intérêt public, y compris de nature sociale ou économique et, pour le site comportant des habitats ou des espèces prioritaires au sens de l'article L.414-4-IV du Code de l'environnement, les motifs liés, le cas échéant, à la santé ou à la sécurité publique ou tirés des avantages importants procurés à l'environnement.
- **Proposition de mesures visant à compenser** les incidences résiduelles du projet, ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes.

1.4 HIERARCHISATION DES SENSIBILITES : UNE LECTURE REGLEMENTAIRE

Les données précédentes permettent d'appréhender la nature et la sensibilité des milieux naturels traversés par les infrastructures et de décliner les impacts potentiels que sa création pourrait engendrer.

Le tableau suivant hiérarchise les niveaux de sensibilité réglementaire des milieux au vu de la législation passée et présente telles qu'elle est interprétée par les experts et les administrations dans l'attente de jurisprudence sur les habitats d'espèces.

TABLEAU 6 : HIERARCHISATION REGLEMENTAIRE DES NIVEAUX DE SENSIBILITE DES ESPECES ET MILIEUX VIS-A-VIS D'UN PROJET D'ITT

<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'habitat bénéficiant de mesures de protection réglementaire - Pas d'habitat remarquable - Pas d'espèces remarquables - Pas de coupure d'un corridor écologique 	Sensibilité faible
<ul style="list-style-type: none"> - Effet de coupure vis-à-vis des corridors biologiques - Emprise sur habitats remarquables à l'échelle régionale à nationale (ZNIEFF de type 2, réserve de chasse) - Présence d'espèces considérées comme assez rares à l'échelle départementale ou régionale 	Sensibilité moyenne
<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'espèces considérées comme rares à l'échelle départementale ou de nombreuses espèces rares à l'échelle locale - Présence d'espèces inscrites à la Directive Habitats hors site Natura 2000 - Présence d'espèces animales bénéficiant de mesures officielles de protection (nationale ou régionale) ou mentionnées sur les listes rouges nationales ou régionales - Emprise sur des zones humides d'importance nationale, régionale, sensibles à une modification de leur alimentation en eau. - Emprise sur des habitats remarquables à l'échelle nationale (ZNIEFF de type 1, espaces naturels sensibles, ZICO, sites de Conservatoire...) 	Sensibilité forte
<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'espèces végétales bénéficiant de mesures officielles de protection (nationale ou régionale) ou mentionnées sur les listes rouges nationales ou régionales - Emprise sur des sites Natura 2000 (ZPS, ZSC) et secteurs protégés par arrêtés de biotope, réserves naturelles. 	Sensibilité très forte Contraintes réglementaires fortes

Ce rappel du contexte réglementaire de la prise en compte des espèces et des habitats note l'évolution de la loi et notamment ces progrès liés à l'intégration des habitats grâce à l'intégration du droit communautaire dans le droit français. Cependant le cadre réglementaire reste très rigide et loin de la prise en compte des processus dynamiques. Détaillons afin de comprendre les attentes des scientifiques les processus dynamiques qui structurent les populations et les notions clefs de l'écologie du paysage.

2 NOTIONS-CLES D'ÉCOLOGIE NECESSAIRES POUR APPREHENDER LES IMPACTS DES I.T.T SUR LE FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES.

Dans cette sous-partie, nous présentons les postulats et principaux concepts de l'écologie du paysage, discipline récente et à vocation pluridisciplinaire, qui nous semble pertinente pour questionner et évaluer les effets de l'aménagement du territoire sur le fonctionnement des systèmes biologiques. En effet, l'écologie du paysage, héritière de la *Landschaftsökologie* créée par Carl Troll en 1938, est un mode d'appréhension du territoire, considéré comme un complexe de systèmes biotiques et abiotiques soumis aux activités humaines (Da Lage et Métaillé, 2000). Les concepts qui y sont associés sont aujourd'hui communs avec ceux de la biogéographie, à l'image des notions de connectivité et de corridors.

Par l'analyse des notions clés de l'écologie des paysages, il s'agit ici de mettre en perspective les concepts pertinents pour définir des outils réflexifs et/ou opérationnels permettant d'évaluer à la fois qualitativement et quantitativement les effets des infrastructures de transport terrestre sur le fonctionnement des écosystèmes et des paysages.

2.1 L'ÉCOLOGIE DU PAYSAGE : UNE DISCIPLINE A L'INTERFACE DE L'ÉTUDE DES ECOSYSTEMES BIOLOGIQUES ET DE L'ANALYSE DES PAYSAGES GEOGRAPHIQUES

2.1.1 L'ÉCOSYSTEME : UN COMPLEXE AUTONOME ET HOMOGENE

A une échelle globale, la biosphère est une organisation, complexe et hiérarchisée, intégrant un ensemble d'entités de toutes échelles, relativement stables et homogènes, les écosystèmes (Frontier, 1999).

Le caractère autonome de l'écosystème, qui lui confère sa stabilité, est essentiellement marqué par ses potentialités d'homéostasie. En effet, considéré comme un système ouvert, un écosystème maintient sa structure et ses fonctions par un jeu complexe d'équilibres dynamiques régulés par des mécanismes de régulations internes, assurant des conditions relativement homogènes au système (De Rosnay, 1975).

En effet, de nombreux auteurs font référence à cette notion d'homogénéité. Parmi eux, Bourlière et Lamotte (1978), écrivent dans leur ouvrage consacré aux écosystèmes terrestres que : « *l'écosystème peut s'étendre sur de vastes surfaces, comme une forêt ou une savane et être par suite difficile à délimiter, mais il présente une structure répétitive dans l'espace et peut ainsi à une certaine échelle être considéré comme*

homogène. » (in Lefeuvre et Barnaud 1988). Cette notion d'espace homogène lié à l'écosystème est aujourd'hui largement reprise dans les ouvrages destinés à la fois aux écologues (Dajoz, 1971 ; Ramade, 1974) et aux biogéographes (George, 1974 ; Bertrand, 2002).

L'approche des systèmes mise en place par les écologues repose sur l'identification d'entités caractérisées par une homogénéité structurelle et fonctionnelle. Le contexte spatial, dans lesquels s'inscrivent les écosystèmes, est une dimension indispensable à considérer dans la prise en compte des effets des infrastructures de transport terrestre à l'échelle des écosystèmes, dans la mesure où les perturbations (de nature variée et variable dans le temps) s'exercent sur un territoire donné et sont répercutées sur les écosystèmes qui le compose, en tant que contraintes externes. La notion de paysage, au sens de l'écologie du paysage (cf. infra), va ainsi, en tant que concept spatialisé, s'imposer comme une approche intéressante dans une problématique d'évaluation des impacts dus aux aménagements du territoire.

2.1.2 LES PAYSAGES : SYSTEMES INTERDEPENDANTS ET HETEROGENES

Dans un sens commun, le terme de paysage signifie « *une étendue de pays qui présente une vue d'ensemble* » (Le Petit Larousse). Ainsi définit, ce terme fait donc appel aux domaines du subjectif, avec une prédominance du sens visuel.

Pour les géographes, le terme paysage garde encore un caractère fortement polysémique, selon que l'on s'attache plus à ses dimensions naturelle ou culturelle. En effet, bien que la notion de paysage ait reçu de nombreuses acceptations, Phipps et Berdoulay (1985) affirment que cette notion « est liée à une certaine façon pour l'homme de se représenter son environnement et de se situer par rapport à lui ».

Le but de ce document n'est pas de faire une synthèse exhaustive des différentes définitions du paysage¹², mais plutôt de retenir les notions qui nous semblent être pertinentes pour questionner le fonctionnement des systèmes biologiques dans un contexte d'aménagement du territoire.

Sous l'influence des démarches intégratrices anglo-saxonnes de la *Landscape Ecology*, ce sont alors les géographes naturalistes regroupés autour de Gabriel Rougerie et de l'« *Ecole franco-africaine* » qui vont, à partir des années 1970, appliquer des principes écosystémiques à l'étude des paysages. Ainsi, le paysage est considéré comme un système spatial caractérisé par des combinaisons dynamiques, donc interdépendantes et instables, d'éléments géographiques différenciés (physiques, biologiques, anthropiques), donc hétérogènes (Bertrand, 2002). Or, Merleau-Ponty, dans son ouvrage « *Phénoménologie de la perception* » (1945), nous rappelle que la notion d'hétérogénéité - pouvant être définie comme un assemblage d'éléments présentant une différence de nature, de structure, de fonction ou de répartition - fait appel au sensible. De plus cette hétérogénéité peut être mise en relation avec l'organisation spatiale définie par George (1974, Dictionnaire de la Géographie) comme *la structure que les hommes ont donnée,*

¹² Pour cela on pourra notamment se référer à l'ouvrage de synthèse de Gabriel Rougerie et Nicolas Beroutchachvili intitulé « *Géosystèmes et paysages : bilan et méthodes* » paru en 1991.

volontairement ou involontairement mais aussi collectivement ou individuellement, aux projections spatiales des éléments divers de leurs activités.

Ainsi, par rapport à l'écosystème, le système « paysage » intègre la dimension biophysique avec une dimension temporelle (le paysage est instable), mais aussi une dimension socio-culturelle.

2.1.3 L'ÉCOLOGIE DU PAYSAGE : UNE DISCIPLINE A L'INTERFACE DE L'ORGANISATION SPATIALE DES PAYSAGE ET DES PROCESSUS BIOLOGIQUES DYNAMIQUES.

Selon Lefeuvre et Barnaud (1988), le paysage correspond à une entité totale, spatiale et visuelle de l'espace humanisé comprenant l'intégration fonctionnelle et structurelle de la biosphère, de la technosphère et de la géosphère, avec l'écozone comme plus petite unité et l'écosphère comme la plus grande. Cette approche, combinant les méthodes et outils de différentes disciplines, semble nécessaire pour permettre un aménagement fonctionnel et intégré des territoires (Naveh, 1984).

Pour notre recherche, nous retiendrons le paysage défini par les processus écologiques en gardant le regard éclairé par la nécessité d'une approche pluridisciplinaire.

Corollairement à la définition de l' « écologie du paysage » en 1938, l'essentiel du travail de Carl Troll a consisté en une analyse épistémologique et sémantique du terme paysage. Il a notamment posé une base solide pour de nombreuses réflexions méthodologiques, au sein desquelles une démarche biogéographique s'appuyant sur les liaisons établies entre l'approche spatio-chronologique des géographes et l'approche fonctionnelle et structurelle des écologistes est prédominante.

Forman et Godron (1986) redonnent plus d'importance aux postulats de l'écologie - comme la prise en compte des flux de matières et d'énergie, des compartiments biologiques répondant à des fonctions particulières (zone d'alimentation, zone de reproduction, ...) - dans le développement de cette discipline. Ils redéfinissent alors le paysage comme « une étendue de l'ordre du kilomètres carré où un assemblage d'unités ou écosystèmes interconnectés est répétée selon une forme similaire » (*a kilometers-wide area where a cluster of interacting stands or ecosystems is repeated in a similar form*). Cette nouvelle définition s'appuie sur l'apport de Long (1975) pour qui l'analyse de l'interaction entre les écosystèmes était nécessaire.

Les concepts émis par Forman et Godron marqueront un tournant dans l'évolution de cette discipline. Portant un regard artistique sur les paysages, ils mettent en lumière des éléments répétitifs qu'il est possible de caractériser à partir de leur forme :

- * la **matrice**, sorte de fond de toile, représentant l'élément dominant du paysage ;
- * les **taches** comme les bosquets et les habitations qui ponctuent la matrice
- * les **corridors** comme les routes, les rivières ou les haies sont des éléments linéaires qui lient la matrice et les taches selon un réseau plus ou moins dense.

Ces éléments permettent de définir un **patron paysager**, modelé par un ensemble de corridors organisés ou non en *réseau* et un ensemble de taches assemblées pour former une *mosaïque*.

Cette approche du paysage, qui peut être qualifiée de géométrique, est pertinente pour notre approche des impacts des infrastructures de transport terrestre sur le fonctionnement des systèmes biologiques. En effet, ces unités paysagères décrites par Forman constituent des entités visuelles. C'est à travers le prisme de ces questionnements et de ces champs disciplinaires que l'observateur en définira les fonctions. Dans le cadre de notre recherche, l'analyse de ces unités doit se faire en lien avec les phénomènes écologiques liés à l'impact des infrastructures de transport de terrestre sur les systèmes biologiques.

Se pose alors cette question essentielle : De quelle manière ces unités paysagères peuvent influencer la présence, la survie, le déplacement, la reproduction d'un organisme biologique, d'une population animale ou végétale dans un paysage ?

Cette question nous amènera donc à attribuer une ou plusieurs fonction(s) à ces entités visuelles et paysagères. On pourra alors qualifier ces unités paysagères d'éléments structurants à la lumière de la définition de George (1974) : « *Dans l'organisation de l'espace, certains éléments jouent un rôle particulier, qui est un rôle structurant* »

2.2 ELEMENTS SPATIAUX STRUCTURANTS ET PHENOMENES ECOLOGIQUES

Dans cette partie nous décrirons les principaux phénomènes écologiques et processus biologiques au sein des unités paysagères précédemment décrites afin de mettre en évidence l'intérêt de cette approche dans la problématique d'évaluation des impacts des I.T.T sur les milieux naturels.

2.2.1 LA MATRICE PAYSAGERE

La matrice a tout d'abord été définie comme un milieu indifférencié, neutre ou hostile pour certaines espèces. Cette notion est en partie héritée de la théorie de la biogéographie insulaire (Mac Arthur et Wilson, 1963) dans lequel l'océan est un milieu radicalement différent des îles ou du continent. Les avancées conceptuelles de l'écologie du paysage complexifient la structure de matrice. En effet, en milieu terrestre, il existe un gradient de situations du champ labouré à la forêt qu'il convient de prendre en considération : on préfère parler maintenant davantage de mosaïque paysagère que simplement de matrice. Cette notion de mosaïque paysagère intègre mieux l'hétérogénéité de l'espace. Comme le précisent Paillat et Butet (1994), malgré le rôle déterminant des corridors dans la *conductivité biologique* des paysages, « la matrice ne doit pas apparaître comme un élément imperméable aux déplacements des individus ».

Afin de préciser ces évolutions de conception de la matrice paysagère, nous pouvons citer les modèles d'accessibilité qui selon Pain (2001) se situent entre les modèles basés

sur les individus et les modèles utilisant la distance euclidienne¹³ pour évaluer les relations fonctionnelles entre les éléments d'un paysage. Ces modèles ne considèrent pas l'espace dans lequel les taches d'habitat sont situées comme une matrice homogène et indifférenciée mais comme une mosaïque de milieux. Chacun de ces milieux, pouvant par exemple correspondre à un type d'occupation du sol, est caractérisé par une valeur de résistance. *Cette résistance décrit l'ensemble des caractéristiques qui influenceront la possibilité, pour chaque individu, de traverser le milieu, et donc la possibilité de l'existence et l'importance d'un flux d'individus à travers ce milieu (Pain, 2001).*

Pour évaluer les relations topologiques entre les éléments d'un paysage, ces modèles ne font pas intervenir des distances à vol d'oiseau (distances euclidiennes) mais des résistances cumulées minimales (RCM) (Knaapen *et al.*, 1992). Ces RCM correspondent à la somme des distances parcourues dans les différents milieux, multipliées respectivement par la valeur de résistance de ceux-ci. Plus le milieu à traverser nécessitera un apport d'énergie important, un risque de mortalité accru, plus la valeur de résistance du milieu traversé sera importante afin de mettre en évidence le coût biologique de cette traversée. Joly a retenu ce type d'approche afin d'estimer la connectivité globale du milieu de vie du Crapaud commun *Bufo bufo*.

2.2.2 LES TACHES

Nous avons précédemment défini les taches comme étant des éléments ponctuels dispersés au sein de la matrice paysagère. Cette approche visuelle est trop restrictive pour s'intégrer à la démarche de l'écologue : ce que perçoit l'œil humain ne correspond pas toujours à ce qu'utilisent les espèces animales ou végétales.

Les espèces animales et végétales sont souvent organisées en populations biologiques locales dans les paysages définis par un ensemble d'écosystèmes interdépendants. Ces populations biologiques peuvent être définies comme un ensemble d'individus d'une même espèce exprimant des relations privilégiées de reproduction et utilisant un espace commun ou géographiquement localisé. De plus les individus de ces populations possèdent des exigences physiologiques qui les incitent à utiliser certains milieux (la forêt pour des espèces à mode de vie forestier par exemple) et à en éviter d'autres (les zones urbanisées et les milieux ouverts pour les espèces à mode de vie forestier strict par exemple). Si l'on tente de représenter cette répartition dans l'espace, on remarquera que dans la plupart des cas on retrouve une organisation en taches sur le territoire, organisation de l'habitat qui peut souvent être mis en relation avec l'occupation du sol.

❖ **Organisation des taches d'habitat dans l'espace : produit de la fragmentation des milieux.**

L'organisation des taches d'habitat est fortement influencée par la fragmentation de l'espace naturel. La fragmentation peut être définie comme le résultat de l'action

¹³ la distance euclidienne est la distance la plus courte reliant deux points.

conjointe de la diminution de la surface totale d'habitat et sa division en de plus petites entités distinctes (Pain, 2001)

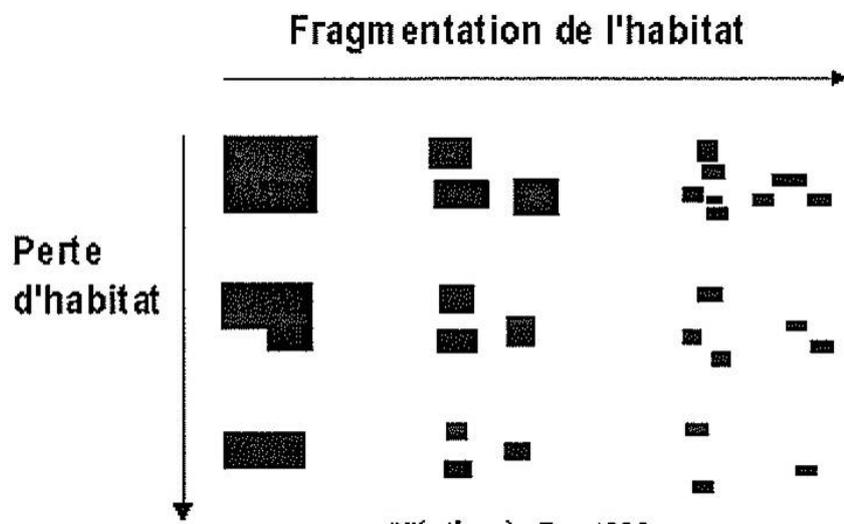


Fig 6.– Schématisation de l'isolement progressif de l'habitat par action conjointe de la fragmentation et de la perte d'habitat (in Pain, 2001 ; d'après Fry, 1996)

Ce phénomène de fragmentation des milieux atteint un nombre de plus en plus important de régions soumises à l'accroissement des activités humaines. Il est reconnu comme un risque écologique majeur (Wilcox et Murphy, 1985).

Historiquement la fragmentation a été mise en évidence pour les milieux boisés (Burgess et Sharpe, 1981). Mais ce phénomène peut aussi toucher d'autres milieux, les milieux prairiaux et les milieux aquatiques par exemple (COST 341, 2001).

La fragmentation de l'habitat, conduisant à l'insularisation des milieux (Rostland, 1991), a fait l'objet de synthèses intéressantes concernant ses effets sur les organismes biologiques et les milieux (Saunders *et al.*, 1991). Selon Fahrig (1997) les processus élémentaires – perte d'habitat et multiplication de taches de plus petite taille - conduisant à la fragmentation des milieux font l'objet de nombreuses recherches. Malheureusement il reste encore difficile d'attribuer à chacun de ces processus élémentaires leur(s) effet(s) sur les organismes biologiques.

❖ La dynamique des populations biologiques à l'intérieur des taches d'habitats.

Les taches d'habitats sont constituées de deux zones bien distinctes, ayant une composition spécifique et un rôle écologique propre. On parlera de milieu intérieur lorsque la matrice n'a pas d'influence sur les taches d'habitat et d'écotone ou de lisière pour qualifier l'espace d'interface entre le milieu intérieur de la tache et l'ensemble de la matrice

Ces deux milieux peuvent accueillir des cortèges faunistique et floristique différents ou alors répondre à des exigences comportementales et/ou physiologiques différentes pour les espèces. Il semble alors intéressant de caractériser la forme de la tache et ainsi

déduire ses fonctions potentielles. L'utilisation d'indices (voir Partie 2) basé sur la dimension fractale des taches mais aussi plus simplement le ratio surface/périmètre peut être un outil intéressant pour nous donner une idée de l'utilisation potentielle de ces par les espèces.

La forme des taches d'habitats n'est bien sûr pas le seul élément à prendre en compte. De nombreux autres facteurs agissent en synergie et influencent la composition des cortèges faunistiques et floristiques présents dans ces taches d'habitats. La superficie minimale des taches (Petit, 1994), leur qualité (richesse spécifique du milieu, composition spécifique, âge, degré de dégradation,..)(Ballent, 1996), le mode de gestion sont autant de facteurs influençant la présence et l'effectif d'une population.

C'est à partir de cette idée que Pulliam (1988, in COST 341) a mis au point un modèle qualifié de « *source-puits* » (source-sink model). Ce modèle, influencé par la théorie de la biogéographie insulaire (Mc Arthur et Wilson, 1963 ; voir sous partie suivante), prédit que les habitats de bonne qualité contiendront des populations biologiques excédentaires (habitat source) grâce auxquelles pourront se maintenir des populations locales déficitaires dans les habitats de qualité inférieure (habitat puits).

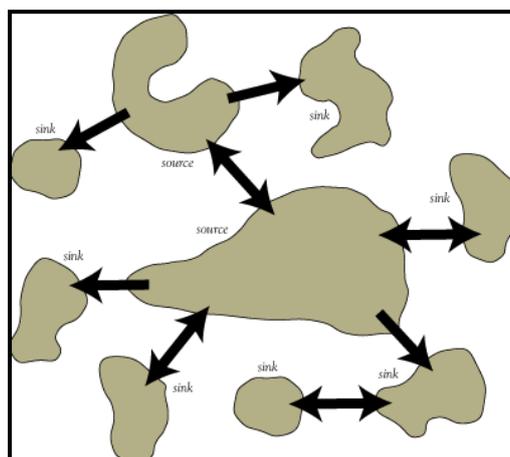


Fig 7- Schématisation du modèle source puits de Pulliam (1988)

Afin de préciser ce modèle, nous pouvons ajouter que les populations biologiques locales peuvent être caractérisées par leurs traits d'histoire de vie. Les traits d'histoire de vie sont des paramètres quantitatifs permettant de caractériser une espèce ou plus précisément les populations locales de cette espèce (Pulliam, 1998). Comme exemples de traits d'histoire de vie, nous pouvons citer des paramètres démographiques tels que le succès reproducteur, le taux de mortalité, les taux d'émigration et d'immigration, le sex-ratio ainsi que la structure en classe d'âge de la population étudiée, les capacités de dispersion, l'exigence minimale en surface d'habitat. Nous verrons plus loin que ces traits d'histoire de vie peuvent constituer une base sérieuse pour les modèles explicites de viabilité des populations.

❖ La dynamique des populations biologiques entre les taches d'habitats.

De nombreuses hypothèses actuelles concernant la dynamique des populations entre les taches d'habitat reposent en général sur une seule et même théorie : la théorie dite

de la biogéographie insulaire (Mc Arthur et Wilson, 1963). Cette théorie de l'équilibre dynamique a été élaborée à partir d'îles vraies de l'océan Pacifique : elle devait alors permettre de prédire la richesse spécifique du peuplement d'oiseaux sur chaque île en fonction de deux paramètres spatiaux, à savoir la distance au continent et la taille des îles.

Les auteurs décrivent le schéma de synthèse suivant où les taux d'immigration et d'extinction dépendent respectivement de la distance au continent et de la superficie des îles. L'équilibre dynamique du peuplement d'oiseaux est alors défini par l'intersection des courbes.

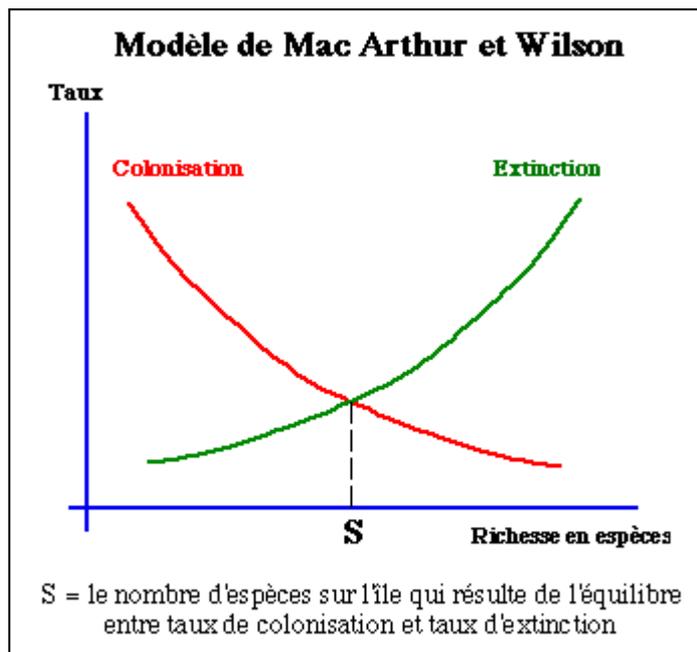


Fig 8.– Représentation graphique du modèle de biogéographie insulaire (Mac Arthur et Wilson, 1963)

Cette théorie a pu trouver des applications dans l'étude des îlots continentaux comme les îlots boisés par exemple. Levins (1969) décrira, sur cette base, une dynamique des métapopulations.

Selon lui les métapopulations peuvent se définir comme des populations biologiques locales démographiquement instables. Ces populations, interconnectées dans un même voisinage, peuvent

- soit être en déclin, voire disparaître localement et temporairement,
- soit être excédentaires et réalimenter les premières.

Dans ce cas une métapopulation ne peut se maintenir durablement que si les pertes d'individus sont simultanément compensées par des arrivées régulières (COST 341, 2001).

Les postulats de ce premier modèle de dynamique des métapopulations décrit par Levins sont relativement simplistes voire réducteurs. Dans son modèle, Levins considère que tous les habitats sont de même taille et de même qualité, certains sont vacants et

les autres contiennent un effectif d'individus équivalent à la **capacité de charge** du milieu. Dans ce modèle l'occupation d'une tâche d'habitat est indépendante de l'occupation d'une tâche voisine. De plus la probabilité d'extinction d'une population locale ainsi que le taux de colonisation sont constant. Pour résumer ce premier modèle n'était ni spatialement explicite ni biologiquement réaliste. Cette théorie a néanmoins connue de grandes avancées ces dernières années avec le regain d'intérêt que porte la communauté scientifique des écologues à l'étude des milieux fragmentés. Une des contributions les plus marquantes est celle de Illa Hanski (1994). A partir de la théorie des métapopulations, cet auteur nous propose un nouveau modèle de dynamique des populations nommé Stochastic Patch Occupancy Model ou SPOM (Modèle d'Occupation Stochastique des Taches d'habitat). Contrairement au modèle de Levins, les SPOM accorde une importance particulière à :

- la **taille** et la **qualité des taches** d'habitats comprise dans la métapopulation,
- la **distance** entre les taches,
- et surtout la **stochasticité environnementale**.

Cette stochasticité environnementale correspond au risque pour une population de connaître une diminution drastique de ces effectifs à la suite d'une perturbation environnementale exceptionnelle (pouvant être assimilée à un événement aléatoire ou stochastique) comme un hiver rude, une prédation anormalement élevée, l'apparition d'une maladie foudroyante (c'est à dire quelle ne sera pas disséminer avec les individus migrants).

Les théories des SPOM ont pu être vérifiées sur le terrain à travers l'étude de plusieurs espèces de papillons **spécialistes** (Hanski, 1994). Cette théorie trouve difficilement des applications pour des espèces plus **généralistes** (Baguette, 2004). Néanmoins elle trouve un intérêt majeur dans le fait qu'elle se rapproche des exigences comportementales et écologiques des espèces. En effet, au regard de ses postulats toutes les taches n'auront pas la même contribution à la dynamique des métapopulations soit parce qu'elles peuvent accueillir un nombre important d'individus (*notion de refuge en relation avec la taille de la tâche*) ou parce qu'elle permettent une reproduction conséquente des individus (*effet source lié à qualité des ressources de la tâche*) soit parce que la distance qui les séparent permet des échanges plus ou moins importants d'individus entre ces dernières (liaison biologique des tâches liées à la distance qui les sépare).

L'évolution de ces théories nous met en garde sur les lacunes scientifiques relatives aux conséquences sur la viabilité des métapopulations d'une déconnexion éventuelle d'une tâche d'habitat d'importance du reste du réseau, et de la diminution de la taille d'une de ces taches. Les aménageurs et les gestionnaires du territoire devrait donc prendre en compte les avancées de ces recherches et éventuellement promouvoir de nouvelles études plus spécifiques.

2.2.3 LES CORRIDORS

Les corridors sont des éléments paysagers linéaires, de caractère végétal ou topographique, qui permettent ou interdisent la dispersion des individus entre deux habitats (Paillat et Butet, 1994). Les corridors peuvent relier deux taches de nature identique (une rivière entre deux étangs, une haie entre deux bosquet, une route entre deux agglomérations urbaines) mais ce n'est pas toujours le cas. Une haie, en partie arasée, peut par exemple relier un bosquet à une parcelle de prairie permanente.

Au sein de la matrice, les corridors sont généralement organisés en réseaux plus ou moins denses. Leur étude est particulièrement importante pour comprendre si un corridor peut favoriser certaines espèces en créant une voie de communication entre deux taches d'habitat par exemple, ou au contraire nuire à d'autres, en créant une barrière compartimentant l'espace, et constituant ainsi un obstacle à la circulation des espèces inféodées aux milieux ouverts.

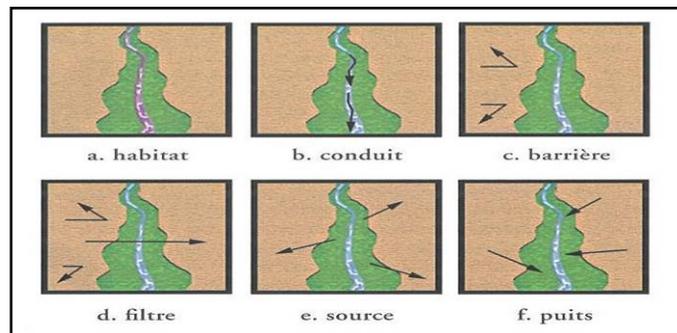


Fig.9 – Différentes fonctions d'un corridor (source : Thorne (1993), in SETRA, 2005)

Les corridors sont étudiés d'un point de vue quantitatif à travers des concepts comme celui de la connectivité qui permet d'apprécier les possibilités de relations entre composantes – analogues ou différentes – de la matrice paysagère.

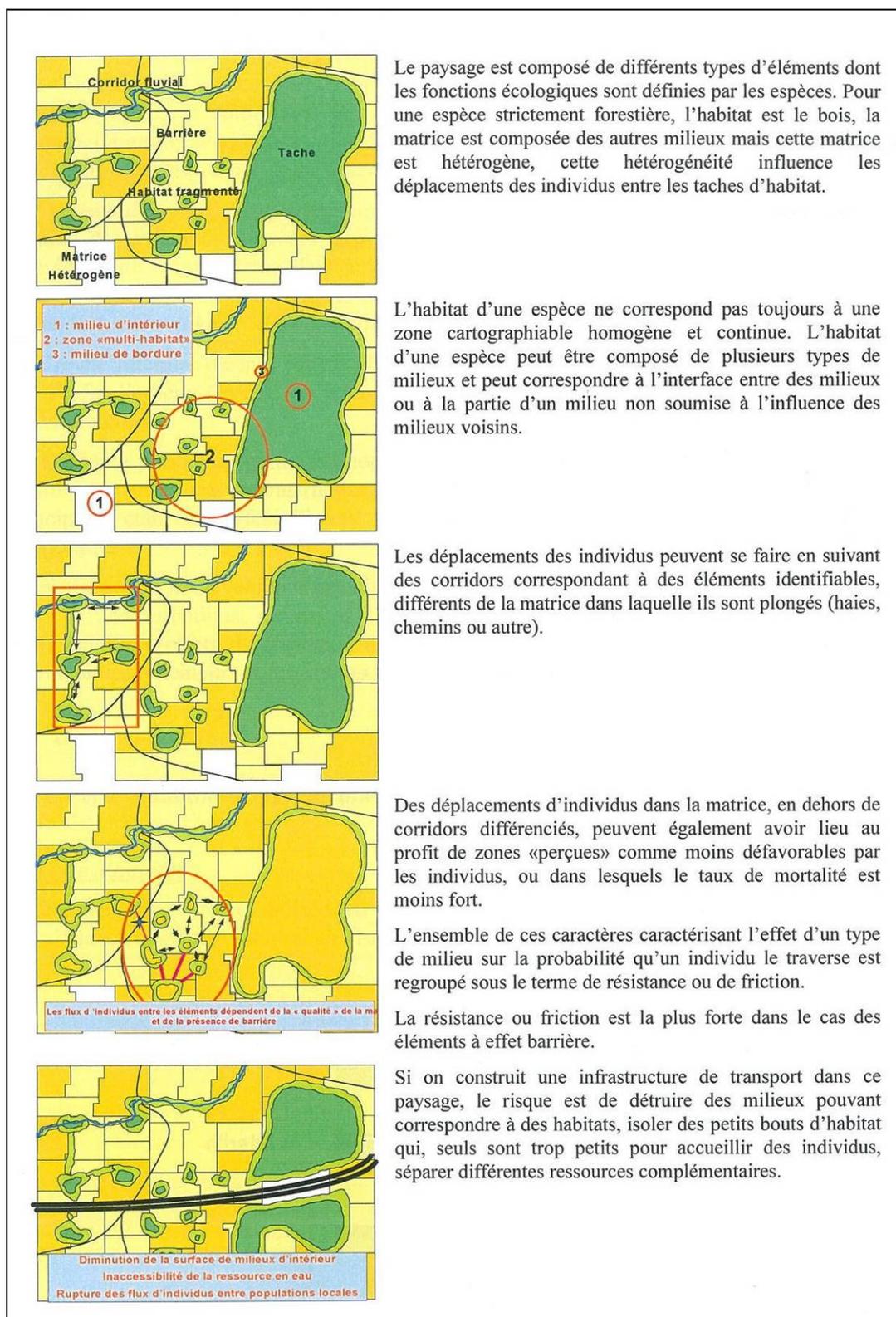


Fig 10 – Schéma de synthèse sur le fonctionnement écologique des paysages (COST 341, 2001)

2.3 LA THEORIE DE LA HIERARCHISATION DES ECHELLES SPATIALES ET TEMPORELLES

D'après les définitions exposées précédemment, nous pouvons considérer les paysages comme des systèmes complexes. Ils sont le laboratoire naturel d'une série de processus écologiques, ayant chacun des échelles spatiales et temporelles propres.

Les deux postulats suivants sont proposés :

- il existe une corrélation entre les échelles de temps et d'espace : les phénomènes ayant lieu dans de grands espaces sont caractérisés par une vitesse relativement lente de leur processus par rapport aux phénomènes occournts dans des espaces plus restreints dont la dynamique est plus rapide,
- les niveaux d'organisation sont essentiellement caractérisés par les vitesses de fonctionnement des phénomènes: ainsi des phénomènes ayant des vitesses de fonctionnement très différentes interagiront peu.

Si ces postulats sont admis ou vérifiés, ils deviennent alors les bases de la théorie de la hiérarchisation (May, 1989 ; Baudry et al., 1991) qui peut être résumée de la manière suivante. Aux niveaux supérieurs de la hiérarchie, les phénomènes et leurs processus sous-jacents s'inscrivent dans le temps long et au sein de vastes espaces, alors qu'au niveau inférieur les phénomènes et leur processus apparaissent comme rapides et locaux (Koestler, 1967).

On retrouve cette approche des systèmes biologiques chez Naveh et Lieberman (1984, in Lefeuvre et Barnaud) qui utilisent le concept d'*holon*, basé sur l'analyse de l'organisation de la nature. Pour Lefeuvre et Barnaud, ce nouveau concept à grande valeur épistémologique permet d'établir des liens entre le courant réductionniste et la démarche holistique. On peut considérer comme impossible l'étude globale des systèmes complexes : les objets de recherche peuvent grâce à ce concept correspondre à des structures intermédiaires ayant des caractéristiques propres et des interrelations.

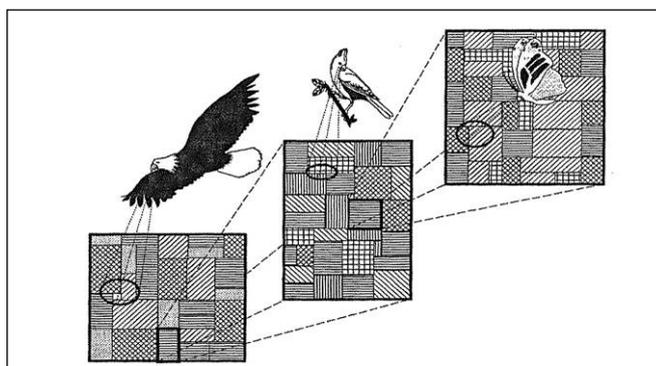


Fig 11 – Les échelles de perception au sein d'un même espace varient en fonction des organismes présents (Garigal et Marks, 1994 in SETRA 1999)

Il est donc possible de définir des niveaux d'organisation écologiques, ayant des propriétés de quasi autonomie. Ceci rend les systèmes hiérarchiques décomposables (Auger, 1992). Si trop de niveaux sont analysés de façon simultanée, l'information pertinente de chacun est brouillée par les signaux des autres.

Dans le cas de l'aménagement du territoire (par exemple dans le cas de l'implantation d'une infrastructure de transport terrestre), l'utilisation pratique de ces échelles devient complexe. La mise en place de l'infrastructure est une modification rapide du milieu, pouvant cependant s'étendre sur de vastes surfaces. On est en présence d'un phénomène que l'on peut qualifier de distorsion des échelles : sur quels processus écologiques et surtout à quels niveaux d'organisation agissent ce type d'aménagement ?

Dans la partie 4 de ce document, nous détaillerons une approche méthodologique d'évaluation des impacts relatifs aux infrastructures de transport terrestre prenant en compte l'existence de ces échelles de fonctionnement des écosystèmes.

2.4 DES OUTILS POUR APPREHENDER LES MODIFICATIONS DE LA STRUCTURE DU PAYSAGE : LES MODELES DE VIABILITE DE POPULATIONS ET LES INDICES SPATIAUX

2.4.1 LES MODELES DE VIABILITE DES POPULATIONS

Un modèle d'analyse de viabilité des populations doit permettre d'explicitier voire de quantifier les risques auxquels sont soumises les populations, et ce dans le but de prévoir si ces populations sont fortement soumises à une potentialité d'extinction. Il existe une multitude de modèles d'analyse de viabilité des populations, des modèles simplement descriptifs aux modèles mathématiques complexes.

Une étude approfondie de ces modèles n'a pas pu être conduite avec les experts de BIOTOPE dans le temps imparti de notre recherche. Le futur APR devra approfondir l'analyse de ces modèles afin de proposer de nouvelles pistes de réflexion concernant l'évaluation des impacts.

2.4.2 LES INDICES SPATIAUX

Contrairement aux modèles d'analyse de viabilité des populations, les indices paysagers n'ont pas de valeur prédictive. Ils permettent simplement de décrire la composition, l'organisation et la structure du paysage de manière synthétique.

Ces indices peuvent être globaux ou spatialement explicites (Burel et Baudry, 1999).

En tant qu'outil de mesure quantitatif, les indices paysagers peuvent permettre de mener des analyses diachroniques et donc de comprendre les dynamiques paysagères (contraction, changement, fragmentation, attrition, etc.)

Contrairement aux modèles d'analyse de viabilité des populations, les indices paysagers n'ont pas de valeur prédictive. Ils permettent pourtant de décrire la composition, l'organisation et la structure du paysage de manière synthétique, ce qui leur conférerait un intérêt de taille dans le cadre des études d'impacts. Dans ce paragraphe nous présenterons, dans un premier temps, quelques exemples d'indices en apportant une vision critique de leur utilisation. Dans un deuxième temps nous présenterons une méthode de calcul de la fragmentation basée sur des indices spatiaux issus de l'écologie du paysage et sur la définition de valeurs de fonction qui semble être particulièrement adapté aux exigences des études d'impacts relatives aux infrastructures de transport.

Quelques indices descriptifs de l'hétérogénéité spatiale et les indices descriptifs de la structure paysagère ont été étudiés ainsi que la faisabilité de leur transposition dans un contexte d'étude d'impact (cf. Annexe 5).

Conclusions : L'écologie du paysage a connu de nombreuses évolutions qui ont conduit à une amélioration de ces concepts. Certaines de ces améliorations concernent l'intérêt porté à la description du paysage et son implication dans les phénomènes écologiques. Ces améliorations ont notamment permis de nuancer la dichotomie milieu hostile / habitat favorable, en décrivant plus précisément les unités paysagères. Ainsi les concepts récents de l'écologie du paysage nous incitent à ne pas considérer les habitats d'espèces comme des entités homogènes mais comme des agencements d'unités écologiques pouvant répondre de manière différentielle aux exigences des espèces. Le dynamisme scientifique touchant cette discipline pourrait permettre d'améliorer les procédures d'évaluation des impacts sur les milieux naturels. En effet des évolutions récentes de la législation obligent les aménageurs à préserver les habitats d'espèces et non plus seulement les espèces (Arrêtés du 16 décembre 2004). Cette modification de la législation doit être le moteur d'une recrudescence des échanges entre le monde de la recherche scientifique en écologie et biogéographie et les experts en charge des études d'impacts sur le milieu naturel, notamment en ce qui concerne la dynamique des habitats.

Des méthodes et des outils ont été développés par l'écologie du paysage pour décrire et quantifier les conséquences écologiques de l'organisation des paysages. Néanmoins il existe encore de nombreuses lacunes concernant les connaissances relatives aux comportements de dispersion et de colonisation des espèces. Bien que des avancées probantes de l'approche systémique concernant l'utilisation de l'habitat par les espèces soient envisageables à court terme, la compréhension de la dynamique des populations reste un point noir de l'appréhension du fonctionnement écosystèmes.

L'approche systémique des milieux naturels nous incite à considérer la hiérarchie des échelles des processus écologiques pour évaluer les impacts. Les concepts de l'écologie du paysage font émerger la nécessité de reconsidérer les méthodes pour définir l'aire d'étude des impacts sur les milieux naturels et le

paysage. Les acteurs administratifs manquent de bases méthodologiques pour retenir une aire d'étude cohérente avec le fonctionnement des écosystèmes. De plus, la caractérisation des habitats d'espèces dans les études d'impact n'intègre pas la dynamique des milieux. Ces aspects sont détaillés dans les parties 3 et 4 de ce rapport.

**PARTIE III : EFFETS DE
L'AMENAGEMENT SUR SON
ENVIRONNEMENT :
ANTAGONISMES DES
CONSEQUENCES SUR LES
ECOSYSTEMES DES
INFRASTRUCTURES DE
TRANSPORT TERRESTRE**



1 LES ETUDES-AMONT POUR L'EXPERTISE DES MILIEUX NATURELS : UNE NECESSITE D'ANTICIPER LES IMPACTS

1.1 EVALUATION DES IMPACTS

L'objectif des personnes chargées de l'expertise des milieux naturels est d'anticiper à partir des inventaires réalisés dans la zone d'étude (et ce malgré les limites exposées plus haut) les impacts que pourra engendrer la concrétisation du projet d'infrastructure de transport terrestre.

1.1.1 DEFINITION DU TERME « IMPACT »

Il n'existe pas de définition claire du terme « impact ». Pour certains auteurs un impact peut être considéré comme le résultat d'un effet négatif sur un environnement équilibré et stable (Melki, 2002). Nous considérons dans la suite de ce document une définition plus neutre de l'impact, se rapprochant davantage de celle acceptée pour la notion de « risque ». Pour nous, un impact peut se définir comme l'expression d'une modification des paramètres d'un système (effet) conditionné par l'aptitude intrinsèque du système à régir à ces modifications (sensibilité) :

$$\text{IMPACT} = \text{Effet} \times \text{Sensibilité}$$

Il convient d'illustrer cette définition par un exemple précis. Un propriétaire agricole décide de modifier ses pratiques en utilisant davantage d'engrais phosphaté. L'excédent de phosphate est déversé par écoulements superficiels dans une mare (effet). Les cyanobactéries ou algues bleues profitent de cette modification du système pour proliférer au sein de la mare (sensibilité), ce qui conduit à la banalisation de la biodiversité du système par eutrophisation du milieu (impact).

1.1.2 TYPOLOGIE DES IMPACTS

La réglementation sur les études d'impact oblige les experts à distinguer différentes catégories d'impacts au regard des dimensions temporelle (durée) et spatiale (type) de ceux-ci. Nous présentons ici la typologie retenue par la plupart des guides méthodologiques relatifs aux études d'impacts (Melki, 2002, BCEOM, 1998) :

- ❖ Les **impacts directs** sont les impacts résultant de l'action directe de la mise en place ou du fonctionnement de l'aménagement sur les milieux naturels. Pour identifier les impacts directs, il faut prendre en compte à la fois les emprises de l'aménagement mais aussi l'ensemble des modifications qui lui sont directement liées (zone d'emprunt et de dépôts, pistes d'accès,...) ;

- ❖ Les **impacts indirects** correspondent aux conséquences des impacts directs, conséquences se produisant parfois à distance de l'aménagement ;
- ❖ Les **impacts induits** sont les impacts non liés au projet lui-même mais à d'autres aménagements et/ou à des modifications induits par le projet (remembrement agricole après passage d'une grande infrastructure de transport, développement de ZAC à proximité des échangeurs autoroutiers) ;
- ❖ Les **impacts permanents** sont les impacts liés à l'exploitation de l'aménagement ou aux travaux préalables et qui seront irréversibles ;
- ❖ Les **impacts temporaires** correspondent généralement aux impacts liés aux travaux ou à la phase d'exploitation à condition que ces derniers soient réversibles. Dans chaque cas il convient d'évaluer l'impact permanent résiduel qui peut résulter de ce type d'impact (le dépôt temporaire de matériaux dans une zone humide peut dégrader définitivement le milieu).

Si dans un premier temps, la description des impacts selon la typologie décrite précédemment peut rester très théorique, c'est un exercice nécessaire pour l'expert afin de structurer son regard sur les modifications à venir ; leur évaluation, dans un deuxième temps, est un exercice beaucoup plus pratique, qui fait appel à des calculs de surface, des critères scientifiques, tout en ne se réclamant pas d'une grande exactitude.

Afin cependant d'estimer avec le plus de justesse possible la nature des impacts et donc les conséquences pour la sécurité juridique du projet, il convient de faire un état des lieux de la composition initiale (c'est-à-dire avant l'implantation du projet) des communautés et de leur organisation dans l'espace.

Dans le contexte réglementaire actuel, cet état initial est principalement orienté vers la mise en évidence de la présence d'espèces et/ou d'habitats ayant un statut de protection (nationale ou communautaire) ou une valeur patrimoniale reconnue à l'échelle du département ou de la Région.

1.1.3 DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

Dans le cas de projets linaires tels que ceux d'infrastructure de transport terrestre, la définition de l'aire d'étude est rendue complexe par l'existence de nombreux tracés entre deux points extrêmes, la multiplicité des fonctionnements écologiques pouvant être perturbés, et les nombreuses contraintes réglementaires relatives aux milieux naturels.

L'étendue du territoire traversé par de tels projets s'avère être peu compatible avec la conduite d'inventaires naturalistes de terrain détaillés. De nombreuses questions se posent alors, où arrêter l'aire d'étude, quels processus écologiques intégrer ?

Administrativement, on peut distinguer deux phases importantes dans le processus progressif et évolutif de la définition de l'aire d'étude (Melki, 2002) : une phase d'étude préliminaire visant à choisir un fuseau après comparaison de plusieurs tracés possibles et ne phase d'étude plus détaillée qui s'effectuera sur et autour du fuseau retenu.

- ❖ **Zone d'étude préalable** constituée par la zone des différents partis d'aménagement qui sont envisagés pour relier deux points. Cette zone, de largeur variable, est généralement définie au moment du débat public d'opportunité (Guerrero, com.pers.)

❖ **Fuseaux de partis d'aménagement** : au sein de cette aire d'étude plusieurs tracés alternatifs sont retenus. Une largeur de l'ordre du kilomètre est généralement retenue

❖ **Zone d'étude du parti retenu** : C'est à ce stade que les études de terrains détaillées seront conduites sur et autour du parti retenu et de ses variantes. A ce niveau l'aire d'étude devra prendre en compte la zone d'emprise de l'infrastructure, la zone d'influences des travaux et la zone des effets éloignés et induits

TABLEAU 7 : AIRE D'ETUDES D'UNE ITT (MELKI, 2002)			
Différentes zones d'étude	Ordre de grandeur	Niveau d'investigation	Echelle cartographique
Zone d'étude préalable	Très variable, en fonction de la l'importance de l'ouvrage	Bibliographie et consultations	1/100 00 ^{ème}
Fuseaux d'étude de partis d'aménagement	Ordre de grandeur moyen du kilomètre, auquel s'ajoute les unités fonctionnelles des espèces et habitats considérés comme sensibles	Bibliographie, consultations, analyse des photos aériennes, reconnaissance de terrain avec vérifications ponctuelles pour évaluer le parti de moindre impact	1/ 50 000 ^{ème}
Zone d'étude du parti et retenu et de ses variantes	Ordre de grandeur moyen de 300 m auquel s'ajoute les unités fonctionnelles des espèces et des habitats considérés comme sensibles	Inventaire précis de terrain	1/ 25 000 ^{ème} à 1/10 000 ^{ème}

1.2 PRINCIPAUX IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT TERRESTRE (ITT)

Il est indéniable que l'implantation d'une infrastructure de transport terrestre modifie considérablement l'équilibre dynamique des écosystèmes. Elle marque durablement de son empreinte le territoire dans lequel elle s'inscrit. Créées dans une logique de réseau, les infrastructures participent au maillage de la France et aux liens transfrontaliers.

De manière schématique nous pouvons résumer les effets sur l'environnement liés aux routes selon la classification suivante :

1. l'implantation d'une route induit une perte d'habitats pour les espèces : ces habitats peuvent disparaître définitivement sous l'asphalte ou le ballast des voies ferrées, lors des comblements de zones humides, lors des remaniements du sol sur les voies de chantier ou dans les zones d'emprunt et de dépôts ;
2. les ITT se présentent comme des barrières physiques linéaires dans le paysage : selon l'intensité du trafic qu'elles engendrent, les ITT interdisent ou inhibent fortement la traversée d'un grand nombre de taxons, faunistiques principalement mais aussi floristique. La mise en place clôtures vient renforcer ce phénomène pour la faune ;

3. le trafic soutenu par les infrastructures de transport terrestre mais aussi certaines de leurs composantes techniques sont des sources de mortalité pour la faune : mortalité par écrasement, par collisions, par électrocution sur les caténaires des lignes de chemins de fer, par exemple ;

4. l'implantation d'infrastructures de transport terrestre perturbe les paramètres hydrauliques du bassin versant en modifiant le niveau des nappes, le régime des écoulements superficiels, en modifiant parfois la structure des cours d'eau et en détruisant des zones humides au sein des emprises de l'infrastructure ;

5. le chantier de construction, l'entretien des voies, certaines structures des infrastructures comme les glissières de sécurité ou les rails ainsi que les véhicules et les trains sont sources de nombreux polluants. Ces polluants peuvent se retrouver dans les milieux naturels. Nuisibles pour la santé humaine, ils le sont aussi pour le fonctionnement des écosystèmes.

Pour un premier niveau de lecture, il convient d'aborder les impacts des ITT vis-à-vis des échelles de fonctionnement des écosystèmes : les échelles temporelle et spatiale.

Si nous abordons d'une part les impacts des ITT à travers le prisme du temps, nous remarquons deux choses :

- différentes phases structurent le **projet**, il convient de distinguer : la phase de chantier, la phase d'exploitation et la phase de gestion - qui induisent des impacts de natures différentes sur l'environnement dans lequel le projet s'inscrit.

- pour chaque impact, la durée des effets ne sera pas identique. Pour illustrer ce propos, prenons l'exemple de la perte d'habitat qui a lieu lors de la phase chantier sur le tracé et à proximité. L'ensemble de ces habitats sera remanié lors des travaux. Cependant l'impact sur les habitats recouverts par l'asphalte s'inscrit dans le temps long (dans ce cas l'impact peut même être considéré comme définitif) alors que l'impact sur les zones laissées à nu à la suite du chantier, peuvent sous réserve de modalités de restauration accueillir à nouveau à court ou moyen terme les espèces.

D'autre part les impacts liés aux ITT peuvent aussi être abordés sous l'angle de l'espace :

- emprise territoriale importante au vu de l'étendue de l'infrastructure (linéaire, etc.), diversité des aménagements connexes (aire d'autoroute, bassin de rétention, etc.) ;

- différentes distances d'influence (rapaces vs oiseaux chanteurs) ;

- différentes échelles spatiales des processus écologiques ;

Au regard de ces deux échelles décrites et de leurs interactions, on conçoit les difficultés pour appréhender de manière exhaustive les impacts de tels projets.

1.3 DEFINITIONS DES MESURES

Aux impacts génériques définis, correspondent des mesures, désignées par le terme général de mesures d'atténuation, qui précisent les conditions qui doivent être remplies pour limiter les impacts négatifs du projet.

L'article L123-3 du code de l'environnement prévoit trois types de mesures : « les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement et la santé ».

❖ Les **mesures de suppression** des impacts : elles impliquent généralement la modification du tracé initial de l'infrastructure afin d'éviter la destruction d'espèces protégées ou à valeur patrimoniale. Cependant plus le tracé se précise, plus il devient difficile de le modifier. La concrétisation de telles mesures est donc assez rare. D'autres mesures plus simples peuvent être mises en œuvre pour supprimer totalement certains impacts. Le choix d'une saison particulière pour réaliser certains travaux peut, par exemple, permettre de supprimer les impacts sur la formation de couples reproducteurs (avifaune) ayant lieu dans la zone des emprises de l'infrastructure. Les mesures de suppression sont celles qui seront cherchées en priorité

❖ Les **mesures de réduction** des impacts : dans de nombreux cas la suppression des impacts n'est techniquement ou économiquement pas réalisables. Des mesures de réduction sont alors recherchées. Ces dernières peuvent prendre la forme de précautions supplémentaires lors de la phase de travaux (limitation des emprises, planification et suivi du chantier) ou de restauration partielle de certaines fonctions écologiques (rétablissements de passage pour la faune, revégétalisation des emprises). Nous considérerons que les mesures de réduction sont réalisées au sein des emprises du projet.

❖ Les **mesures de compensation** (ou mesures compensatoires) : malgré la mise en place de mesures de suppression ou de compensation, subsiste dans la plupart des cas des impacts qui peuvent être qualifiés de résiduels (Melki, 2002). Si l'importance de ces derniers est de nature à perturber de manière notable le fonctionnement des écosystèmes et la viabilité des populations biologiques locales, il incombe à l'aménageur de mettre en place des mesures de compensation. Ces dernières doivent être formulées clairement au moment de l'étude d'impact, et dans bien des cas être effectives avant la mise en service de l'infrastructure.

Il nous semble important de lever une ambiguïté existant sur le terme de « mesure compensatoire ». En effet, ce terme désigne à la fois la démarche qui est exigée par l'article L122-1 à L122-3 du code l'environnement et les mesures définies au titre du décret du 20 décembre 2001. Les premières s'inscrivent dans la procédure de l'étude d'impact et les secondes sont traitées dans le dossier d'études d'incidences sur les sites Natura 2000. Certains acteurs consultés dans notre étude précisent qu'il convient de distinguer par les termes ces procédures distinctes (Gerbeaud-Maulin, com.pers.). Nous retiendrons dans la suite de ce document le terme de mesures de compensation pour désigner les mesures préconisées dans l'étude d'impact environnemental de la DUP. Dans le vocabulaire de ce document, le terme de mesures compensatoires sera relatif aux mesures imposées lors des études d'incidences sur les sites Natura 2000.

2 DESCRIPTION DES IMPACTS ET DES PROCESSUS ECOLOGIQUES ASSOCIES, PRESENTATION DES LIMITES DES MESURES PROPOSEES

2.1 LES IMPACTS LIES A LA PHASE DE CHANTIER

Les impacts liés à la phase de chantier sont nombreux. Certains d'entre eux marqueront durablement les paysages et les écosystèmes traversés. L'ensemble des impacts de la phase chantier se répartit entre les études préliminaires aux travaux, les travaux préparatoires, la phase chantier proprement dite et la remise en état du site. L'évaluation des impacts sur le milieu naturel de cette phase est délicate car dans bien des cas les experts des milieux naturels manquent de connaissance à propos du déroulement et des contraintes techniques de cette étape cruciale du projet. Nous proposons dans cette partie d'exposer les principaux impacts se produisant lors de la phase chantier ; impacts qui ont été mis en lumière grâce aux entretiens que nous avons pu conduire et surtout grâce au travail et conseils des experts des milieux naturels de BIOTOPE et qui ont été engagés dans des suivis environnementaux de la phase chantier.

Un tableau de synthèse des impacts liés à la phase de chantier a été réalisé, les effets sont détaillés. Nous détaillerons dans les paragraphes suivants quelques impacts en particulier.

2.1.1 TABLEAU DE SYNTHESE

Le tableau suivant doit être lié avec notre démarche de définition d'une typologie opérationnelle des impacts. Cette démarche répond à un souci d'exhaustivité afin d'appréhender l'ensemble des composantes techniques du projet. Nous ajouterons la classification habituelle des impacts basée sur la relation avec l'aménagement (direct, indirect, induits) et sur leur temporalité (permanents, temporaires). Nous précisons, par ailleurs, le degré d'anticipation de cet impact lors de la conduite des études-amonts ou lors de l'étude d'impact.

	Phase ou opération	Type de travaux ou d'aléas	Effets	Impact sur le milieu naturel	Impact sur les processus écologiques	Temporalité de l'impact	Type d'impact	Anticipation (hors existence d'un suivi de chantier)
I	Etudes préliminaires							
I-1	Sondages géotechniques	Création de piste	cf. terrassements et débroussaillage	Modification de la nature du sol	* Perte d'habitats	Temporaires	Direct	Oui (O)
		Sondages profonds	Utilisation d'engins / nappe phréatique, sol ou milieu aquatiques	Modification de la nature du sol	* Perte d'habitats	Temporaires	Direct	Non (N)
		Utilisation d'eau lors du sondage	Rejets de MES / milieux aquatiques	Variable	Variable	Temporaires	Direct	N
I-2	Campagnes topo	Relevés Topo	Relevés Topo	Variable	Variable	Temporaires	Direct	N
2 Travaux préparatoires								
II-1	Mise en sécurité / chute de blocs	Purges	Chute de pierre	Destruction de plantes ou de cavités de nidification	* Perte d'habitats	Permanent	Indirect	N
		Pose de filets	Débroussaillage, obturation de cavités (oiseaux, chiroptères)		* Perte d'habitats	Permanent	Direct	O
		Béton projeté	Paroi n'est plus végétalisable	Paroi n'est plus végétalisable	* Perte d'habitats	Permanent	Direct	N
I-2	Créations des pistes et plates-formes de travail	Débroussaillages	Destruction d'espèces animales ou végétales	Destruction d'espèces animales ou végétales	* Diminution de la taille des populations	Permanent	Direct	O
			Non respect des emprises	Destruction d'espèces animales ou végétales	* Diminution de la taille des populations	Temporaire	Direct	N
			Incinération des rémanents	Modification de la nature du sol	* Modification de la résilience du milieu * Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces	Temporaire	Direct	N

	Phase ou opération	Type de travaux ou d'aléas	Effets	Impact sur le milieu naturel	Impact sur les processus écologiques	Temporalité de l'impact	Type d'impact	Anticipation (hors existence d'un suivi de chantier)
		Terrassements	Mélange de matériaux différents	Modification de la nature du sol	* Modification de la résilience du milieu * Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces * Favorise l'implantation d'espèces invasives	Permanent	Direct	N
			Stockage des déblais dans des zones non prévue ou en dehors des emprise	Modification de la nature du sol Modification des écoulements	Perte d'habitats Modification des possibilités de recolonisation			N
		Déblais-remblais	Modelé de terrains difficilement intégrable dans le paysage	Modification de la topologie du milieu	Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces	Permanent	Direct	N
			Risques d'érosion accrus (ravinement, transfert de matériaux)	Modification de la nature du sol	Modification de la résilience du milieu Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces	Temporaire	Direct	O
		Modification de tracé	Destruction d'espèces	Destruction d'espèces animales ou végétales	Diminution de la taille des populations	Permanent	Direct	N
		Gestion des eaux	MES, Pollution accidentelle	Modifications des paramètres physico-chimiques du système biologique	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces	Permanent + Temporaire	Indirect	N
		Arbre ou végétation maintenue dans ou à proximité du chantier	Mutilation ou destruction	Destruction d'espèces animales ou végétales	Perte d'habitats Dégradation du milieu	Permanent	Direct	N

	Phase ou opération	Type de travaux ou d'aléas	Effets	Impact sur le milieu naturel	Impact sur les processus écologiques	Temporalité de l'impact	Type d'impact	Anticipation (hors existence d'un suivi de chantier)
II-3	Installations de chantiers	Stockages de produits dangereux	Pollution des eaux et du sol	Modifications des paramètres physico-chimiques du système biologique	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces	Permanent + Temporaire	Indirect	N
		Aires de répartition et de lavages	Pollution des eaux et du sol	Modifications des paramètres physico-chimiques du système biologique	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces	Permanent + Temporaire	Direct	O
		Assainissement individuel	Pollution des eaux	Modifications des paramètres physico-chimiques du système biologique	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration spécifique des cortèges	Permanent + Temporaire	Direct	O
		Montée des eaux	Libération de MES et de produits polluants	Modifications des paramètres physico-chimiques du système biologique	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces	Permanent + Temporaire	Indirect	N
III	En phase de chantier							
III-1	Bétonnage	Travaux à proximité de l'eau	Pollution des eaux	Modifications des paramètres physico-chimiques du système biologique	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration spécifique des cortèges	Permanent + Temporaire	Direct	N

	Phase ou opération	Type de travaux ou d'aléas	Effets	Impact sur le milieu naturel	Impact sur les processus écologiques	Temporalité de l'impact	Type d'impact	Anticipation (hors existence d'un suivi de chantier)
		Lavage des bennes, des pompes, des goulottes des toupies béton	déversement incontrôlés, pollution des eaux	Modifications des paramètres physico-chimiques du système biologique	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration spécifique des cortèges	Permanent + Temporaire	Direct	N
		Excédent de béton ou béton ayant une mauvaise convenance	déversement incontrôlé	Modifications des paramètres physico-chimiques du système biologique	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration spécifique des cortèges	Permanent + Temporaire	Direct	N
		Destruction d'installation temporaire, curage des fosses de lavage ou de stockage	décharges « sauvages », blocs de béton dispersés	Modifications des paramètres physico-chimiques du système biologique	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration spécifique des cortèges	Permanent	Direct	N
		« purge » des bétons = arrosage pour éviter les défauts de surface	ruissellements d'eau chargée ??? Impact ???	Destruction d'espèces animales ou végétales	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration spécifique des cortèges	Permanent + Temporaire	Direct	N
III-2	Fonctionnement des engins hydrauliques ou thermiques							

	Phase ou opération	Type de travaux ou d'aléas	Effets	Impact sur le milieu naturel	Impact sur les processus écologiques	Temporalité de l'impact	Type d'impact	Anticipation (hors existence d'un suivi de chantier)
		Rupture de durite du circuit hydraulique	Pollution des eaux et du sol	Modifications des paramètres physico-chimiques du système biologique	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration spécifique des cortèges	Permanent + Temporaire	Direct	N
		Fuite chronique (vérins, carter...)	pollution des eaux et du sol	Modifications des paramètres physico-chimiques du système biologique	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration spécifique des cortèges	Permanent + Temporaire	Direct	N
		Ravitaillement	pollution des eaux et du sol	Modifications des paramètres physico-chimiques du système biologique	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration spécifique des cortèges	Permanent + Temporaire	Direct	N
		Changement d'outils hydrauliques (godets, BRH....)	pollution des eaux et du sol	Modifications des paramètres physico-chimiques du système biologique	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration des cortèges d'espèces	Permanent	Direct	N
		Bruit	dérangement des espèces animales	Eloignement des espèces sensibles	Restructuration des cortèges d'espèces	Permanent	Direct	O
		Poussières	Impact sur la flore ou les culture	Destruction des espèces sensibles	Dégradation des habitats Modification des possibilités de recolonisation pour	Permanent	Direct	O

	Phase ou opération	Type de travaux ou d'aléas	Effets	Impact sur le milieu naturel	Impact sur les processus écologiques	Temporalité de l'impact	Type d'impact	Anticipation (hors existence d'un suivi de chantier)
					certaines espèces Restructuration des cortèges d'espèces			
IV	Remise en état							
IV-1	Terrassement	Modelage final des terrains	Modelés trop techniques	Modification de la nature du sol	Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration des cortèges d'espèces	Permanent	Direct	N
IV-2	Végétalisation	Projet	Les végétaux sont inadaptés aux conditions pédoclimatiques ou dangereux pour les écosystèmes (envahissants...)	Perte d'habitat Destruction d'espèces animales et végétales	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration des cortèges d'espèces	Permanent	Direct	O
		Plantations	Les végétaux ne sont pas disponibles	Perte d'habitat	Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration des cortèges d'espèces	Permanent	Direct	N
			La période d'intervention n'est pas adéquate	Perte d'habitat	Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration des cortèges d'espèces	Permanent	Direct	N
			Les accès n'existent plus	Perte d'habitat	Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration des cortèges d'espèce	Permanent	Direct	N

	Phase ou opération	Type de travaux ou d'aléas	Effets	Impact sur le milieu naturel	Impact sur les processus écologiques	Temporalité de l'impact	Type d'impact	Anticipation (hors existence d'un suivi de chantier)
			Le sol n'est pas adapté	Perte d'habitat	Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration des cortèges d'espèce	Permanent	Direct	N
IV-3	Pistes « temporaires »	Les pistes de chantier « temporaires » sont « reconverties » et maintenues	Changement de la nature de l'impact qui de temporaire devient définitif Fractionnement d'habitats, facilite l'accès à des milieux sensibles	Perte d'habitat Isolement des populations biologiques	Diminution de la taille des populations Modification des possibilités de recolonisation pour certaines espèces Restructuration des cortèges d'espèces	Permanent	Direct	N

2.1.2 LA PERTE D'HABITATS

La perte d'habitat consécutive à l'implantation d'une infrastructure de transport est, parmi les impacts directs, certainement le plus stigmatisant pour les milieux naturels.

Cet impact peut se produire au cours du terrassement nécessaire à la création des pistes et emprises de chantier, de débroussaillages, de dépôts et d'emprunts de matériaux, de projection de béton sur les parois rocheuses, de la création de remblais et de déblais, de la pose de filet sur les parois pour la mise en sécurité du site, de la création de seuil pour le passage des engins. Il peut aussi être lié à des aléas du chantier comme lors de chutes accidentelles de pierre, de modifications de tracés...

L'évaluation de cet impact pose deux grandes difficultés : la définition des habitats d'espèces et les aléas du chantier.

Conclusion : La perte d'habitats est soumise à de nombreux aléas lors du chantier. L'évaluation de cet impact lors des études amont est donc complexe. La meilleure mesure qui peut être proposée est le suivi du chantier par des personnes ressources compétentes dans le volet milieu naturel.

2.1.3 LES PERTURBATIONS LIEES A LA VIE DU CHANTIER : POLLUTION SONORE ET FREQUENTATION HUMAINE

Les perturbations sonores ainsi que la présence humaine liée à l'activité du chantier peuvent modifier le comportement de la faune avoisinante. Cet impact considéré, à juste titre ou non, comme minime a fait l'objet de peu d'études.

Watson et Denis (1992) nous précisent cependant que les échecs de nidification de l'aigle royal *Aquila chrysaetos* en Ecosse sont davantage corrélés avec la possibilité pour les êtres humains d'approcher le site de nidification potentiel qu'à la présence de la route elle-même. Ainsi, la présence de nombreux ouvriers lors de la phase chantier peut nuire de manière conséquente à l'implantation de certaines espèces. L'expérience de l'observatoire environnemental de la LGV Méditerranée nous amène à nuancer légèrement cette remarque. Le comportement d'un couple d'Aigle de Bonelli *Hieraetus fasciatus* nichant à près de 600 m des travaux ne semble pas avoir été perturbé de manière notable par les activités humaines avoisinantes. Par contre, il nous est plus délicat d'affirmer, si à cette distance, le succès reproducteur des individus n'a pas été affecté, par le stress continu notamment. En effet, le suivi sur ce couple n'a pu être abouti car les deux individus ont été abattus.

Bien que des observations de terrain aient certainement validé son existence, nous ne sommes pas en mesure d'indiquer une aire d'influence précise de l'impact lié aux perturbations sonores. Nous pouvons supposer que l'aire d'influence de ces perturbations sera fonction des conditions climatiques (orientation du vent), de la topographie, de la structure du paysage (milieu ouvert ou milieu fermé) et bien entendu de la sensibilité des

espèces. La connaissance scientifique nous manque pour estimer avec justesse la modification du comportement des espèces animales face à ces perturbations, qui se limitent généralement à la période diurne lors de la phase chantier.

Conclusion : Manque de connaissance et de recul sur les impacts réels et notamment sur le succès reproducteur des espèces nicheuses en particulier. Il existe peu de mesures à mettre en œuvre, hormis éloigner le plus possible les travaux de l'habitat d'espèce patrimoniale.

2.1.4 LA MORTALITE DE LA FAUNE SUR LE CHANTIER

La plupart de la mésofaune aura tendance à éviter les zones de chantier actives. Le risque de mortalité est accru pour la microfaune dont les capacités de fuite sont plus limitées. Par ailleurs, des espèces peuvent fréquenter les sites de chantier lorsque l'activité des travaux est nulle, généralement en période nocturne et se retrouver piéger lors de la reprise des activités. Des remaniements importants du sol s'opèrent lors de cette phase du projet : ils peuvent de ce fait créer des zones attractives pour certaines espèces. Les mares éphémères des chantiers, par exemple, sont susceptibles attirer certaines espèces d'amphibiens en période de reproduction. Le chantier étant en perpétuelle évolution, les amphibiens adultes et leur progéniture ayant trouvé refuge dans ce milieu sont généralement voués une mort certaine.

De plus, les amphibiens sont généralement très fidèles à leur site de reproduction (Duguet *et al.*, 2003) Si un de ces sites disparaît sous les emprises de l'infrastructure, ces animaux ont d'autant plus de risques de périr sur les chantiers de terrassement lors de leur trajet de migration. Il alors recommander à l'aménageur de recréer des mares de substitution avant la phase de terrassement (par exemple lors des travaux préparatoires) pour permettre de compenser la perte d'un site de reproduction mais aussi de sécuriser le site de chantier

Parmi les micromammifères, ce sont les espèces cavernicoles qui sont certainement les plus soumises à la mortalité lors de la phase de terrassement.

La microfaune n'est pas la seule à être touchée par la mortalité lors des phases de travaux. Les zones de chantier sont des zones dangereuses, pour les hommes comme pour la faune sauvage. Plusieurs exemples dans la littérature viennent illustrer ce fait, notamment pour des espèces avec des statuts de protection. Lors de la phase chantier de l'autoroute A36 (Basse Vallée de la Doller), un castor mâle est mort suite à une chute dans une fondation de pile d'un pont ferrailé (SETRA, 2005).

Conclusions : la mortalité lors de la phase chantier est différente de celle liée au trafic. La mortalité routière est à relier à la densité de la population locale en fonction des taxons. La phase chantier peut entraîner des modifications brusques du milieu qui peuvent toucher les populations animales en faible abondance.

De manière générale, nous possédons peu de connaissance pour cet impact. De plus son occurrence est fortement liée aux aléas du chantier. Il est donc difficile de l'anticiper. Bien que cet impact puisse sembler anecdotique, il reste néanmoins un enjeu d'importance lorsque des espèces patrimoniales ou communautaires sont susceptibles d'être touchées. Dans ce cas des mesures de réduction peuvent être prises (pose de bâche plastique pour limiter le passage des amphibiens, prospections avant le terrassement, davantage de sécurité sur les chantiers même lorsque les hommes n'y sont plus). La présence d'un chargé de mission en environnement sur le terrain est un moyen de réduire cet impact.

2.1.5 LE REMANIEMENT DU SOL LORS DE LA PHASE DE CONSTRUCTION

Les remaniements du sol, nécessaires à l'implantation de l'infrastructure, réorganisent considérablement la topologie du site (zone en remblais et zone en déblais), ils modifient la structure du sol par transfert et compactage des matériaux.

Selon les matériaux en présence, ces remaniements libèrent de nombreuses particules dans l'atmosphère mais aussi dans le milieu aquatique. De ce fait, les effets de ces remaniements sur les milieux naturels sont multiples. Les poussières atmosphériques peuvent se déposer sur la végétation, limitant ainsi leur capacité de photosynthèse (T. Roussel, com. pers). Sur le long terme, certaines communautés végétales recouvertes peuvent subir une modification de leur cortège par disparition des espèces les plus sensibles, et au pire disparaître complètement.

Lors de la phase de terrassement, les sites comme les zones de remblais et de déblais, les zones à fortes pentes et à sol compacté qui vont être soumises à d'importantes précipitations peuvent déverser dans le milieu aquatique une quantité importante de matières en suspension (MES) pouvant conduire à l'eutrophisation des milieux aquatiques ainsi qu'à la modification de la morphologie des cours d'eau par augmentation de la sédimentation.

Afin de limiter ces impacts les bureaux d'expertise des milieux naturels recommandent généralement de :

- protéger les communautés végétales où sont présentes des espèces à valeur patrimoniale ou communautaire,
- de conduire les écoulements superficiels du chantier vers des filtres à paille avant leur retour dans les cours d'eau. Ces filtres ont pour but de limiter les apports de MES dans le réseau hydrographique avoisinant.

Ces mesures en faveur des milieux aquatiques ne sont pas toujours adaptées aux contraintes du chantier. En effet lors d'orages violents, l'efficacité des filtres à paille devient limitée. Les forces de pression s'exerçant sur ces filtres conduisent souvent au creusement de rigoles aux abords de leur implantation. Par ailleurs l'efficacité de ces filtres à retenir les MES est limitée pour les particules fines (Verneaux, 2004).

2.2 LES IMPACTS LIES A LA PHASE DE L'EXPLOITATION DE L'INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT

2.2.1 TABLEAU DE SYNTHESE

Dans ce tableau un lien avec la typologie des impacts est fait en précisant la temporalité de l'impact et le type. Nous précisons, par ailleurs, le degré d'évaluation de cet impact dans les études actuellement réalisées. La formulation des degrés d'appréciation des divers impacts précisés ci-dessous repose sur les données bibliographiques récoltées, sur les consultations de certains acteurs et sur l'expérience des experts de Biotope en suivi de chantier. La réflexion afin d'améliorer ce tableau se poursuit et sera améliorée grâce aux expériences de terrain des experts de Biotope.

	Phase ou opération	Perturbation	Effets	Sensibilité du milieu naturel	Impacts sur le milieu naturel	Temporalité de l'impact	Type d'impact	Appréciation des conséquences écologiques
1	Exploitation							
1.1		Perturbations liées à l'éclairage nocturne des voies (autoroutes)	Modification des paramètres physiques (rayonnement artificiel)	Attractivité de certaines espèces (surtout insectes)	Isolement des populations	Permanent	Indirect	Mauvaise (M)
				Modifications des cycles circadiens	Perte de succès reproducteur (possible)	Permanent	Direct	M
				Augmentation de la mortalité interne (insectes)	Diminution de l'effectif des populations biologiques	Permanent	Indirect	M
				Augmentation de la mortalité induite (lors des comportements de chasse pour les chauve-souris par exemple)	Diminution de l'effectif des populations biologiques	Permanent	Indirect	Bonne (B)
1.2		Modifications des paramètres microclimatiques à l'intérieur des emprises	Ascendance d'air chaud par échange thermique entre l'atmosphère et l'asphalte (de moindre importance dans le cas du ballast)	Inhibition des comportements de dispersion	Isolement des populations biologiques	Temporaire	Indirect	M
			Echauffement de la chaussée	Inhibition des comportements de dispersion	Isolement des populations biologiques	Temporaire	Indirect	M
			Conduction des vents dominants au sein des emprises	Eloignement de la faune sensible (avifaune) (suspecté, Clergeau, comm.pers)	Perte d'habitat	Temporaire	Indirect	M
				Propagation accrue des propagules d'espèces généralistes aux invasives	Banalisation des milieux (augmentation de la résilience)	Permanent	Indirect	M

	Phase ou opération	Perturbation	Effets	Sensibilité du milieu naturel	Impacts sur le milieu naturel	Temporalité de l'impact	Type d'impact	Appréciation des conséquences écologiques
1.3		Trafic autoroutier ou ferré	Risque de collisions	Mortalités externe, interne ou induite	Diminution de l'effectif des populations biologiques	Permanent	Direct	B
			Nuisances sonores	Eloignement de la faune sensible (avifaune)	Perte d'habitat	Permanent	Direct	B
			Augmentation des vibrations	Inhibition des comportements de dispersion	Isolement des populations biologiques	Permanent	Direct	M
			Augmentation des microturbulences	Propagation accrue des propagules d'espèces généralistes aux invasives ou de parasites	Banalisation des milieux (Augmentation de la résilience)	Permanent	Direct	M
1.4		Pollutions chroniques liées à l'exploitation de l'infrastructure	Pollution par les hydrocarbures (routes et autoroutes seulement)	Bioaccumulation dans la chaîne alimentaire	Perte de succès reproducteur (effet génotoxique chez le xénope) Diminution de l'effectif des populations biologiques	Permanent	Direct	M
				Mortalité de communautés végétales	Diminution de l'effectif des populations biologiques voir disparition d'espèces Banalisation des écosystèmes	Permanent	Direct	M
			Pollution par les éléments métalliques traces	Bioaccumulation dans la chaîne alimentaire	Perte de succès reproducteur (si présence de plomb parmi habitst des amphibiens) Diminution de l'effectif des populations	Permanent	Direct	B

	Phase ou opération	Perturbation	Effets	Sensibilité du milieu naturel	Impacts sur le milieu naturel	Temporalité de l'impact	Type d'impact	Appréciation des conséquences écologiques
					biologiques			
1.5		Mise en sécurité des voies	Clôture partielle (autoroutes) ou systématique (LGV) des voies	Effet de barrière net	Isolement des populations biologiques	Permanent	Direct	B
				Mise en place de couloirs de déplacements inadaptés (voir mortalité hors habitats favorables)	Diminution de l'effectif des populations biologiques	Permanent	Direct	M
2	Gestion							
2.1		Entretien des dépendances vertes	Gestion par produits phytosanitaires	Mortalité de communautés végétales	Perte d'habitat	Temporaire		
			Gestion extensive	Colonisation des accotements par des espèces généralistes voire invasives	Perte d'habitat Diminution de l'effectif des populations biologiques	Temporaire		
			Attraction de micromammifères au sein des dépendances vertes	Attractivité des prédateurs	Mortalité induite de la faune	Temporaire		
2.2		Gestion des passages à faune	Fermeture par végétalisation importante des écoponts	Modification des comportements de dispersion	Isolement des populations Diminution de la taille de l'habitat	Temporaire		

	Phase ou opération	Perturbation	Effets	Sensibilité du milieu naturel	Impacts sur le milieu naturel	Temporalité de l'impact	Type d'impact	Appréciation des conséquences écologiques
			Fermeture par accumulation de dépôts	Modification des comportements de dispersion	Isolement des populations Diminution de la taille de l'habitat	Temporaire		
			Fréquentation humaine	Modification des comportements de dispersion	Isolement des populations Diminution de la taille de l'habitat	Temporaire		
2.3		Entretien de bassins autoroutiers (réseau routier seulement)	Pas de curage des bassins	Accumulation de matière organique	Perte d'habitat Diminution de l'effectif des populations biologiques	Temporaire		
				Accumulation de polluants	Perte d'habitat Diminution de l'effectif des populations biologiques Mortalité accrue	Temporaire		
3	Après mise en service							
3.1		Remembrement agricole	Arrachement de haies		Perte d'habitats Diminution de la connectivité entre les habitats Isolement des populations biologique	Permanent	Induit	M
			Drainage des sols cultivés	Modification des paramètres physico-chimique du système	Perte d'habitat Dégradation des habitats	Permanent	Induit	M
			Intensification des pratiques	Modification des paramètres physico-chimique du système Réorganisation spatiale du paysage	Perte d'habitats Diminution de la connectivité entre les habitats Isolement des	Permanent	Induit	M

	Phase ou opération	Perturbation	Effets	Sensibilité du milieu naturel	Impacts sur le milieu naturel	Temporalité de l'impact	Type d'impact	Appréciation des conséquences écologiques
					populations biologique			
3.2		Urbanisation	Développement de ZAC à proximité des échangeurs	Réorganisation spatiale du paysage	Perte d'habitats Diminution de la connectivité entre les habitats Isolement des populations biologique	Permanent	Induit	M

2.2.2 LA FRAGMENTATION DES MILIEUX

Avec la perte d'habitats, la fragmentation de l'habitat est une cause majeure de l'érosion de la biodiversité (Dobson, 1996). Comme nous avons pu le décrire plus haut (cf partie 2), la fragmentation de l'habitat désigne le processus qui conduit à l'isolement progressif d'entités paysagères dont les caractéristiques sont susceptibles de répondre aux exigences écologiques des espèces qui les fréquentent.

Bien entendu, la fragmentation de l'habitat peut être le fruit de processus physiques non-anthropiques : mise en place de barrières naturelles telles que les chaînes montagneuses pour les espèces de plaines ou de collines et le réseau hydrographique pour les espèces terrestres, distribution en taches d'habitats liée aux conditions pédologiques et climatiques (mares temporaires pour les amphibiens, site de ponte pour espèces spécialisées). Ainsi d'une manière générale, la fragmentation naturelle des habitats répond à des processus longs. Les espèces expriment donc des stratégies qui sont le fruit d'une sélection naturelle et progressive des adaptations comportementales les plus aptes à permettre leur survie.

Il existe d'autre part une fragmentation de nature anthropique. C'est de ce type de fragmentation que nous traiterons dans ce document. Cette dernière s'inscrit dans un temps court, celui de la dynamique des activités humaines. Conduisant à une modification brutale de l'équilibre dynamique des écosystèmes, cette fragmentation anthropique des habitats nuit considérablement aux capacités de survie des espèces.

2.2.2.1 Réduction du brassage génétique des populations biologiques suite à l'implantation d'une infrastructure de transport

La mise en place d'infrastructures de transport terrestre participe de manière considérable à la fragmentation anthropique des écosystèmes. L'influence cette fragmentation s'étend sur l'ensemble du territoire français. De plus elle est organisée en réseau plus ou moins dense selon les régions (cf partie 1) qu'elles desservent.

La densification de ces réseaux de transport conduit à l'accroissement progressif de l'isolement des populations animales par limitation des échanges génétiques.

En effet, les ITT peuvent être un facteur limitant la dispersion des espèces animales se déplaçant au sol : bon nombre d'espèces évitent de traverser ce milieu qui est perçu comme hostile (Yanes, 1995). La diminution voire l'absence d'échange entre les individus inféodés à des habitats séparés par une autoroute ou une LGV conduit inévitablement à l'isolement progressif voire définitif des populations biologiques auxquelles appartiennent ces individus. Une population animale isolée et de taille réduite sera soumise à un appauvrissement génétique par phénomène de dérive (*genetic drift*) (Reed, 2004). Ce phénomène conduira à l'augmentation du taux de consanguinité au sein de cette population et, de ce fait, à l'augmentation de son risque d'extinction par diminution du succès reproducteur des individus. De plus, il faut rappeler que les petites populations sont soumises à de fortes variations de leur effectif au cours du temps (Reed & Hobbs, 2004). Dans le cas où les effectifs de ces petites populations ne se seraient pas

augmentés ponctuellement par l'arrivée d'individus extérieurs, le risque d'extinction pour ces dernières est accentué (Richards, 2000). Ces propos peuvent sembler théoriques. Cependant, l'analyse moléculaire et enzymatique de certaines populations a démontré l'existence d'une substructuration génétique pouvant s'expliquer par la présence de routes.

Keller *et al.* (2004) ont démontré que la fragmentation récente d'un îlot forestier en Suisse par deux routes principales et une autoroute a conduit à la différenciation génétique d'une population abondante de carabiques forestiers *Abax parallelepipedus* se déplaçant au sol.

L'étude de l'ADN nucléaire du campagnol roussâtre *Clethrionomys glaeolus* dans la région germano-suisse du lac Constance nous montre que les vieilles barrières naturelles telles que le Rhin n'expliquent pas toute la différenciation génétique au sein des populations de campagnols roussâtre : une différenciation génétique statistiquement significative s'exprime parmi les populations lorsque le paysage est traversé par des infrastructures de transport (une route large de 10 m, une voie de chemin de fer large 6 m et une autoroute large de 50 m) vieilles de 25 ans (Gelarch & Musolf, 2000).

Hartl *et al.* (2004) ont étudié la structuration génétique des populations locales de cerfs élaphe (*Cervus elaphus*) en France. Les marqueurs génétiques utilisés par cette équipe de recherche ont permis de mettre en évidence une différenciation génétique considérable entre les populations, et ce à une petite échelle géographique. Hartl *et al.* précisent que la différenciation génétique des populations locales de cerfs est plus grande dans les forêts de la région parisienne que dans les massifs forestiers des Vosges. Selon ces auteurs, la fragmentation récente des paysages conduit bien à l'isolement des populations. Ce phénomène est accentué avec la densification des réseaux d'infrastructures de transport.

2.2.2.2 Paramètres définissant l'intensité de l'effet de barrière : influence des réseaux de transport étudiés

A la manière d'une barrière, les infrastructures linéaires diminuent le déplacement des spécimens qui tentent de la traverser et renforce le déplacement de ceux qui la longe. L'utilisation des termes « effet de barrière » a été formalisé dans le rapport de la France pour l'action 341 du COST. Dans ce document, l'effet de barrière est défini comme la probabilité qu'un organisme, arrivé au bord d'un élément du paysage, ne le traverse pas (Verboom, 1995). Cette définition rejoint celle donnée à la résistance des éléments de la mosaïque paysagère (voir partie 2).

On doit cependant se poser les questions suivantes afin d'évaluer le degré de l'effet de barrière sur les populations biologiques :

- *Quels paramètres influent sur cet effet de barrière ? Est-il possible d'évaluer l'importance de ces paramètres sur les espèces dans le but de définir le degré d'imperméabilité aux déplacements liés aux ITT ?*
- *Peux-t-on conclure à une différence du degré d'imperméabilité entre les réseaux ferré et routier ?*

❖ Quels paramètres influencent l'effet de barrière ?

Trois facteurs d'influences majeures agissent sur l'importance de l'effet de barrière des réseaux routier et ferré (Bennett, 1991) : la largeur de l'étendue découverte entre les habitats favorables situés de part et d'autre de l'infrastructure, la mobilité relative et le comportement de dispersion des animaux, l'importance du contraste entre l'élément barrière et les milieux adjacents

Chacun de ces facteurs a une influence sur l'inhibition de comportement de traversée des animaux. Il reste pourtant difficile de déterminer lequel de ces facteurs aura une influence prépondérante sur l'inhibition de ce comportement. L'exercice est encore plus difficile quand il s'agit de quantifier l'influence de ces facteurs ; l'approche restant le plus souvent qualitative voire instinctive. Une connaissance accrue sur ce point est pourtant d'une grande importance car elle pourrait permettre de mieux comprendre l'influence des structures du paysage sur le comportement de dispersion des espèces, de mieux évaluer les paramètres écologiques (attractivité de certains habitats, limitation des ressources dans les habitats exploités,...) ou d'origine anthropique (influence des perturbations liées aux activités humaines) qui incitent les espèces à traverser des milieux hostiles,... Des recherches scientifiques visant à expliciter l'influence de certains paramètres sur l'effet de barrière serait un atout majeur pour valider certaines hypothèses actuelles.

❖ Existe-t-il une différence entre les réseaux de transport ?

Bien que des données permettant de quantifier avec précision l'effet de barrière engendré par les infrastructures de transport terrestre ne soient pas disponibles, il est cependant envisageable d'évaluer les différences de l'effet de barrière entre les réseaux routiers et les réseaux ferrés par une approche qualitative.

Pour la plupart des taxons, la **nature du revêtement de la chaussée** semble avoir une influence mineure. Cependant Van der Zande *et al.*(1980) affirme qu'il existe un effet de barrière pour les papillons de jour expliquée le micro-climat extrême régnant au-dessus de l'asphalte. La colonne ascendante d'air chaud se formant la journée peut fortement perturber leur vol. De plus, une route goudronnée constitue une barrière thermique totale pour les insectes marcheurs comme les carabes (Vermeulen, 1995). Cet effet de barrière est certainement de moindre importance pour le réseau ferré (ballast contre bitume). De plus le ballast du réseau ferré courant ménage des interstices entre les granulats et des espaces sous les rails ce qui peut permettre la traversée ou le refuge d'espèces de taille petite à moyenne (insectes, amphibiens, reptiles). Dans le cas des LGV, le ballast est trop compacté pour laisser apparaître des espaces sous les rails (Claveri, com. Pers. ; COST 341, 2001).

Concernant le réseau routier, le **salage** apparaît dissuasif à la traversée des amphibiens (Forman et Alexander, 1998). Ce type de pratique est absent dans le cas des réseaux ferrés.

Le **vide entre les habitats** de chaque côté de l'infrastructure est estimé comme le facteur le plus important dans l'inhibition des mouvements de mammifères (Oxley *et al.*, 1974, in Bennett 1991). Or l'emprise des lignes de chemins de fer est moins large, en moyenne 20 m de clôture à clôture pour le TGV, que celle du réseau autoroutier, généralement 50m pour une autoroute moyenne à 2x2 voies).

Dans la suite de l'étude, les différences liées au trafic et aux clôtures seront détaillées.

2.2.2.3 La fragmentation liée aux changements d'occupation du sol.

La perméabilité des éléments du paysage aux dispersions biologiques peut être explicitée par une valeur de résistance (cf Partie 2). Certains éléments de la mosaïque paysagère peuvent limiter le déplacements des espèces : la valeur de leur résistance aux dispersions sera alors plus grande. Une augmentation des milieux hostiles par une modification des pratiques humaines aux abords des infrastructures, modification induite par ces dernières, peut alors conduire à une augmentation de la fragmentation des paysages. Cette fragmentation, conséquence d'une réorganisation totale de l'espace biologique, est expliquée aussi par la disparition d'habitats d'espèces et par la destruction d'unités du paysage, les corridors biologiques, facilitant le mouvement des espèces.

❖ Les remembrements en zone agricole (Bérion, com. pers.)

La base législative des remembrements agricoles postérieurs à l'implantation de grandes infrastructures de transport terrestre est la l'article 10 de la loi n°62-933 du 8 Août 1962, complémentaire à la loi d'orientation agricole. Cet article stipule que les grands ouvrages fixes (centrale nucléaire, pont, gare, autoroutes, LGV,...etc.) qui ont une emprise conséquente sur les terres agricoles doivent financer de mesures compensatoires de type remembrements et travaux connexes.

Le préfet de département, représentant de l'Etat, doit veiller à la bonne conduite de cette procédure. Une Commission Communale d'Aménagement Foncier (CCAF) est alors mise en place. Elle comprend des représentants de la propriété foncière non bâtie de la région, des représentants de la profession agricoles, des représentants de la profession agricole et depuis peu des PQPN (Personnes Qualifiées pour la Protection de la Nature). Autrefois ces PQPN étaient souvent des présidents de sociétés de Chasse ; les néo-ruraux n'ayant généralement pas accès à ce type de commission. Cependant, les choses ont tendance à évoluer sous l'influence de groupes tels que l'association France Nature Environnement par exemple. Cette commission est présidée par un magistrat du tribunal d'instance ; généralement c'est un clerc qui est présent. La présence d'un juge se révèle parfois être nécessaire dans les zones à fort enjeux économiques comme les vignobles.

La question principale que se pose cette commission est la suivante : *Veut-on procéder à un réaménagement foncier compensatoire ?* Dans le cas d'une réponse positive, les communes peuvent choisir entre deux procédures (Baszynski *et al.*, 2005):

1. **Le remembrement avec exclusion de l'emprise** : dans ce cas, l'emprise est exclue du périmètre remembré et les prélèvements des surfaces nécessaires sont supportés uniquement par les propriétaires touchés qui sont indemnisés au cas par cas. La société concessionnaire opère alors l'aménagement foncier d'un périmètre proche de l'emprise et correspondant environ à cinq fois la superficie de celle-ci (pour A39, APRR a remembré une surface équivalente à neuf fois l'emprise agricole). Ce type d'intervention est retenu lorsque les propriétaires préfèrent vendre leur bien plutôt que de s'en voir restituer une partie et lorsque les conditions de regroupement du parcellaire ne permettent pas d'améliorer les

conditions initiales. Cette solution permet de remembrer 10 fois la surface agricole amputée par le projet initiateur de la procédure : si 10 ha de terres agricoles sont prélevées par l'implantation d'une autoroute, 100 ha feront l'objet d'un remembrement compensatoire. Cette solution nécessite une convention cadre (existence d'une grille d'achat des terrains par exemple).

2. Le remembrement avec inclusion d'emprise : Dans cette procédure, l'emprise est incluse dans le périmètre à réaménager dont la superficie est portée à environ vingt fois (seize fois pour A39) la hauteur du prélèvement effectué, ce qui offre de bonnes possibilités de restructuration. En outre, pour optimiser l'opération, les Conseils généraux financent généralement un remembrement complémentaire pour les superficies restantes. Tous les propriétaires inclus dans le périmètre participent à la ponction effectuée pour les besoins de l'emprise, chacun acceptant de donner un peu pour éviter que quelques-uns ne soient trop lourdement pénalisés. Il s'agit en priorité d'espaces agricoles qui, soit n'avaient pas été remembrés antérieurement, soit sont mis en valeur par de grosses exploitations agricoles soucieuses de regrouper leur parcellaire. Il s'agit donc d'une démarche collective et solidaire. Le fruit de la vente des parcelles peut permettre le financement d'aménagement connexes : arrachement de haies, plantation de haies de compensation, mise en place de nouveaux fossés,...). Ce type de remembrement permet de limiter la déstructuration parcellaire mais il est aussi soumis à des prélèvements fonciers (chemins, mesures compensatoires paysagères) à hauteur de 1% de surfaces remembrées.

TABLEAU 8 : ORGANISATION DU REMEMBREMENT AGRICOLE INDUIT PAS LE PASSAGE DE L'A 39 (D'APRES , BASZYNSKI ET AL., 2005)

Procédures de remembrement	Exclusion des emprises	Inclusion des emprises	Complémentaire
Département principalement impliqué	Ain	Jura et Saône-et-Loire	Jura et Saône-et-Loire
Nombre de communes impliquées	15	20	
Surface de l'emprise (ha)	405	382	0
Surface des zones remembrées (ha)	4 000	6 000	6 600

Les impacts environnementaux liés aux remembrements sont nombreux

Conclusions : Les impacts induits liés aux changements d'occupation du sol ne font pas l'objet d'une évaluation lors de la procédure d'E.U.P. Ces changements d'occupation participent cependant à la restructuration des paysages.

2.2.2.4 Présentation de mesures proposées et analyse de la limite de leur efficacité :

Au regard de ces éléments nous pouvons conclure que les grandes infrastructures se positionnent dans la plupart des cas comme des barrières infranchissables par la faune. Leur imperméabilité peut être expliquée soit par la largeur des infrastructures et le trafic qu'elles soutiennent (facteurs dominants pour les autoroutes) soit par les clôtures systématiquement mises place pour assurer la sécurité des voies (Guerrero, com. Pers. ; COST 341, 2001) et réduire la mortalité de la faune (facteur dominant pour les LGV).

Les maîtres d'ouvrage doivent mettre en place des aménagements permettant de rétablir au maximum les continuums écologiques nécessaires à la viabilité sur le long-terme des populations biologiques impactées par le projet d'infrastructure de transport.

La mise en place de passage à faune est communément recommandée par les bureaux d'expertises des milieux naturels. L'implantation de passages à faune constitue une **mesure de réduction** visant à limiter l'isolement des populations, en d'autres termes à rétablir une transparence suffisante de l'infrastructure vis-à-vis du déplacement de la faune.

La recommandation de cette mesure par les bureaux d'expertise des milieux naturels aux maîtres d'ouvrage doit être justifiée par le contexte écologique et le statut réglementaire des milieux dans lequel s'inscrit le projet. Cette recommandation doit généralement répondre aux questions suivantes :

- quels processus biologiques doivent être rétablis par le passage à faune (reconnexion de zones de nourrissage, reconnexion de zones de reproduction, conservation de couloirs de migration,... etc.) ?
- quelles sont les espèces ciblées par la mise en place de cette mesure ?

La réponse à ces questions définira les types de passages à faune à mettre en place dans le secteur étudié. Il en existe de nombreux pouvant être classés en huit catégories différentes. Nous présentons le tableau de synthèse suivant élaboré par M. Carsignol du CETE de l'Est.

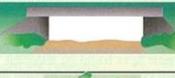
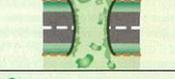
Type de passage	Caractéristiques		
Passage simple		Type I conduit ou simple dalot	Busse 400 à 2000
Passage spécialisé amphibiens		Type II passage à batraciens	Passages multiples associés à un dispositif de collecte
Passage mixte		Type III passage hydraulique mixte de petite dimension	Pont cadre ou ovoïde associé à un marchepied
Passage agricole ou forestier		Type IV passage agricole ou forestier de dimensions mini	Usage mixte - dimension réduite de 1 à 8 m
Passage inférieur grande faune		Type V passage inférieur grande faune	anché
Passage supérieur grande faune		Type VI écopont, pont vert, pont végétalisés	anché
Viaduc		Type VII passage sous viaduc	anché
Faux tunnel		Type VIII couloir écologique	Tranchée couverte

Fig 12 – Illustration de synthèse des différents types de passages à faune (source : Carsignol, CETE de l'Est)

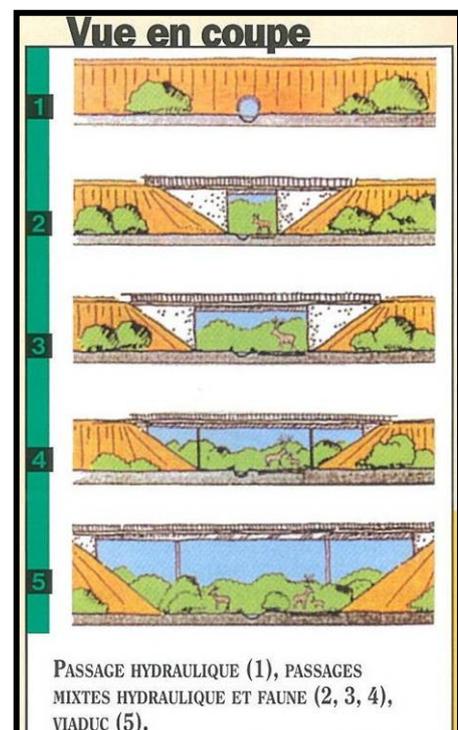


Fig 13 – Schéma en coupe des aménagements de transparence hydraulique : couplages éventuel avec les passages à faune (source : Carsignol, CETE de l'Est)

Une fréquence d'implantation des passages de 300 m est généralement recommandée lorsque l'infrastructure traverse des milieux dit ordinaires (SETRA, 2005). Le degré d'exigence concernant la fréquence d'implantation et la nature des passages à faune doit être, de manière générale, augmenté et spécifiquement adapté lorsque l'infrastructure de transport impacte un milieu naturel sensible ayant un statut réglementaire particulier : il peut alors être recommandé de placer des passages pour amphibiens tous les 30 m ou bien de construire un écopont de 40 m de large. Ces valeurs sont celles recommandées par le « *Guide technique des aménagements pour la petite faune* » publié par le SETRA. Il n'existe pas à notre connaissance de recensement exhaustif de l'ensemble des passages à faune sur le territoire français. Des études spécifiques concernant l'analyse spatiale des habitats, l'analyse des caractéristiques des populations, l'identification des domaines vitaux des individus doivent être engagées dès les études préliminaires dans le cas d'une mise en place de tels aménagements.

Concernant la mise en place de ces mesures visant à rétablir la transparence des écosystèmes, nous pouvons formuler des limites concernant la validité et l'efficacité de leur mise en œuvre :

- L'importance de l'échelle spatiale pour mettre en évidence l'existence de corridors d'importance régionale.
- La mise en place de passage fixe les couloirs de déplacements des espèces animales terrestres. Les comportements de déplacement sont fortement liés à l'organisation spatiale des unités écologiques. Cette organisation spatiale est soumise à une évolution dynamique, accentuée de surcroît par le passage de l'infrastructure (remembrement, développement de l'urbanisme, ...)
- La mise en place de ces passages répond à des critères biologiques et des critères techniques parfois difficiles à concilier. Bien que le cahier des charges doive être le plus précis possible, il existe encore des incohérences entre les recommandations faites par les bureaux d'étude environnementaux et les mesures réellement réalisées sur le terrain lors de la phase de chantier. Des passages peuvent être déplacés de plusieurs dizaines, voire centaine de mètres par rapport aux préconisations initiales pour différentes raisons (techniques, coût, ...), des passages en buses dimensionnés pour permettre le passage des blaireaux par exemple peuvent être remplacés par de buses de dimensions inférieures (Gerbeaud-Maulin, com.pers.) : dans ces différents cas, les mesures perdront toute leur efficacité.
- Le suivi de l'efficacité de ces passages n'est pas suffisant : le nombre de suivis sur le long terme sont très peu nombreux, de plus les pièges à traces nécessitent un suivi régulier identification de l'espèce est possible, l'identification de l'individu elle ne l'est pas : le vidéo- et le photo-piégeage semble être solution alternative intéressante. Ces études ne doivent pas servir à promouvoir l'efficacité des passages d'exception. Une démarche scientifique et comparative doit être menée afin d'estimer l'efficacité réelle de l'ensemble des passages.
- Se pose aussi le problème de la gestion à long-terme des passages : si l'entretien n'est pas régulier certains passages sont amenés à se fermer du fait du développement de la végétation aux abords ce qui réduirait considérablement leur efficacité

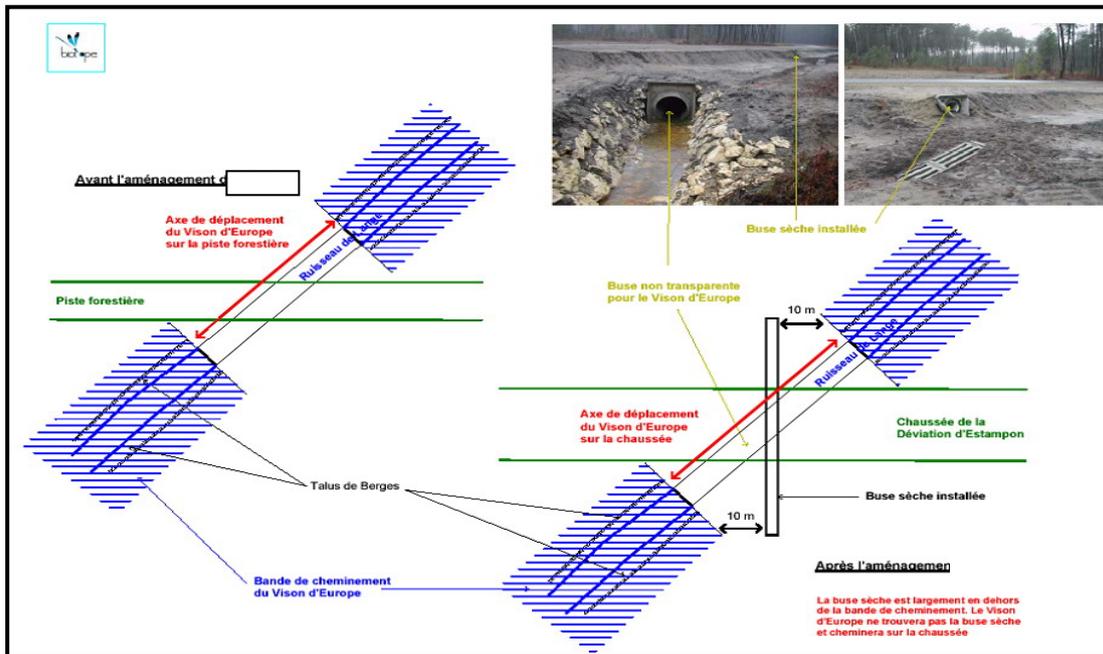


Fig 14 – Exemple de discordance entre les exigences écologiques des espèces et les aménagements mis en place : cas d'un passage hydraulique sensé être aménagé pour la loutre (BIOTOPE – GREIGE, 2005)



Fig 15 – Ouvrage de transparence hydraulique mise en place sur un tracé (Source : Biotope)

Cet ouvrage aurait du être aménagé par le passage des loutres Lutra lutra. Cependant l'absence de banquette sèche et la déviation du cours d'eau selon un axe perpendiculaire au tracé rendent cet ouvrage inapte au passage de l'espèce ciblée



Fig 16 – Exemple d'ouvrage de transparence hydraulique pouvant être emprunté par les loutres. (Source : Biotope)

Les banquettes sèches en forme de marches permettent à l'espèce ciblée de traverser l'infrastructure même si le niveau du cours d'eau s'élève

Dans la partie suivante (cf Partie 4) nous proposerons des pistes de recherches visant à améliorer les connaissances sur l'utilisation par la faune de ces passages et sur les moyens pour évaluer leur efficacité. Nous traiterons en particulier des paramètres qui influencent le passage de la faune sauvage, de l'utilisation différenciée dans le temps des passages à faune, des possibles modifications des relations proie-prédateurs, sur l'efficacité des passages pour permettre le brassage génétique des populations.

2.2.3 LA MORTALITE DE LA FAUNE LIEE AUX INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

La fragmentation des paysages par les infrastructures de transport peut expliquer une modification comportementale des espèces aux abords de l'autoroute (évitement) mais aussi les échecs des tentatives de traversée lors des collisions avec les véhicules, des écrasements ou des noyades dans le cas des canaux.

Nous avons décidé de traiter la mortalité de la faune sauvage dans une partie distincte de celle concernant la fragmentation pour les raisons suivantes : la mortalité a une influence à court terme sur l'effectif des populations, elle est liée à des processus comportementaux particuliers comme les tentatives de dispersion des jeunes ou le repositionnement des zones de chasse vers les accotements routiers pouvant fortement influencer la structure des populations, par exemple en modifiant la répartition au sein des classes d'âges.

La mortalité de la faune liée aux infrastructures de liaison que sont les autoroutes, les LGV et les canaux s'expliquent principalement par les collisions avec les véhicules ou les locomotives, et plus ponctuellement par les électrocutions sur les caténaires des voies ferrées (Claverie, G., com. pers) ou par les noyades dans les canaux. D'autres types de mortalité plus anecdotiques existent à proximité des infrastructures routières de moins grande envergure : collision avec des murs anti-bruit en plexiglas transparent, noyade dans des bassins routiers de décantation (DDE 35, in. Jaworski).

2.2.3.1 Les collisions avec les véhicules : cause principale de mortalité chez certaines espèces

La mortalité par collision est une cause importante de mortalité pour la faune sauvage. Elle peut même pour certaines espèces être reconnue comme la cause principale de leur mortalité. D'après Bennett (1991), la mortalité routière exercerait une influence significative sur les petits mammifères, notamment pour les hérissons dont une étude anglaise montre que l'effectif des populations a chuté de 30 % près des routes (Huijser et Bergers, 2000). Un recensement exhaustif de la mortalité de loutre *Lutra lutra* en Allemagne a, d'autre part, montré que parmi les 1067 loutres retrouvées mortes près de 70% d'entre elles sont décédées directement ou indirectement d'une collision routière (Hauer et al., 2002). D'après les auteurs, les mâles et les femelles sont touchés indistinctement par ce type de mortalité. Il n'existe pas non plus de différence significative du taux de mortalité routière entre les jeunes individus et les plus âgés.

Les populations de blaireaux *Meles meles* ne sont pas non plus épargnées (Clarke *et al.*, 1998). La mortalité liée aux infrastructures est la cause principale des décès comptabilisés en Bretagne (Creswell, 1989). Des méthodes permettent d'estimer à 50000 le nombre de spécimens de blaireaux morts sur les routes chaque année (Clarke et al., 1998) à partir de données récoltées dans le milieu des années 1980.

2.2.3.2 Différences de la mortalité selon le réseau autoroutier et le réseau ferré

Les recensements réalisés dans le but d'évaluer la mortalité de la faune sauvage sur les autoroutes nous donnent une idée approximative des taxons les plus touchés.

Une évaluation de la mortalité des insectes a été réalisée dans la région de Fontainebleau (département, 77) (Chambon et al., 1991 ; in COST 341, 2001). L'impact maximum sur l'entomofaune a eu lieu un après-midi de la fin du mois de juin pour un véhicule roulant à 90 km/h. Dans ce cas l'impact estimé était de 164 spécimens écrasés par km. Une extrapolation à l'ensemble du pays a été évaluée, par les auteurs, à 3 millions d'individus tués par an et par voiture équivalant à une masse annuelle de 120 à 200 tonnes par voiture.

Conclusion : La mortalité sur les routes est plus importante que sur les voies ferrées (et ce en raison de la fréquence du trafic et de la mise en sécurité des voies. Ce constat justifie qu'une attention plus grande dans notre document.

2.2.3.3 Recenser la mortalité par collisions de la grande faune pour limiter l'insécurité routière

La mortalité de la faune par collisions conduit à un **risque conséquent d'insécurité routière**. En 2001, 31 personnes ont perdu la vie sur le réseau routier de France métropolitaine à la suite d'une collision avec un grand ongulé (cerfs, chevreuils, sangliers). En 1974, on estimait à 1790 le nombre de ces animaux tués par collisions sur l'ensemble du réseau routier national. Un second recensement, réalisé à l'échelle nationale sur 3 ans (1984-1986) et sous la coordination de la Direction des Routes, estime la perte d'effectif de la faune sauvage sur les routes à 11 055 individus¹⁴.

Cette tendance à l'augmentation de la mortalité par les ongulés est confirmée par un recensement partiel réalisé entre 1993-1994 (SETRA, 1998). Les éléments suivants de ce recensement peuvent être retenus :

- ✓ le nombre de collisions a été multiplié par 3 par rapport au recensement précédent,
- ✓ la plupart des collisions de grands ongulés ont lieu sur les routes départementales, mais le pourcentage des collisions sur les autoroutes augmente d'environ 12 points (6,8 % à 18,3%)
- ✓ les accidents se produisent en forêt mais aussi en zone agricole, ce qui rend leur prévention difficile.

L'augmentation de la mortalité routière chez les ongulés peut être reliée à l'augmentation de l'ensemble du trafic mais aussi à une augmentation dans certaines

¹⁴ « En réalité, les pertes constatées doivent être majorées par un coefficient multiplicateur de 2 pour les sangliers et les cerfs et de 5 pour le chevreuil, pour tenir compte des animaux morts et emportés, des animaux blessés et non retrouvés. » (SETRA, 2003)

régions de l'effectif des populations d'ongulés, gérées artificiellement par les organismes de chasse.

2.2.3.4 Mieux comprendre les causes de mortalité de la faune sur les routes pour préserver la biodiversité

Conscients depuis quelques années de la nécessité d'évaluer avec précision la part de cet impact de mortalité par collision), les partenaires (maîtres d'ouvrage, ONCFS, associations de protection de la nature) se sont associés dans le but de conduire des recensements de cette mortalité. L'essentiel des études a été réalisé dans le domaine autoroutier : A36 (E.P.A 1986 ; Jouveniaux, 1987 ; Waechter et Schirmer, 1987) et A31 (CETE de l'Est, 1988) bien que la majorité de cette mortalité ait lieu sur les linéaires de moindre importance (COST 341, 2001).



Fig 17 – Chouette effraie *Tyto alba* morte par collision. (Source : European COST 341)

Pour certaines espèces comme le renard Vulpes vulpes, le nombre d'individus morts par collisions sur le réseau routier semble proportionnel à la taille de la population locale (Baker et al., 2004). Pour d'autres espèces telles que la chouette effraie Tyto alba le taux de mortalité est indépendant de la taille des populations et doit être relié à l'écologie comportementale des espèces (Baudvin, 1998)

Les dénombrements conduits lors de ces recensements ont une limite majeure : la non exhaustivité des données récoltées (les animaux morts). En effet, l'auteur signale que :

- des animaux mortellement blessés peuvent quitter les emprises ;
- des cadavres disparaissent dans la végétation et les talus,
- des oiseaux peuvent rester accrochés aux véhicules,
- les cadavres peuvent être emportés par les charognards.

Ces dénombrements nous donnent cependant un accès à des informations intéressantes concernant les paramètres agissant de la mortalité routière. A priori, il convient de distinguer 3 types de mortalité faunistique sur les routes (COST 431, 2001) :

❖ **la mortalité interne**, alimentée par les animaux se reproduisant dans les emprises de l'autoroute (généralement au sein des dépendances vertes, comme la Bergeronnette grise, les Rouge-queue noirs et dans une moindre mesure certains micromammifères).

❖ **la mortalité induite**, affectant diverses espèces attirées par les opportunités de chasse qu'offre l'autoroute au sein de ces dépendances vertes (présence de micromammifères), près des lampadaires (attraction de certains

insectes nocturnes), près de la chaussée (présence d'animaux morts). Sont alors touchés des chauves-souris, des rapaces nocturnes, des corvidés et des mammifères carnivores.

❖ **la mortalité externe** qui concerne des espèces dont les populations sont réparties de part et d'autres de l'infrastructure de transport. Les individus de ces espèces peuvent être touchés par cette mortalité lors d'activités que l'infrastructure de transport est venue perturber : domaine vital traversé, essaimage des jeunes, axe migratoire interrompu,...

Le calcul d'indice comparatif de mortalité a permis de mettre en exergue, de nombreuses variations de la mortalité, et ce quelque en soit le type. Ces variations peuvent être interannuelles ou bien saisonnières. Il est possible d'expliquer ces variations grâce aux facteurs suivants :

- les **rythmes d'activités biologiques** des espèces impliquées (établissements des couples et des territoires au printemps, essaimage des jeunes en été par exemple,...) ;
- **effets du climat** sur les rythmes d'activités : les radoucissements hivernaux provoquent des pointes de mortalité (COST, 341) ;
- des fluctuations liées au **trafic** automobile.

Conclusions : La mortalité de la faune à cause des ITT est liée à deux processus distincts : 1) la mortalité par attraction des ITT qui est du au modification de la structure du paysage après leur réalisation et 2) la mortalité liée aux paramètres démographiques : effet de barrière par rapport à la dispersion des individus. Ces effets sont connus mais les impacts ne sont pas toujours correctement évalués. Il n'y a pas suffisamment de réflexions pour les réduire. Beaucoup d'aménagements ont été réalisés pour les grands mammifères mais il y a finalement peu de retour sur leur efficacité et lorsque les retours existent les résultats sont mitigés.

2.2.4 LES DÉPENDANCES VERTES DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT TERRESTRE

Le terme « dépendances vertes » est utilisé pour désigner les espaces verts présents au sein d'un aménagement et nécessitant une gestion de la part de l'homme. Dans le cas des réseaux de transport, ces dépendances vertes font parties intégrantes de l'infrastructure. La surface, en France, des dépendances vertes liées aux infrastructures de transport terrestre (25 000 ha pour le réseau autoroutier, 320 000 ha pour l'ensemble du réseau routier) mais aussi leur continuité sur des centaines de kilomètres liant des espaces autrefois isolés, leur habillage végétal et leur voisinage avec des milieux variés en font des milieux potentiellement intéressants du point de vue écologique.

2.2.4.1 Mode de gestion des dépendances vertes

Le choix du mode de gestion de ces dépendances se place, du point de vue de l'aménageur, entre le confort des voyageurs, l'aspect esthétique, la facilité d'intervention, la visibilité et la stabilité des panneaux et glissières.

Cependant les dépendances vertes, milieux de transition entre la route et le paysage environnant, constituent des espaces de refuge et de circulation pour la petite et la moyenne faune sauvage du fait de l'étroitesse des bandes (il est supposé que la grande faune utilise aussi ces zones comme couloirs de déplacements occasionnels) mais aussi pour des espèces dont les adaptations physiologiques leur permettent de s'implanter dans ces milieux aux conditions pédo-climatiques bien particulières.

Une abondante littérature (SETRA, 2005) montre les bénéfices d'une « gestion extensive » (Coumoul et Chavaren, 1992) des dépendances vertes d'infrastructures de transport sur le patrimoine végétal et les oiseaux. Cette notion de gestion extensive s'est développée en France dans les années 1980. La gestion extensive des milieux a pour idée de ne pas contrecarrer les dynamiques végétales par des fauchages systématiques et répétés et par un usage inconsidéré de désherbants. Le terme de gestion différenciée des dépendances vertes est aujourd'hui plus approprié car elle suggère un entretien modulé (SETRA, 2005) : intensif près de la voie et aux abords des échangeurs (Gasser et al, 1999), plus réduite sur les dépendances (fauchage tardif ou abandon du fauchage). Cette gestion a été initiée dans le domaine, il y a maintenant plus de 20 ans par les Autoroutes du Sud de la France (ASF).

2.2.4.2 Les dépendances vertes comme zone refuges pour certaines espèces

Les emprises peuvent constituer un milieu complémentaire ou refuge important pour certaines espèces. Cet effet de refuge a pu être démontré dans les dépendances à proximité de zones agricoles ; où des processus impliquant la complémentarité des habitats ont été mis en avant (Meunier *et al*, in « Routes et faune sauvage 1998 »).

Une étude conduite par le laboratoire de Chizé et le bureau d'études CERA-Environnement (1998) montre que :

- certains **rapaces diurnes** comme la buse variable, le Faucon crécerelle et le Milan noir utilisent les **emprises comme zones de chasse**. La densité des buses et des faucons a été notée par ces auteurs comme plus importante en hiver, en raison d'une plus grande disponibilité des proies (micromammifères) à cette période,
- l'**abondance des micromammifères** comme le Campagnol des champs, le Mulot sylvestre, la Musaraigne musette se maintient ou augmente dans les emprises jusqu'à l'automne (elle chute en effet pendant cette période dans les zones agricoles du fait des perturbations occasionnées par l'homme à cette période (moissons, labour,...)).

On peut alors se demander si ce phénomène de refuge s'exprime aussi dans des paysages traversés, autres que les paysages agricoles. L'étude menée, par le laboratoire de biologie et d'écologie des vertébrés de Chizé pour les Autoroutes du Sud de la France, sur les capacités de refuges des emprises autoroutières, nous permet de répondre en partie à cette question. Cette étude peut être qualifiée de pionnière car l'intérêt

écologique des bords de route, bien que reconnu par les aménageurs et une partie du grand public, a rarement fait l'objet d'étude scientifique objective en France (Baudry et al., 1995).

Dans l'impossibilité de mener une étude sur l'ensemble du réseau autoroutier de l'ASF, les auteurs ont fait le choix de retenir plusieurs sites. Les sites retenus correspondent aux districts de Niort, Langon, Orange. Sur chacun des sites, 3 tronçons d'étude long de 1km ont été choisis selon :

- une sélection des structures herbacées,
- une sélection des profils en travers (remblais, déblais et plat)
- une gamme de largeur d'emprise.

En ce qui concerne la diversité animale, l'analyse de leurs résultats permet aux auteurs d'affirmer pour leur contexte d'étude que :

- La différence du cortège faunistique entre le milieu extérieur et les emprises de l'autoroute est faible (moins de 10% dans la plupart des cas),
- La tendance à une augmentation de la biodiversité n'est pas valable pour tous les groupes, en particulier pour les oiseaux,
- La tendance varie dans certains contextes biogéographiques (elle s'inverse en garrigue par exemple),
- Cette tendance peut varier d'un secteur à l'autre sur un même district,
- Elle est influencée par les caractéristiques des emprises (largeur, profil, exposition, structure de la végétation, richesse floristique, mode d'entretien, saison).

Les auteurs ne précisent pas comment ces caractéristiques agissent sur la richesse spécifique. De plus, il convient de faire remarquer que les cortèges compris dans les deux compartiments (à l'intérieur des emprises et à l'extérieur des emprises) ne sont jamais identiques. Il existe cependant un taux d'espèces communes aux deux compartiments. Enfin, on remarque que les variations d'effectifs sont le plus souvent synchrones entre les compartiments mais ils ne sont pas de même amplitude (généralement le milieu extérieur enregistre une plus grande augmentation des effectifs lors des périodes favorables).

Conclusions : Ces éléments nous indiquent que les abords d'infrastructures, en offrant un milieu de vie complémentaire pour certaines espèces, permettent d'accueillir une biodiversité supplémentaire. Cependant, l'étroitesse des bandes nous permet d'émettre des doutes sur la viabilité à long terme des populations qui les fréquentent. En effet aucune étude scientifique n'a été conduite en France pour répondre à cette question. De plus les résultats obtenus lors de l'étude menée par le laboratoire de Chizé nous indiquent que les dépendances vertes attirent de nombreux micromammifères près des emprises des infrastructures. De part leurs structures les dépendances peuvent conduire à la mort par collisions de nombreux rapaces chassant en partie au sein de ces dépendances vertes. Nous rappelons que, d'après les derniers recensements sur la mortalité de la faune aux abords des autoroutes, les animaux les plus touchés par les collisions sont les rapaces nocturnes (Chouette effraie et Hibou Moyen-Duc) (SETRA, 1998).

2.2.4.3 Les dépendances vertes comme corridors biologiques pour d'autres espèces

Les emprises peuvent exercer une fonction de corridors pour des animaux se déplaçant à terre. Le déplacement des serpents (espèces non précisées) est particulièrement important le long des emprises. Meunier et al. (1998) ont noté un maximum de déplacement de 330 m par jour pour une espèce. De plus des carabes forestiers comme *Carabus purpuraescens* et *Nebria brevicolis* ont pu être capturés dans les emprises à plus de 1 km d'une forêt connectée à l'autoroute par un réseau de haie. Enfin une note d'information du SETRA, signale que de nombreuses collisions avec des grands mammifères se sont produites à proximité des dépendances vertes. Ce constat indique que la grande faune parcourt les dépendances d'infrastructures le long des clôtures de sécurité, et tente des traversées de l'infrastructure entre ces dépendances lorsqu'elle les juge propices à leur établissement ou lorsqu'une ouverture est présente dans la clôture.

Peu d'études scientifiques ont été conduites sur le thème de l'influence des autoroutes et des voies ferrées sur la dispersion de la flore indigène (Tikka et al., 2001 ; Zwaenepoel *et al.*, 2006). Ridley (1930, in Zwaenepoel *et al.*, 2006) a suggéré très tôt que les semences des plantes puissent être transportées par la boue attachée aux véhicules. Une étude réalisée sur des données collectées entre 1988 et 1989 dans une région suburbaine des Flandres (Belgique) nous indique que les semences de 33 espèces de plantes étaient contenues dans les boues agglomérées sur les automobiles (Zwaenepoel *et al.*, 2006). L'analyse de ces semences indique qu'elles proviennent des espèces les plus proches de la chaussée.

Zwaenepoel *et al.* précisent que deux hypothèses doivent être testées afin d'affirmer une quelconque valeur de conservation des habitats compris dans les dépendances vertes pour les espèces patrimoniales ou protégées :

- La dispersion sur de longues distances par l'effet de turbulence à l'arrière des véhicules a été démontrée pour un nombre limité d'espèces, principalement des espèces tolérantes au salage (Duvigneaud & Vasseux, 1991 in. Zwaenepoel *et al.*, 2006) et des espèces de prairies (Verkaar, 1990 in. Zwaenepoel *et al.*, 2006) ;



Fig. 18 – Le salage des routes peut entraîner la mort des populations végétales des bords de routes (COST 341, 2007).

- Les insectes pourraient interagir avec la reproduction des plantes en visitant à la fois les populations présentes au sein des dépendances et les populations plus isolées dans les habitats adjacents.

Malheureusement cette fonction de corridor est surtout, valable pour des espèces végétales invasives présentant de grandes capacités de colonisation et de dispersion. Ces capacités pourraient être dangereusement accrues au sein des dépendances vertes car :

- ces milieux perturbés par l'activité humaine présentent des caractéristiques écologiques adéquates à l'implantation d'espèces généralistes comme les espèces invasives (source internet réseau tela-botanica) ;
- les dépendances vertes sont des milieux ouverts à semi-ouvert où règnent des caractéristiques physiques propices à une dispersion accrue des propagules anémophiles : présence de vents dominants suivant l'orientation des routes, microturbulences dues au trafic sur la zone rapprochée de la chaussée.



Fig 19 – L'ambrosie *Ambrosia artemisiifolia* est une espèce aux propriétés invasives et dont la présence est remarquable dans les moyennes vallées du Rhône et de la Loire. Elle semble se propager le long des voies de transport (Claverie, com.pers.). Au regard des propriétés allergènes, cette espèce fait l'objet d'un observatoire.



Fig 20 – Le séneçon du cap *Senecio inaequidens*, originaire d'Afrique du Sud, connaît une expansion très forte dans le Sud-Ouest de la France. Cette espèce peut se propager le long des bords de routes. Elle diminue la valeur pastorale des prairies, car elle est toxique et non consommée par le bétail (Müller, S., 2004)

Conclusion : Il apparaît clairement que la distribution des espèces envahissantes augmente le long des routes (Gelbard & Belnap, 2003). Ceci pose un problème substantiel à propos de leur dispersion future.

PARTIE 4 : VERS UNE AMELIORATION DE L'EVALUATION DES IMPACTS SUR LES ECOSYSTEMES : PERSPECTIVES DE RECHERCHE



Dans cette partie nous mettrons en avant la formulation des attentes des différents acteurs questionnés. Cette partie prendra donc tout son sens lorsque l'ensemble des entretiens aura pu être réalisé.

1 VERS UNE VALORISATION DES ETUDES AMONT REALISEES LORS DU PROCESSUS ADMINISTRATIF DES PROJETS D'INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT TERRESTRE

Une des principales attentes qui ressort des entretiens auprès des experts des milieux naturels des bureaux d'études est la mise au point d'outils de concertations performants entre les différentes parties impliquées dans les études amont. En effet, les études écologiques sont remises, en amont des projets, aux bureaux d'étude d'aménagement qui centralisent les études et mettent en œuvre le projet. Au cours de l'avancement de ce dernier, les propositions et les parties d'aménagement des bureaux d'étude généralistes et des paysagistes peuvent créer des impacts supplémentaires non prévus sur les milieux naturels. Au delà des expertises écologiques, un accompagnement du projet doit être réalisé par un écologue. Il doit participer aux réunions d'échange avec les parties impliquées dans la rédaction des différents lots/volets. De plus, ce point implique la définition d'un calendrier de projet cohérent dans un souci d'une démarche synchrone.

Actuellement certains projets novateurs font l'objet de processus de concertation entre les bureaux d'études (VNF (Biotope, com. pers.) ; RFF (Guerrero, com. pers)) mais ils ne répondent pas concrètement aux problèmes d'articulation des rendus et de modifications en phase chantier.

1.1 FAUT-IL REDEFINIR LA TYPOLOGIE DES IMPACTS

Préalablement (cf. Partie 3), nous avons présenté une typologie des impacts. Cette typologie est reprise dans de nombreux guides méthodologiques (Melki, 2002 ; BCEOM, 2001 ; SETRA, 1997) et elle est régulièrement utilisée dans les études d'impacts. Basée sur les impacts temporaires, permanents ainsi que direct, indirect, induits voire cumulatifs, elle offre un cadre conceptuel très intéressant. En effet, elle intègre la dimension temporelle et la dimension spatiale des impacts tout en donnant une précision sur le rôle de l'aménagement dans l'expression de ces impacts. Elle constitue une base de réflexion solide pour les experts engagés dans la procédure d'étude d'impacts.

Cependant, comme nous l'avons développé dans la partie 3, de nombreux impacts liés aux infrastructures terrestres ne rentrent pas si facilement dans ces cases prédéfinies. Pour illustrer ce propos, reprenons un exemple d'impact inséré dans les tableau de synthèse des impacts (cf Partie 3) : **la perte d'habitat**. Dans le cas d'un

projet d'infrastructure de transport, cet impact peut être qualifié d'impact direct lorsqu'il résulte de l'influence des travaux ou bien d'impact induit lorsqu'il est la conséquence d'un aménagement ultérieur et favorisé par l'implantation d'une infrastructure de transport (développement de ZAC, remembrement foncier compensatoire en zone agricole,...).

De plus, certains impacts sont souvent ignorés ou mal appréhendés. Nous avons soumis à des « acteurs administratifs » impliqués dans les projets d'ITT l'idée de formaliser un cadre précis de l'ensemble des impacts organisés selon **les différentes phases du projet**. Certaines DIREN sont favorables à une telle démarche. Soutenus par les compétences et l'expérience des membres de BIOTOPE, nous avons tenté de l'initier dans ce rapport.

Les tableaux de synthèse présentés dans notre document ne sont pas définitifs : ils peuvent et doivent évoluer grâce à l'amélioration de la connaissance des contraintes techniques de l'aménagement, des retours d'expérience du génie écologique et de l'avancée des recherches scientifiques dans le domaine du fonctionnement des écosystèmes. L'explicitation de l'ensemble des impacts rejoint d'une part la démarche de l'étude d'impact à travers ses aspects progressifs, évolutifs et itératifs mais aussi d'autre part celle retenue des études d'incidences qui aboutissent à une compréhension précise des impacts sur les espèces et leurs habitats. L'usage et l'amélioration de tels tableaux doivent se faire en concertation avec les DIREN ; le but étant de faciliter la compréhension et le traitement des impacts et des mesures associées au niveau administratif.

1.2 VERS UNE EVALUATION DES IMPACTS A DES ECHELLES « ECOLOGIQUEMENT COHERENTE »

1.2.1 REUSSIR A ARTICULER LES NIVEAUX HIERARCHIQUES DEFINIS PAR LES CONCEPTS D'ECOLOGIE DU PAYSAGE POUR DEFINIR DES ZONES DE CONNEXION BIOLOGIQUES

Il est nécessaire de définir des niveaux d'organisation du milieu naturel afin d'appréhender justement les mécanismes écologiques qui s'y déroulent. Cette démarche est indispensable pour évaluer les impacts d'une infrastructure de transport terrestre, ou de tout autre aménagement, sur les milieux naturels qu'elles traversent. Travailler sur les niveaux d'organisation de l'écosystème perturbé permet de prendre en compte à la fois des enjeux d'ordre patrimonial et/ou réglementaire (concernant généralement les espèces ou les habitats selon leur degré de rareté) mais aussi l'ensemble du système biologique permettant la viabilité à long terme de ces espèces et de ces habitats patrimoniaux ou protégés.

Nous proposons d'illustrer ces propos par deux démarches méthodologiques visant à définir une aire d'étude dans le cas de l'implantation d'une infrastructure de transport.

La première de ces démarches a été initiée par l'Office National des Forêts dans le cadre du projet de passage de l'Autoroute des Estuaires (A 84) dans la forêt de Rennes

(Ille-et-Vilaine). Cette étude a été conduite par des universitaires MM. Clergeau et Lefeuvre (1992). Lors d'un entretien, M. Clergeau a pu nous faire partager la méthode qui avait été retenue pour répondre aux choix du tracé de l'A84. Les auteurs ont pris le parti de raisonner avec les différentes échelles d'organisation des milieux naturels dans le but de définir l'emplacement du tracé le mieux intégré au fonctionnement des écosystèmes traversés. En travaillant dans un premier temps à une échelle large qualifiée d'échelle régionale (voir Partie 2), il a été mis en évidence que les milieux boisés méritaient une attention de protection particulière. Avec une moyenne de couverture régionale équivalente à 9% contre une moyenne nationale de 23% (Clergeau, com. pers.), les massifs forestiers de Bretagne sont des milieux peu répandus à l'échelle de la région. Avec la forêt domaniale de Paimpont, le massif forestier des Marches de Bretagne, dont la plus grande entité est la forêt de Rennes, constitue l'un des derniers grands massifs forestiers de Bretagne. Au regard de ces éléments, il convient de questionner l'impact de l'implantation d'une autoroute sur les milieux boisés, déterminés comme zones d'enjeux à l'échelle régionale, à une échelle plus fine qualifiée par les auteurs d'échelle du paysage. Cette échelle devrait permettre d'évaluer les impacts de cette autoroute sur l'ensemble des échanges biologiques ayant lieu au sein des massifs forestiers. Le fonctionnement écologique de ce territoire a été analysé à partir des cartes de végétation et de la qualité du bocage (connexion biologiques par des corridors, cf. partie 2), étudiés grâce à des photographies aériennes, en prenant en compte les déplacements des grands mammifères et les acquis sur la dispersion de l'entomofaune locale, les présences- absences de barrières infranchissables et les distance entre taches d'habitat (distance entre les tâches, cf. partie 2) (Clergeau et Désiré, 1999). Les conclusions des auteurs portent sur l'intérêt primordial de conserver l'espace continu formé par la forêt de Rennes. En effet ce massif forestier est vaste et encore peu fragmenté ce qui lui confère, indiscutablement, une qualité de milieu source (cf. Partie 2 pour l'effet source puit). Pour mettre en évidence le rôle de milieu source de cette forêt, Clergeau précise que, lors d'un hiver rude, les pics noirs avaient disparu de l'ensemble des petits massifs forestiers de la région à l'exception de la forêt de Rennes. Par la suite ces petits massifs ont pu être recolonisés par les individus excédentaires, présents en forêt de Rennes.

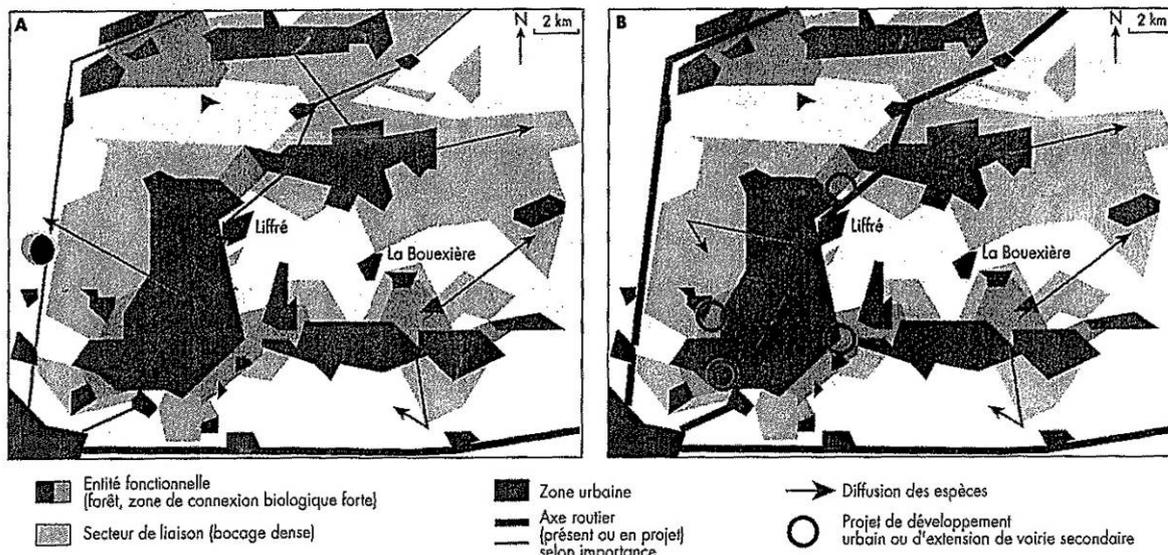
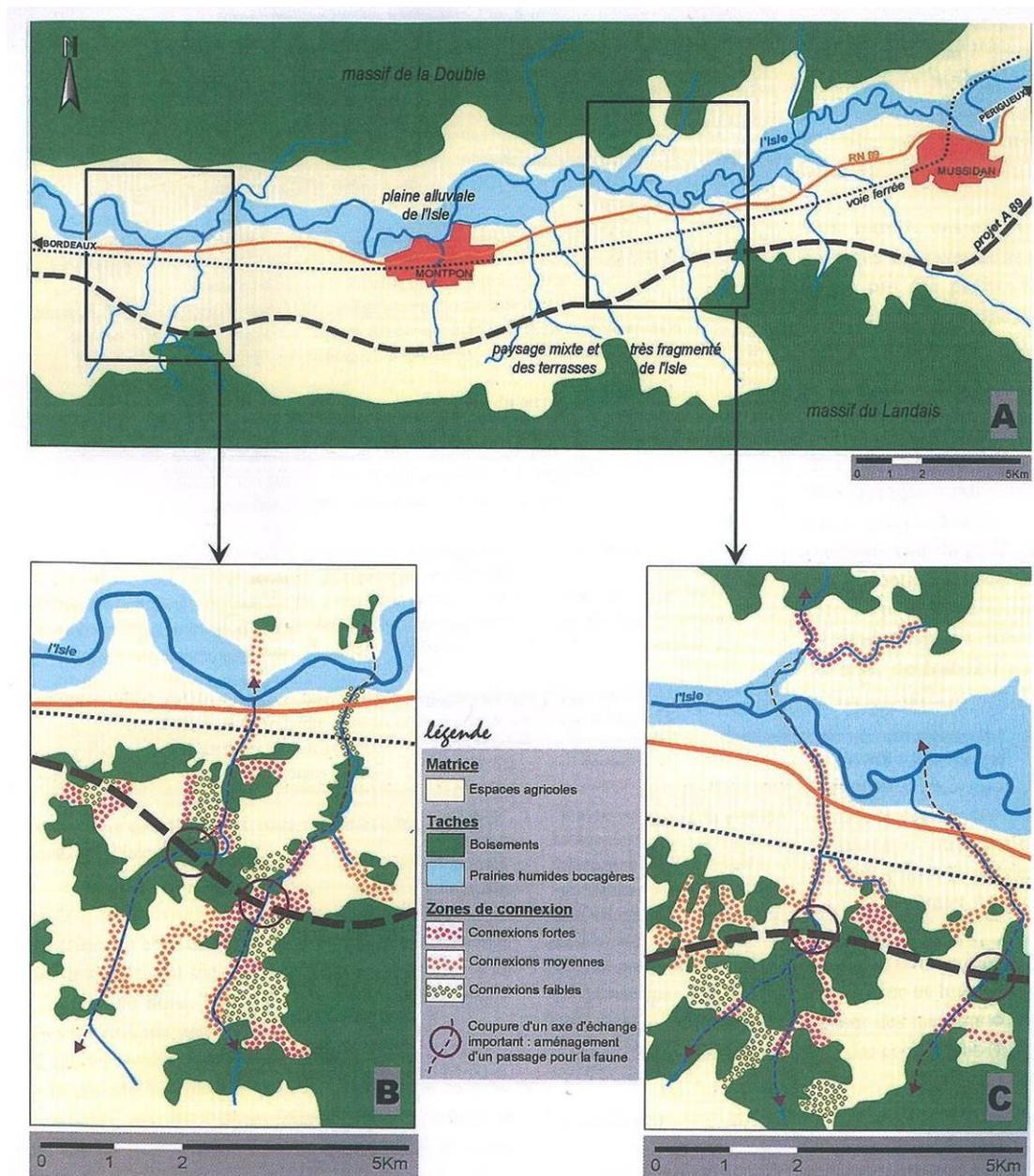


Fig. 21 : Fonctionnement schématique global des massifs au nord-est de Rennes (Clergeau, 1992)
 (A) en 1992, fonctionnement en deux entités fonctionnelles ;
 (B) les projets routiers importants (A84 au centre et 4 voies à l'ouest) et les projets d'extensions des réseaux de voirie et de développement urbain fragmentent ces entités et limitent les possibilités de dispersion des espèces.

Le second exemple concerne le projet de traversée de l'ouest du département de la Dordogne par l'autoroute A 89 (Bordeaux – Clermont-Ferrand). L'espace considéré, à l'ouest de Périgueux, est une zone d'interface entre la vallée de l'Isle au nord et le grand massif boisé de Landais au sud (Clergeau et Ménard, 2001). Comme précédemment, cette étude tente de mettre en évidence, en se basant sur l'analyse des connexions biologiques, les enjeux écologiques du territoire avant la prise de décision du tracé. La volonté des auteurs consistait à vérifier la validité de cette démarche dans des types de paysages plus complexes et très fragmentés. L'espace considéré (cf. carte ci-après), d'une surface de plus de 55 000 ha, est constitué du nord au sud de :

- La plaine inondable de l'Isle composée en majorité de prairies humides,
- Une zone étroite fortement urbanisée le long de la RN 89 (route Bordeaux – Lyon) et de la voie ferrée Bordeaux - Périgueux,
- Une zone mixte composée d'une mosaïque de milieux différents : cultures, prairie, boisements morcelés, urbanisation diffuse. Cette zone est parcourue par l'A89
- La frange nord du massif des Landais.



Dans le cas de cette étude, une première analyse à une échelle large (de l'ordre de 1/100 000ème) a permis de définir les enjeux de connexions biologiques entre le massif de la Double et le massif des Landais. La seconde analyse, menée à une échelle plus fine (au 1/25 000ème), a conduit à la réalisation d'une cartographie des corridors biologiques, hiérarchisés selon leur efficacité (potentialité de fréquentation par les populations biologiques), entre les taches d'habitat (cf partie 2) : la plaine inondable de l'Isle, les landes atlantiques relictuelles (comprenant des espèces et habitats spécialisés des landes humides acidiphiles), les boisements.

Deux types de corridors sont distingués (Clergeau et Ménard, 2001) :

- Les espaces agricoles (cultures et prairies), de petite dimension et séparant les taches, ont été qualifiés d'intérêt moyen bien que la distance entre les taches d'habitats restent faible (<1 km) et que les boisements linéaires compris dans ces espaces puissent avoir une fonction de corridor,
- Les petits vallons des ruisseaux de l'affluent de l'Isle présentent un plus grand intérêt en raison des boisements plus ou moins luxuriants (arbustes à baies, bois tendre) qui les bordent. Ils relient entre eux les petits îlots forestiers et, dans le cas des espèces pouvant franchir l'Isle, les grands massifs de la Double et des Landais

Conclusions : Ces éléments nous amènent à conclure sur les points suivants :

- le fuseau du tracé (bande des 1000m, bandes des 300m) ne doit pas constituer l'aire d'étude.

- une aire d'étude large permet de définir les fonctionnements écologiques qui doivent faire l'objet d'une attention particulière et viennent compléter une approche uniquement patrimoniale et réglementaire. Cette étape peut être conduite dès les étapes préliminaires du projet d'infrastructures de transport terrestre.

- à une échelle plus fine, l'analyse des connexions biologiques peut être menée. Cette démarche devrait être conduite en parallèle de l'inventaire des espèces et habitats protégés ou patrimoniaux. Travailler à l'échelle du paysage devrait permettre de prendre en compte à la fois les enjeux patrimoniaux et réglementaires mais aussi l'ensemble du système permettant la viabilité à long terme des espèces protégées ou patrimoniales.

- une étude des connexions biologiques devrait être réalisée à partir d'une analyse des photoaériennes à une échelle proche du 1/25 000ème

La démarche d'analyse doit prendre en compte les concepts de l'écologie du paysage, détaillé plus haut dans notre rapport (cf Partie 2).

Nous devons cependant formuler les limites suivantes :

- Les enjeux définis par les cahiers des charges et le temps imparti aux bureaux d'études sur le volet « milieux naturels » pour réaliser leur expertise ne leur permet pas de mener ce type d'analyse dans toute son exhaustivité.
- Bien que le concept de corridor biologique soit communément accepté et que le rôle de ses corridors dans le maintien des biodiversités locales soit validé par de nombreuses publications internationales (ref.....), peu d'études empiriques ont été conduites pour éclaircir notre connaissance sur les paramètres influençant les modalités de leur utilisation par des espèces cibles¹⁵ ou des espèces modèles¹⁶.

¹⁵ Espèce faisant l'objet d'un traitement particulier ou d'une attention particulière, dans le cadre d'un programme de gestion ou de conservation ou d'un aménagement (Pain, 2001).

Sur ce thème nous proposons d'énoncer les **pistes de recherche** suivantes :

- Quelles sont les modalités d'utilisation des corridors par différentes espèces et suivant différents contextes paysagers et écosystémiques (domaines biogéographiques, hétérogénéité et complexité du paysage, degré de fragmentation, degré d'urbanisation,...) ?

Différentes méthodes d'investigation peuvent être envisageables. Les plus lourdes au niveau logistique (radiotracking, photo-piégeage en milieu naturel, suivi de traces,...) sont pourtant celles qui apporteraient le plus d'informations. Par ailleurs il faut préciser que ce type de recherche permettrait d'éclaircir les connaissances actuelles sur les conditions d'utilisation de l'habitat pour de nombreuses espèces. Nous rappelons que de nouvelles contraintes réglementaires (Arrêtés du 16 Décembre 2004) obligent les aménageurs à prendre en compte les impacts de leur projet sur les habitats d'espèces.

- Quels outils, transposables au monde des bureaux d'études, permettraient de cibler des zones d'enjeux dès les études préliminaires ?

1.2.2 PISTE DE REFLEXION POUR LA DEFINITION D'UN OUTIL PERTINENT POUR L'ANALYSE DES IMPACTS SUR LES POPULATION BIOLOGIQUES

Les données spatiales informatisées tels que les systèmes d'informations géographiques permettent de réaliser des analyses thématiques intéressantes, notamment sur les problématiques liées aux flux biologiques potentiels (déplacements journaliers, saisonniers dans le cas où les domaines vitaux ont pu être déterminés, possibilités de dispersion et de colonisation,...) ou à la mise en lumière des milieux qui doivent faire l'objet d'une attention de conservation particulière.

Comme nous l'avons écrit plus haut, le choix de l'échelle cartographique doit prendre en compte les échelles écologiques des fonctionnements biologiques questionnés lors des études: une échelle large permet de déterminer les sites présentant des enjeux de conservation particulier, et une échelle plus fine permet d'analyser les fonctionnements écologiques qui pourront permettre de conserver les biodiversités locales.

Dans la mesure où les connaissances sur la biologie des espèces sont suffisantes, une cartographie de l'occupation du sol constitue une base solide pour la définition des habitats d'espèces. Le degré de précision de la typologie de l'occupation du sol (forêt vs. Forêt à chêne pédonculé) définira le degré de précision des arguments relatifs aux fonctionnements écologiques. Par exemple, certaines espèces de micromammifères sont inféodées à des types précis de cultures. Citons le Grand Hamster d'Alsace *Cricetus cricetus* qui est principalement inféodés aux cultures de luzerne et de céréales à paille (Wencel, 2001), cultures en nette régression sur son territoire en raison de la disparition de l'élevage laitier. Un SIG d'occupation du sol ne faisant pas la distinction entre les

¹⁶ Espèce modélisée, à partir des caractéristiques connues d'une espèce existante ou à partir d'hypothèses de fonctionnement. Une espèce modèle n'a pas toujours pour but de correspondre à une espèce réelle, elle peut être un simple outil de réflexion construit comme un assemblage de traits d'histoire de vie ; elle peut aussi être conçue pour représenter certains comportements caractéristiques d'une espèce ou d'un groupe d'espèces (Pain, 2001).

cultures de maïs et les cultures de luzernes ne permettra pas de définir l'habitat du Grand Hamster d'Alsace et donc de réaliser des analyses sur ce thème.

Les experts de Biotope réalisent régulièrement des analyses thématiques à partir d'un SIG d'occupation dans le cadre des études d'impacts. Nous détaillerons par la suite leur méthodologie. Pour ce rapport, nous proposons de détailler les avantages mais aussi les limites d'une autre méthode d'analyse synthétique à partir d'un SIG d'occupation du sol, basée sur les travaux de Geneletti (2004).

La démarche de Geneletti consiste à définir un outil cartographique opérationnel pour les études d'impacts sur le milieu naturel réalisé dans le cadre de projet de grandes infrastructures de transport terrestre. Dans un premier temps, l'auteur a réalisé une cartographie des écosystèmes localisés sur 5 km environ de part et d'autre d'une l'autoroute passant au Nord de l'Italie.

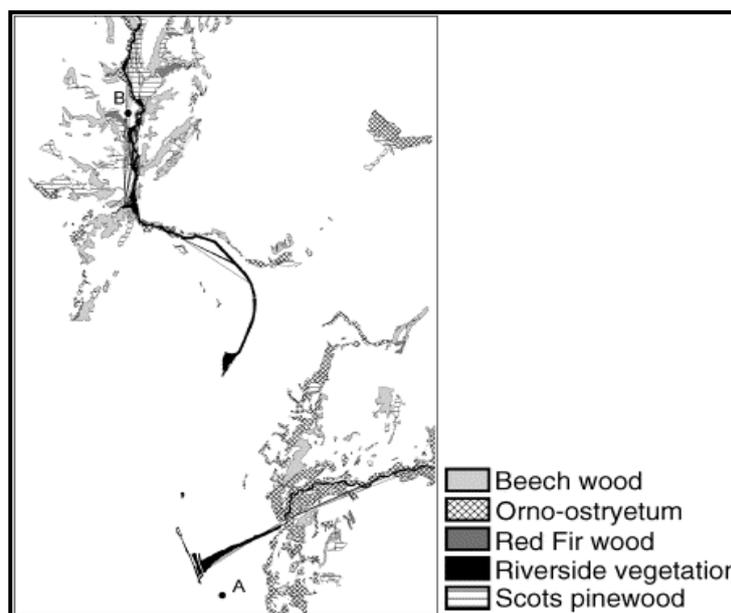


Fig 23 : Cartographie des écosystèmes qui seront traversés par l'autoroute (Geneletti, 2004).

Dans un deuxième temps, l'objectif de l'auteur a été de rendre compte des modifications, engendrées par le passage de l'infrastructure, du patron spatial de ces écosystèmes. Pour répondre à cet objectif de nombreux indicateurs spatiaux peuvent être utilisés : le nombre de taches (cf. Partie 2) (Treweek et Veitch, 1996), la densité et la taille des taches (Palmeri and Gebelli, 1997, in Geneletti, 2004).

Des approches plus exhaustives - prenant en compte à la fois la taille des taches, la forme des taches et la connectivité - ont été testées par Mauer (1999). Geneletti a opté, lui, pour des indices révélant l'**isolement des taches** (*isolation*) qui correspondent à la distance moyenne de lisières à lisières (de bord à bord) entre les taches, l'**éloignement moyen par rapport aux zones urbaines ou aux infrastructures** (*perturbation*) et la **surface du milieu intérieur** (core-area) (Mc Garrigal *et al.*, 2001). Ce dernier indice mesure simplement la surface d'une tache à laquelle la surface d'une ceinture externe (pouvant être assimilée à l'effet de lisière) a été retirée. D'autres indices décrivant la forme des taches peuvent être utilisés comme le rapport périmètre surface (*perimeter-area ratio*), la dimension fractale (*fractal dimension*), les indices de forme (*shape index*)

(Gullinck *et al.*, 1993, Zurlini *et al.* 2001). Le choix des indices est vaste (pour synthèse voir, Giles et Trani, 1999 ; Forman et Godron, 1986). Cette étape du choix des indices métriques du paysage (*landscape metrics*) est qualifiée par l'auteur d'étape de prédiction des impacts. Nous précisons que ces termes sont propres à Geneletti (2004) et ne correspondent pas au vocabulaire employé en France dans le cadre des études d'impacts (cf Partie 3).

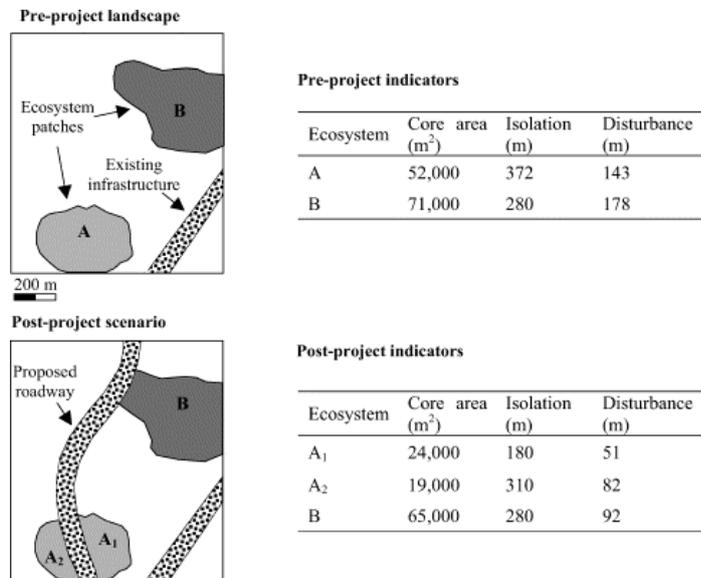


Fig 24 : Evolution de la valeur des indices du paysage retenus – surface du milieu intérieur, distance entre les taches d'habitat, distance entre tache et infrastructure - avant et après le passage d'une autoroute (Geneletti, 2004).

Suite à l'étape de prédiction des impacts, il convient de donner une valeur à chacun des indices retenus. Cette étape est nommée par l'auteur étape d'évaluation des impacts. Lors de cette étape une courbe de valeurs (value function) est attribuée à chacun des indices retenu. Cette courbe de valeur est la représentation mathématique du jugement humain et a pour objectif d'explicitier l'expertise en transformant les valeurs métriques ou les indices en **valeurs pondérées**. Si plusieurs paramètres sont pris en compte, une courbe de valeur multicritères peut-être réalisée (Beinat, 1997)

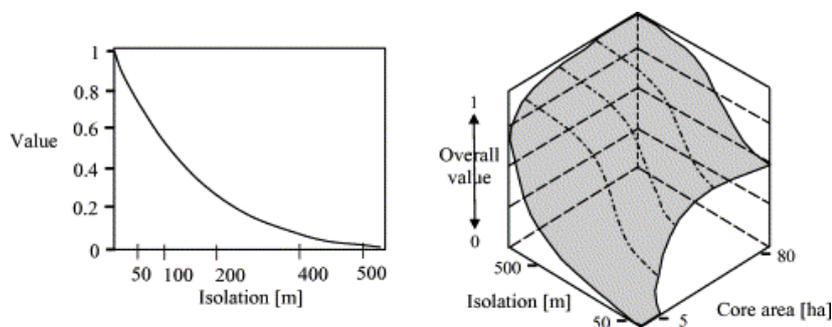
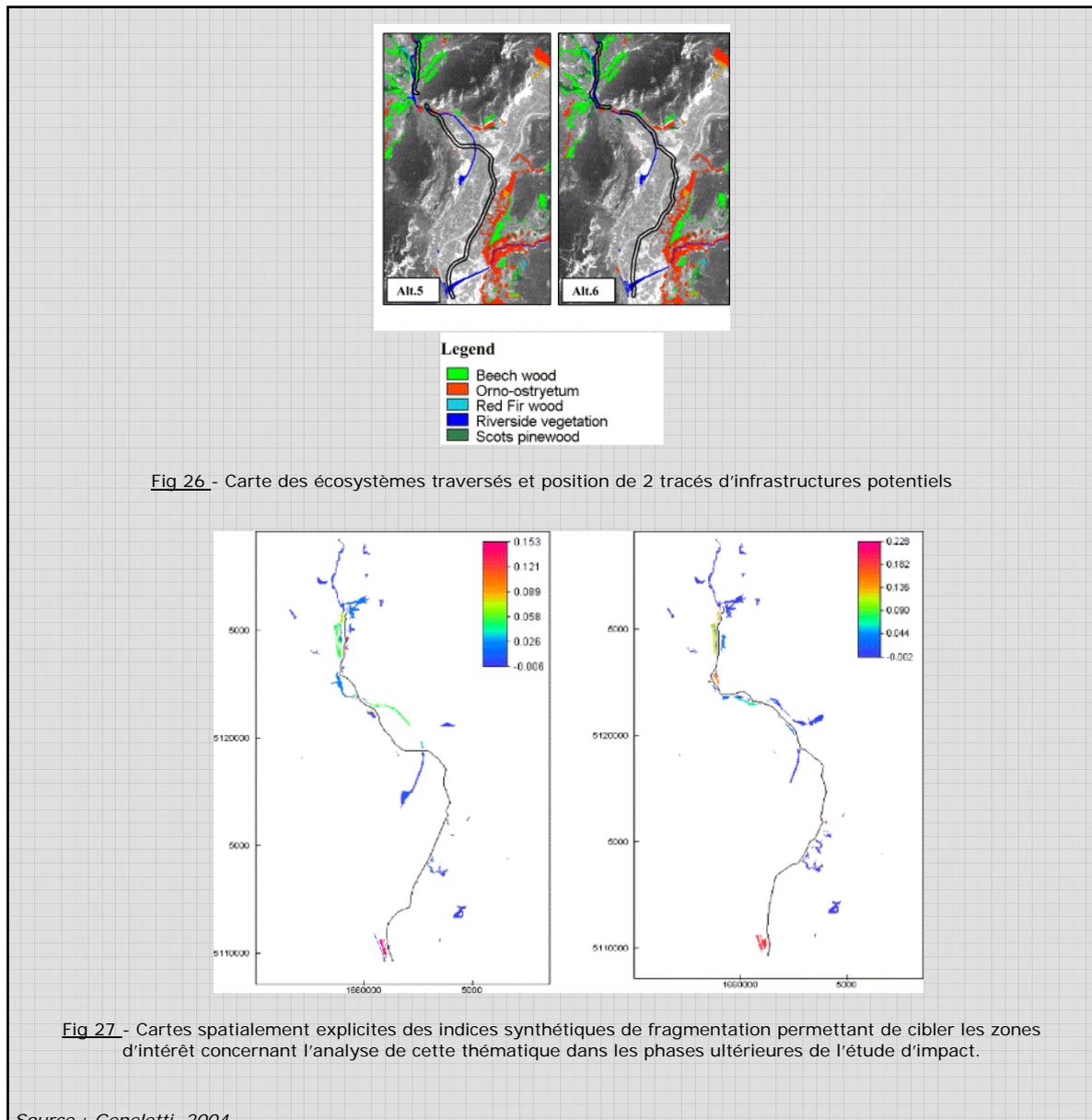


Fig 25 – Le premier graphique présente l'attribution d'une courbe de valeurs pour un indice paysager ; le second graphique correspond au calcul d'une courbe de valeur multicritères grâce à un algorithme défini par Beinat (1997)

Cette valeur calculée selon un algorithme défini par Beinat (1997) pourra alors être injectée dans une carte de synthèse.



Conclusions : ce type d'approche offre des pistes de réflexion intéressantes dans le cadre de la définition d'un outil permettant d'évaluer la fragmentation du paysage. Avec cette méthode, il est possible d'injecter d'autres paramètres tels que la rareté d'un type d'écosystèmes (Geneletti, 2002) ou bien son statut réglementaire est de leur attribuer des courbes de valeurs.

Nous mettons en avant l'intérêt principal de cette méthode qui consiste à expliciter le jugement de l'expert. En effet les questions que se posent l'expert sont en relation avec le contexte écologique : la définition des courbes de valeurs ainsi que le choix des indices seront amenés à évoluer. L'approche de Geneletti permet cette flexibilité.

Nous apportons cependant les limites suivantes.

- Premièrement, le temps imparti aux bureaux d'expertise des milieux naturels ne leur permet pas de réaliser une cartographie de l'occupation du sol et encore moins celle des écosystèmes qui nécessitent un degré de précision plus élevée. Des réflexions sur la mise à disposition, dans le cadre des études d'impacts, des couches numérisées d'occupation du sol aux bureaux d'études doivent être conduites.
- Deuxièmement, l'approche de Geneletti est basée sur l'analyse des écosystèmes. Le postulat de cet auteur est qu'une plus grande diversité des écosystèmes permet d'accueillir une plus grande biodiversité. L'ensemble des auteurs est en accord avec ce point. Cependant, cette approche ne permet pas de répondre aux questionnements relatifs à l'impact des infrastructures de transport terrestre sur les habitats d'espèces qui peuvent recouvrir plusieurs écosystèmes participant de manière différentielle à la viabilité des populations. Des réflexions complémentaires devraient être menées, sur ce point.
- Troisièmement, cette démarche est principalement adaptée pour les études conduites au stade APS (cf. Partie 1) car elle permet de cibler les zones qui mériteraient des investigations de terrains plus approfondies lors des études ultérieures. Elle ne répond pas aux interrogations au stade étude d'impact d'un tracé. Il faudrait pour cela repenser les indices.

1.3 EVOLUTION DES PAYSAGES DANS LE TEMPS : DIFFICILTE D'EVALUER LES IMPACTS INDUITS

1.3.1 LES REMEMBREMENTS FONCIERS COMPENSATOIRES EN ZONES AGRICOLES

De nombreuses consultations ont mis en lumière le fait que les bureaux d'études consultés pour l'évaluation des impacts sur les milieux naturels n'ont pas les moyens d'évaluer les impacts induits liés aux remembrements (cf. Partie 3), et donc de juger de la cohérence des mesures proposées aux aménageurs.

La procédure de remembrement compensatoire est découplée du projet d'infrastructure de part :

1/ le calendrier du projet d'infrastructure et celui de la procédure de remembrement : en effet, la procédure de remembrement agricole ne peut être lancée qu'à partir du stade APD. Le calage du tracé doit être définitif afin de préciser les parcelles touchées. Or les mesures de réduction et de compensation des impacts sont proposées aux maîtres

d'ouvrage du projet d'infrastructure de transport et validées par l'Etat au moment de la remise du DUP (cf Partie 1). De plus, les travaux connexes à ce remembrement, qui ont le plus d'impacts sur les milieux naturels, peuvent se concrétiser plusieurs années après la mise en service de l'infrastructure.

2/ les institutions qui sont impliquées dans cette procédure : comme nous avons pu le voir précédemment (cf. Partie 3), les maîtres d'ouvrages n'ont aucun pouvoir de décision dans les décisions prises au sein des CCAF. Ils sont simplement les financeurs de cette procédure. Ce sont les PQPN (Personnes Qualifiées pour la Protection de la Nature) qui ont pour mission d'évaluer les impacts sur les milieux naturels. Ces derniers n'ont pas toujours les éléments nécessaires et suffisants pour argumenter leur choix.

Des démarches de concertation et d'échange de données sont difficiles à mettre en place car les intérêts sont multiples et souvent antagonistes. D'une part les agriculteurs veulent conserver et la viabilité économique de leur patrimoine - ce point est accentué par le fait que les remembrements ayant les conséquences les plus néfastes sur le milieu naturel sont ceux qui s'opèrent dans des régions pour lesquelles est perçu un « retard de développement » - d'autre part les environnementalistes attachent une importance particulière pour conserver certaines fonctions écologiques (présence de corridors par exemple) dans les zones agricoles impactées.

Conclusions : Nos entretiens ont mis en évidence la nécessité d'une meilleure intégration de la procédure de remembrement au projet d'infrastructure. Ce point pose le problème de la cohérence des mesures et incite à travailler en amont sur des échelles plus larges en suivant la démarche proposée par Clergeau (analyses des entités fonctionnelles, mise en lumière de leur rôle et de l'intérêt de leur conservation).

De nombreuses pistes de recherche pluridisciplinaire, à l'interface de l'économie rurale, de la sociologie du développement, de l'agronomie et de l'écologie du paysage sont envisageables. Elles doivent s'insérer dans une réelle volonté politique de réflexion sur les enjeux territoriaux des zones rurales. Ce type de recherche est une attente concrète des bureaux d'expertise des milieux naturels et de l'ensemble des acteurs de l'environnement.

1.3.2 LE DEVELOPPEMENT DES ZAC (ZONE D'AMENAGEMENT CONCERTÉ)

A proximité des échangeurs autoroutiers, les exemples sont nombreux de développement de zones d'aménagements concertés, qui bien souvent donnent l'impression d'un développement anarchique et incontrôlé.

Lors de l'étude d'impact les bureaux d'études n'ont pas les moyens d'estimer cet impact. L'évaluation de leur impact relève d'une autre procédure. La dynamique de développement territoriale liée à la présence de l'infrastructure reste non appréhendée.

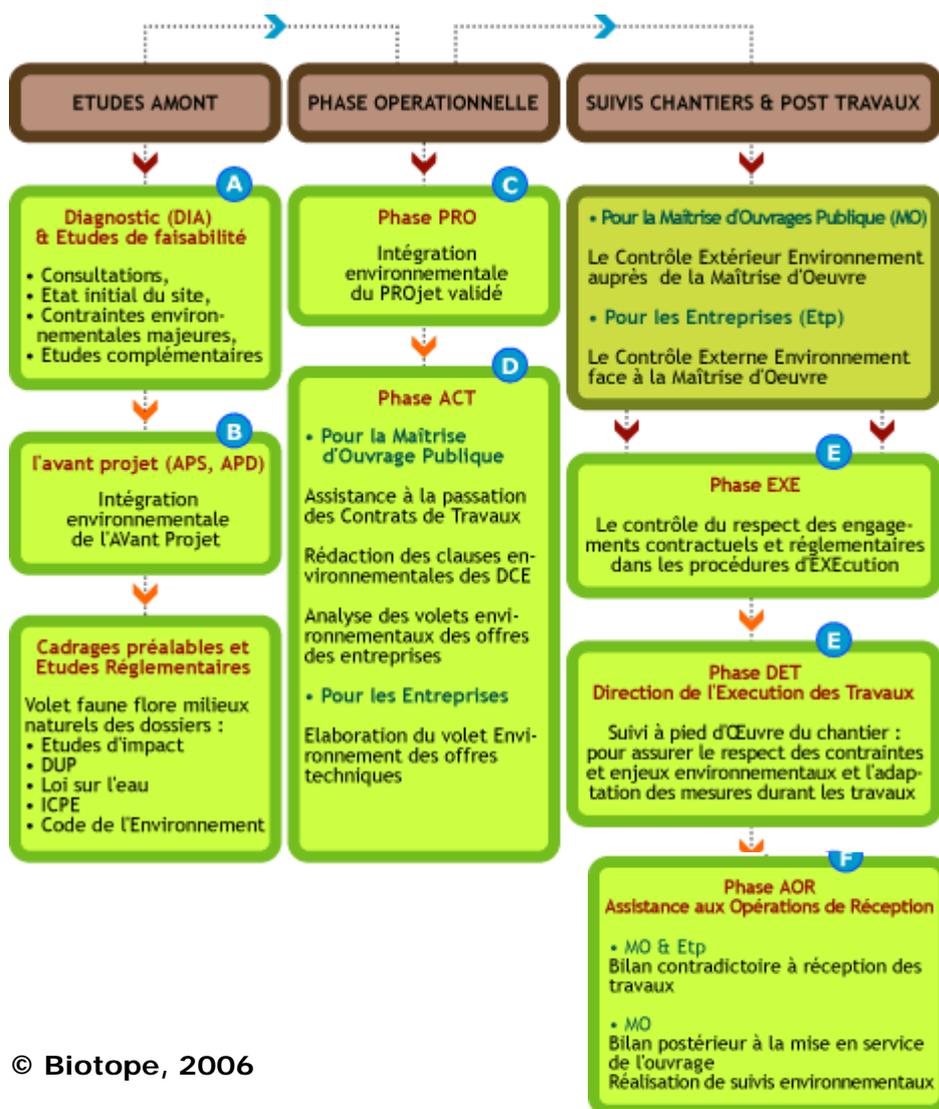
ZAC (Zone d'aménagement concerté) : procédure d'urbanisme opérationnel instituée en 1967. Elle tirait les conséquences de l'échec des ZUP, zones à urbaniser en priorité, qui avaient été utilisées dans les années 1960 pour de très grandes opérations de logement. Les ZAC limitent la taille des opérations (après 1973), permettent la construction d'activités polyvalentes (logements, activités, équipements de tourisme etc.), organisent la concertation entre l'Etat (qui finance le logement social, obligatoire pour 20 à 50 % des logements), les communes (surtout depuis la décentralisation de 1983), les organismes aménageurs (publics ou privés) et les propriétaires privés. La procédure de ZAC répond également aux besoins financiers des communes : en effet, elle permet de programmer les équipements et de répartir leur charge par négociation avec l'aménageur privé (par convention), ce qui peut rapporter plus que l'habituelle TLE (taxe locale d'équipement, payée à l'occasion d'un aménagement dans un [POS](#)). Les ZAC doivent être réalisées dans les zones urbaines (ou à urbaniser) du POS, mais elles peuvent le remplacer par un plan d'aménagement de zone (PAZ).

POS (plan d'occupation des sols) : document d'urbanisme établi au niveau de la commune, il fixe les règles d'utilisation du sol qui s'imposent à tous. Il comprend notamment le plan et les règlements s'appliquant aux différentes zones, en particulier le COS, coefficient d'occupation des sols, qui fixe la densité maximale de construction admise

2 VERS UNE AMELIORATION DES SUIVIS LORS DU PROCESSUS TECHNIQUE ET DES BILANS CONDUITS LORS DE LA MISE EN SERVICE DES INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT TERRESTRE

2.1 DU SUIVI DE LA PHASE CHANTIER PAR DES SPECIALISTES EN ECOLOGIE

L'objectif d'accroître le suivi de la phase chantier est de mieux percevoir pour limiter les impacts non anticipés dans l'étude d'impact, et d'améliorer la validité des mesures et suivis ultérieurs.



© Biotope, 2006

INTERVENTION D'UN BUREAU D'ETUDE NATURALISTE DANS LA CONSULTE DES PROJETS D'AMENAGEMENT		
A	Lors des études préliminaires, de diagnostic (DIA), et d'esquisse (ESQ)	Pour la consultation des acteurs clés de l'environnement (associations de protection de la nature, bureaux d'études, DIREN, DDAF, Chambre d'agriculture...), la définition pertinente des contraintes environnementales, l'identification études complémentaires nécessaires
B	Lors des études d'avant projet (AVP) et des études réglementaires	Pour la réalisation des dossiers à déposer pour l'obtention des autorisations administratives (Permis de construire, dossiers d'enquête publique, d'étude d'impact, ICPE, au titre du Code de l'Environnement)
C	Lors de la phase PRO	Pour une définition plus précise du projet tout en assurant de respecter les clauses environnementales réglementaires et contractuelles
D	Lors de la passation des contrats de travaux (ACT)	Pour la rédaction des DCE, l'examen des offre des entreprises: SOPAE, des SOGED..., et le choix du titulaire. Et pour élaborer le mémoire environnement des offres techniques des entreprises
E	Lors de la réalisation des études d'exécution (EXE) et des travaux (DET)	Pour le contrôle extérieur environnement des chantiers et une définition optimale du projet par rapport aux enjeux environnementaux. Et pour le contrôle externe environnement des entreprises de travaux
F	Lors de la remise des travaux (AOR)	Pour valider la conformité des travaux par rapport aux engagements contractuels et réglementaires ainsi que pour réaliser des suivis et bilans environnementaux

En effet une des difficultés vis à vis de la qualité des études d'impact réside dans le fait que les prestataires qui les réalisent sont parfois ignorants de la phase concrète de mise en oeuvre des chantier, ne réalisant ni MOE, ni travaux. Cette remarque peut s'étendre de la même manière mais inverse aux entreprises et exploitants et certains MOE et MO qui souvent ignorent le contexte réglementaire environnemental et à qui la sensibilité environnementale échappe totalement du point de vue scientifique.

Il y a une réelle déconnexion entre « l'amont et l'aval » en matière d'aménagement des infrastructures, de transport en l'occurrence, mais aussi en général évidemment.

A titre d'exemple, la DIREN Réunion va systématiquement demander lors de l'analyse des dossier d'Enquête Publique de projets routiers à ce qu'un suivi environnemental en phase chantier soit mis en oeuvre, ainsi qu'un suivi en phase d'exploitation sur les premières années : Contrôle Extérieur (pour la MO auprès de la MOE) Environnement. La loi LOTI le prévoit déjà mais de manière peu précise, il faut donc exiger et préciser ce suivi réglementairement pour le rendre incontournable. Sur ce point l'expérience québécoise est intéressante puisque les services administratifs ne délivrent pas les **certificats d'autorisation** permettant la réalisation des différentes phases du projet si l'ensemble des mesures prévues n'ont pas été suivies ou réalisées dans la phase précédente.

Il serait souhaitable de demander également réglementairement et systématiquement dans les AP - comme c'est le cas pour la sécurité ou la géotechnique - qu'en phase chantier les entreprises aient aussi recourt à un Contrôle Externe (à charge de l'entreprise) Environnement. De la même manière, imposer réglementairement des clauses environnementales distinctes des pièces classiques dans un DCE de travaux et que l'analyse des offres des marchés de travaux incluent un pourcentage en tant que critère d'attribution pour la qualité environnementale des offres serait un plus indéniable.

Au niveau des causes des impacts en phase chantier, il faut également prendre en compte le fait que les entreprises ont parfois du mal à contrôler les sous-traitants auxquels elles font appel, notamment dans les phases d'installation de chantier (débroussaillages, terrassements, ...) mais aussi pour des phases précises de réalisation des ouvrages faisant appel à des savoir-faire non maîtrisés par le titulaire ou qu'il ne souhaite pas assumer (maintenance des engins, équipement, ...). La maîtrise des enjeux environnementaux en souffre d'autant. Les QSE des entreprises (personnes responsables de la Qualité/ Sécurité/ Environnement) ont à charge la bonne prise en compte environnementale et la compatibilité des chantiers avec les contraintes réglementaires générales et spécifiques (contractuelles en particulier) liées à l'environnement. Or ces acteurs sont souvent trop pris par les deux premiers thèmes dont ils ont la charge et sont trop pressés par les contraintes financières, techniques et temporelles (planning élément fondamental très contraignant compte tenu du nombre d'acteurs engagés dans les travaux) de chantier pour assurer leur mission environnementale de manière optimale. Cela plaide en faveur d'un accompagnement externe et en tout cas extérieur pour vérifier les engagements environnementaux (réglementaires et contractuels).

Les MOE, s'ils n'ont pas un contrôle environnement intégré (ce qui est très rare) ne parent pas à ce défaut, d'autant qu'ils sont avant tout aménageurs. De plus confier ce rôle au MOE est tendancieux. Un gage de qualité des contrôles que nous faisons à

BIOTOPE est justement que nous n'intervenons jamais en tant que MOE. Nous sommes donc totalement indépendant de la sphère travaux, ce qui garanti notre intégrité. Il faudrait donc également exiger que les contrôles à effectuer aient la même indépendance.

Les engagements contractuels de chantier vis à vis des documents détaillant l'organisation et la prise en compte des enjeux environnementaux (SOPAE/SOGED en phase de consultation, PAE et procédures environnementales en phase EXE, réalisation d'un Journal environnement) ne sont souvent pas suffisamment suivis en phase d'avancement de chantier. Par ailleurs, leur appellation peut varier d'un marché à l'autre ce qui ne facilite pas la lisibilité des actions conduites. Là encore les marchés doivent répondre à une nomenclature systématique et plus lisible incluant un suivi réel.

2.2 POUR UN SUIVI PLUS EXHAUSTIF DES POPULATIONS

La connaissance de la présence/absence des individus peut apparaître comme restrictive du point de la biologie de la conservation : il semble donc pertinent de connaître les potentialités d'accroissement ou de régression de certaines populations, des classes d'âge touchés par l'aménagement, etc.

Le choix des sites de suivis est très important : le suivi de zones témoins peut nous aider à mieux estimer les impacts liés à l'ITT ; de plus le choix unique des sites à présence d'espèces protégés animales réduit les possibilités d'amélioration de notre connaissance relative à la colonisation de nouveaux milieux.

Comme nous avons pu le voir plus haut (cf Partie 3), des impacts directs et permanents comme la perte d'habitat ou la destruction d'espèce engagent les aménageurs à réaliser des mesures de compensation tels que la restauration d'espaces naturels dégradés ou la recréation de milieux détruits. Nous ne traiterons pas dans ce document les difficultés inhérentes à la réalisation des mesures de compensation. Précisons cependant que ces difficultés - généralement d'ordre foncier ou bien relative à la gestion des mesures - sont nombreuses et qu'elles constituent une limite importante à leur efficacité. Des réflexions sur le thème de la mise en place des mesures de compensation sont actuellement conduites au sein du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD).

Nous axerons davantage notre réflexion sur les pistes de recherche permettant une meilleure évaluation de l'efficacité des mesures réalisées par l'aménageurs. Il existe deux procédures qui permettent d'estimer l'efficacité des mesures de compensation : les bilans environnementaux relatifs à la LOTI et les observatoires environnementaux. Les premiers sont liés à une contrainte réglementaire (cf. Partie 2) et obligent les aménageurs à réaliser un bilan des impacts environnementaux cinq ans après la mise en service de l'infrastructure, les seconds relèvent d'une initiative du maître d'ouvrage de l'infrastructure et définissent une observation de la résilience des milieux impactés et l'efficacité des mesures se déroulant sur une dizaine d'année.

Les observatoires jusqu'à présents mettent en œuvre des protocoles relativement simples qui n'intègrent que très rarement la dimension dynamique d'une population. Les suivis se limitent à définir une absence/présence d'une espèce sur des milieux récréés. Actuellement une des mesures du suivi de la LGV Est porte sur le suivi de la mare des Malpeines afin de savoir si le triton revient. Aucune étude ne prend en compte la dynamique des populations entre les mares à proximité du tracé. Il serait pertinent de définir les sites pouvant éventuellement être colonisés par les individus et recueillir les paramètres démographiques des individus échantillonnés selon la méthode capture marquage et recapture (CMR).

Pour pouvoir tester rigoureusement la relation entre un phénomène écologique et la structure du paysage, il est nécessaire de connaître la structure de ce paysage en l'absence du phénomène observé (Gardner et al., 1987). Cette approche marque le début de l'utilisation des modèles neutres de paysage en écologie. Un modèle neutre peut être défini comme une représentation de la réalité dans laquelle l'expérimentateur a volontairement ignoré un ou plusieurs processus (Pain, 2001). Le contrôle des règles d'organisation de la structure des paysages permet de recréer des jeux de paysages simulés dans lesquels seul un ou plusieurs paramètres varient (quantité d'habitat favorable, dimension fractale, taille moyenne des taches d'occupation du sol,...etc.).

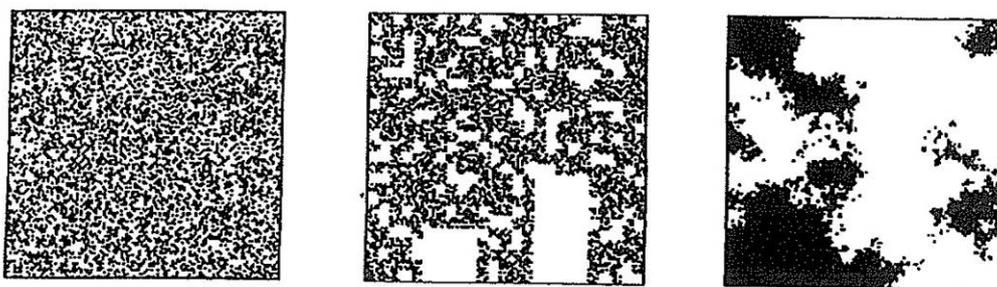


Fig 28 - Exemples de modèles neutres de paysage. (With et King, 1997, in Pain, 2001)
De gauche à droite : distribution aléatoire simple, distribution aléatoire hiérarchique, distribution fractale

L'ensemble des travaux réalisés avec cette approche neutraliste - et concernant à la fois la connectivité, la distribution des individus, la composition des peuplements vertébrés et l'extinction des populations – mettent en évidence des relations non-linéaires entre la structure des paysages, notamment la quantité d'habitat favorable, et les phénomènes biologiques étudiés. Les variables descriptives des phénomènes étudiés telles que le taux de migration, la taille des populations biologiques, le risque d'extinction de ces populations, subissent des variations caractérisées par des seuils lorsque la quantité d'habitat varie (Pain, 2001).

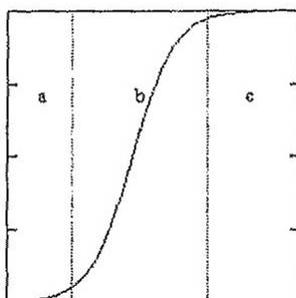


Fig 29 – Courbe représentative schématique de la relation entre la quantité d'un type d'habitat tels que les boisements et la quantité d'habitat favorable. (a), (b), (c) : voir ci-dessous. (source : Pain, 2001)

- (a) pour les valeurs faibles de boisement, la quantité d'habitat favorable augmente lentement alors que les premières taches se forment ;
- (b) à partir d'une certaine quantité de surface boisée, le boisement d'une surface supplémentaire, crée des taches regroupant plusieurs boisements de petite tailles et la proportion d'habitat favorable augmente rapidement ;
- (c) enfin, lorsqu'il ne reste plus que quelques clairière, le boisement de chaque cellule supplémentaire ne fait plus qu'augmenter linéairement la surface totale d'habitat favorable

2.3 POUR UN PARAMETRAGE DES PASSAGES A FAUNE

Nous proposerons d'étudier des pistes de recherche visant à améliorer la connaissance sur l'utilisation et l'efficacité des passages à faune. Nous traiterons en particulier des paramètres qui influencent le passage de la faune sauvage, de l'utilisation différenciée dans le temps des passages à faune, des possibles modifications des relations proie-prédateurs, sur l'efficacité des passages pour permettre le brassage génétique des populations.

2.3.1 PARAMETRES STRUCTURELS DES AMENAGEMENTS ET DU PAYSAGE INFLUENÇANT L'EFFICACITE DES PASSAGES

Comme nous avons pu le voir précédemment (cf Partie 3), l'efficacité des passages à faune a fait l'objet de nombreux suivis conduits selon différentes méthodes. L'évaluation des passages de leur efficacité reste cependant essentiellement instinctive. Aucune étude standardisée de l'efficacité des passages n'a été conduite en France. Cependant certaines études anglo-saxonnes nous donne les bases méthodologiques pour conduire de telles études (Clevenger, 2002, Waltho, 2004).

Des recherches intéressantes pourraient être conduites pour évaluer l'influence de la structure du paysage, l'influence des abords du passage, l'influence de la nature du substrat sur l'utilisation des passages. Elle nécessiterait de plus un recensement exhaustif des passages à faune sur l'ensemble du territoire (méthode comparative, quels sont les passages les plus présent ? Evaluation de la transparence globale des infrastructures).

2.3.2 LES RELATIONS ENTRE PROIES ET PREDATEURS ONT-ELLES UNE INFLUENCE SUR L'EFFICACITE DES PASSAGES A FAUNE ?

Quelques publications scientifiques anglo-saxonnes ont exploré l'hypothèse de l'influence de l'utilisation des passages à faune (voir schéma de synthèse Partie 3) sur les relations entre proie et prédateurs, et réciproquement.

Avant tout, il semble que les infrastructures de transport terrestre puissent d'une part être intégrées par les prédateurs comme des limites à leur domaine vital (Meek et Saunders, 2000) et d'autre améliorer l'efficacité de leur recherche alimentaire. Par exemple des prédateurs opportunistes du rat brun *Ratus norvegicus* sur des crapauds communs *Bufo bufo*, piégés lors de leur migration dans les pièges de suivis de populations (*pitfall trap*), ont pu être observées (Reading, 1989). De même chez des grands prédateurs tels que le loup, les routes peuvent améliorer leur succès de chasse en facilitant l'accès aux proies (e.g caribou *Rangifer tarandus*) (James et Stuart-Smith, 2000). Il convient pourtant de préciser que la réponse des mammifères carnivores à la présence d'infrastructure de transport varie de l'attraction, exprimée par les espèces généralistes, à l'évitement retrouvé parmi les espèces les plus sensibles aux perturbations humaines (Rusch, 1985).

Néanmoins, il semble que les infrastructures linéaires de transport offrent des opportunités lors de la recherche alimentaire des prédateurs. On peut donc se demander si des aménagements tels que les passages à faune modifient les interactions dynamiques entre proies et prédateurs. En effet ces passages, conçus pour permettre la dispersion des individus et le maintien de la connectivité entre les populations biologiques (Stuart *et al.*, 2002), canalisent le déplacement des individus –proies ou prédateurs – et accroissent les possibilités de rencontres entre eux.

Il semble que les observations d'une mortalité accrue par prédation et une modification des densités de populations aux abords des passages restent anecdotiques.

Des photographies prises dans les passages à faune de Floride ont mis en évidence des prédatons ponctuelles par le lynx *Lynx rufus* et la chouette hulotte *Strix varia* (Foster et Humphrey, 1995). Au parc national de Banff (Canada), un cerf *Cervus elaphus* tué par un Cougar a été retrouvé sur un écopont de l'autoroute traversant le parc (Clevenger, pers. obs. in Stuart *et al.*, 2002). Dans leur synthèse sur ce thème, Stuart *et al.* (2002) n'ont retrouvé aucune étude ayant exploré la densité, l'activité des prédateurs ainsi que le taux de prédation aux abords des passages à faune. De plus, il n'existe aucune étude visant à comparer le taux de mortalité par prédation entre les sites aux abords des passages et des sites témoins éloignés des dits-passages. Les auteurs de cette synthèse indiquent pourtant qu'en l'état actuel des connaissances, il n'existe aucun enregistrement d'un déclin des populations de proies pouvant être attribué aux passages à faune. Ces enregistrements sont très délicats à obtenir du fait d'une logistique de suivi très lourde (radiotracking, recensement exhaustif, sorties de terrains continu dans les premières phases du projet afin d'évaluer les dates et heures de sortie les plus pertinentes,...), ce qui peut largement expliquer les lacunes actuelles.

Cependant, il est admis que la présence des prédateurs modifie la structure des communautés de proies (Stapp, 1997). Pour illustrer ce point, nous pouvons citer les hérissons *Erinaceus europaeus* qui tendent à être rares ou absents dans les régions où persistent les blaireaux *Meles meles* (Doncaster, 1999). Il est alors envisageable que l'utilisation des passages par les animaux reflète des interactions agissant à des échelles plus larges. D'après certaines études de suivis, il semble que certains passages dits mixtes puissent permettre à la fois le passage des proies et celui des prédateurs. Ce type d'aménagement est donc une aubaine pour les aménageurs qui peuvent ainsi réduire les coûts inhérents à la construction de nombreux ouvrages, en construisant un seul passage pour l'ensemble des populations. La démarche qui conduit à la recommandation de ce type d'aménagement est bien souvent de grande qualité (intégration dans le contexte paysager, multiplication et hétérogénéité des structures écologiques présentes sur le passage,...). Pourtant lorsque des études expérimentales sont conduites sur ce type de passages, il nous apporte des éléments pour critiquer les conclusions énoncés par les études de suivis (pièges à traces, photo piégeage ; voir Partie 3). Ainsi il semble que les passages simultanés des proies et des prédateurs sur un même passage puissent être le reflet d'une simple coïncidence et masquer les véritables organisations des communautés faunistiques et les réponses des prédateurs et des proies à différents milieux et différents paramètres de structures des passages (rapport hauteur-largeur, longueur du tunnel, architecture et composition spécifique de la végétation aux abords du passage). Par exemple, des différences dans l'utilisation des passages de type I et II (voir schéma de synthèse en Partie 3) ont été démontrées, au cours de recherches dans la Parc National de Banff, pour les petits carnivores comme la martre américaine *Martes americana* et la fouine *Mustela sp* et leurs proies : écureuil roux *Tamiasciurus hudsonicus*, lièvre *Lepus americanus*, campagnols (*Arvicolae*). Le trafic ne semble pas avoir d'influence sur ce phénomène (Clevenger et Waltho, 1999 ; Clevenger *et al.*, 2001).

Les relations entre l'utilisation par les proies et les prédateurs des passages à faune doivent être étudiées plus en détails, en prenant soin :

- de distinguer l'influence des paramètres d'organisation spatial du paysage et des habitats, les paramètres de structures des passages à faune sur l'utilisation de ces aménagements par la faune,

- d'examiner et de quantifier les interactions entre proies et prédateurs sur des échelles plus large (voir point 1.2 de la présente partie).

Une avancée des connaissances dans ce domaine pourrait permettre de revoir les recommandations faites aux aménageurs.

2.4 VERS UN RETOUR DES EXPERIENCES DE SUIVI : LA CREATION D'UN REFERENTIEL COMMUN

Une des principales attentes des bureaux d'études impliqués dans l'expertise de milieux naturels consiste à pouvoir accéder à des retours d'expérience concernant les propositions de mesures d'atténuation ou de compensation. Actuellement, l'absence de suivi pénalise l'acquisition de ces connaissances et l'absence de plate-formes d'échange pérennes ne permet pas la mise à disposition des quelques retours d'expériences.

Par ailleurs, le suivi en phase exploitation permettrait de combler des lacunes sur la biologie de certaines espèces. Certains groupes comme les reptiles souffrent d'un déficit de connaissance de leur écologie qui est préjudiciable pour anticiper les impacts des ITT.

Enfin, les suivis généralisés sur les ITT permettraient a posteriori de mieux cerner les impacts qui restent mal appréhendés dans les études.

Perspectives - conclusion

A travers ce rapport, nous avons pu démontrer que les infrastructures de transport terrestre sont à l'origine d'une réorganisation complexe des écosystèmes. Les conséquences biologiques de cette réorganisation sont dans bien des cas difficiles à appréhender. Cependant les différents acteurs impliqués dans la réalisation de ces projets de grandes infrastructures sont contraints par le contexte réglementaire de mener une évaluation précise des impacts sur les milieux naturels.

L'objectif de notre étude consiste à établir un état des lieux de la connaissance relative à l'évaluation de ces impacts et à apporter des pistes de réflexion pour améliorer cette démarche.

Tout d'abord, il nous a semblé pertinent de revoir la typologie des impacts des infrastructures de transport terrestre sur les milieux naturels. Une liste exhaustive des impacts, hiérarchisée selon le processus de réalisation des ITT et mettant en vis-à-vis les effets de l'aménagement avec des processus écologiques qu'ils perturbent, apparaît un outil intéressant pour améliorer la procédure d'évaluation des impacts. En effet, la conception d'une telle typologie permettrait de mettre en lumière les processus écologiques qui sont le moins bien appréhendés dans l'évaluation des impacts. Afin que cet outil soit opérationnel et qu'il puisse permettre une avancée dans la démarche des études d'impact, il doit être alimenté à la fois par les retours d'expériences issus des bilans et observatoires environnementaux et par les avancées de la connaissance scientifique relative au fonctionnement des écosystèmes.

Ensuite, nous nous sommes attachés à élaborer des pistes de réflexion pour définir l'aire d'étude des impacts. La plupart des aires d'étude sont soit définies arbitrairement (bandes des 300 m) ou soient étendues par la présence de sites caractérisés par un statut particulier (protections communautaire, réglementaire ou patrimoniale). Or l'analyse des processus écologiques nous montre que les espèces protégées ou à valeur patrimoniale peuvent utiliser ou fréquenter des unités écologiques sans statut de protection particulier. Nos diverses consultations nous permettent de qualifier par consensus ces unités écologiques de « nature ordinaire ». Le rôle de cette nature dite ordinaire est central. Dans bien des cas, elle permet le refuge, l'expansion, la dispersion, l'alimentation ou la reproduction d'une nature « extraordinaire » qui fait l'objet de toutes les attentions.

Des avancées récentes de la législation obligent les aménageurs à éviter la destruction des habitats d'espèces protégées¹⁷. Cette avancée notable pose cependant deux problèmes de taille :

¹⁷ Attention : les arrêtés de décembre 2004 viennent d'être annulés par le conseil d'état - séance du 14 juin 2006, lecture du 13 juillet 2006. Seuls les précédents arrêtés s'appliquent. Au ministère de préciser clairement sur une liste définie et plus restrictive à quelle(s) espèce(s) ces arrêtés s'appliqueront.

- Les connaissances scientifiques ne permettent pas toujours de définir clairement la fonction des unités écologiques qui composent les habitats d'espèces. Généralement les lacunes scientifiques entraînent des lacunes juridiques. Une avancée des connaissances dans ce domaine permettrait de crédibiliser les recommandations faites par les bureaux d'expertises des milieux naturels mais aussi d'assurer la sécurité juridique des projets, en minimisant le principe de précaution et améliorant l'évaluation objective et rigoureuse du fonctionnement des écosystèmes.
- L'évolution des habitats d'espèces est constante. Elle est conditionnée par de nombreux facteurs qui faute d'un recul suffisant ne sont pas questionnés précisément lors de l'évaluation des impacts.

L'écologie du paysage, dont nous avons détaillé certains concepts dans notre document, redonne une certaine place à la nature ordinaire. En effet, elle s'intéresse avant tout à l'organisation dans l'espace d'éléments qualifiés de structurant. Ces éléments structurants expriment certaines fonctions qui conditionnent l'équilibre dynamique des écosystèmes et donc la viabilité à long terme des populations biologiques. Les dits-éléments ne sont pas définis selon leur rareté mais selon les fonctions dont ils sont le siège.

La notion d'échelle des processus écologiques a été questionnée (voir Partie 2 et Partie 4) dans le but d'énoncer des bases méthodologiques pour la définition de l'aire d'évaluation des impacts. L'analyse de ces différentes approches nous a permis d'ébaucher des pistes de réflexion pour la conception prenant en compte les concepts de l'écologie du paysage.

En l'état actuel de notre avancement nous tenons à formuler les limites suivantes. Un approfondissement rigoureux de l'analyse de nos ressources bibliographiques permettrait d'élaborer de nouvelles pistes de recherche parfois traitées de manière succincte dans ce document. Les thèmes qu'il serait souhaitable d'approfondir concernent :

- la définition d'outils de bioévaluation comme la définition d'espèces-parapluie¹⁸,
- le recensement et l'analyse critique des différentes méthodes d'échantillonnage utilisées lors du diagnostic écologique et des bilans environnementaux
- les modalités d'utilisation des corridors biologiques par les espèces et l'intérêt de la fréquentation de ces corridors pour la conservation de la biodiversité,
- la présentation de l'ensemble des indices paysagers et l'analyse de leur utilité pour les bureaux d'études
- L'analyse approfondie des différents modèles de viabilité des populations.

¹⁸ Espèce dont la présence reflète une bonne qualité de conservation des écosystèmes

Bibliographie

- Auger, P., Baudry, J. et Fournier, F. (1992). Hiérarchies et échelles en écologie. Naturalia Publications.
- Baguette, M. (2004) The classical metapopulation theory and the real, natural world: a critical appraisal. *Basic and Applied Ecology* 5: 213-224.
- Baker, P.J., Harris, S., Robertson, C.P.J., Saunders, G. and White, C.L. (2004) Is it possible to monitor mammal population changes from counts of road traffic casualties? An analysis using Bristol's red foxes *Vulpes vulpes* as an example. *Mammal Review* 34 : 115-130
- Ballent, G. (1996) La forêt paysanne et l'aménagement de l'espace rural, in *La forêt paysanne dans l'espace rural. Biodiversité, paysages, produits*. I.N.R.A, Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement, 29 : 7-14
- Baudry, J., Laurent, C., Denis, D. (1991). A hierarchical framework for studying landcover patterns changes from an ecological and an economical stand point concepts and results in Normandy research. Comparisons of landscape pattern dynamics in european rural areas. EUROMAB Research Program. Ukraine/Normandy, 104-114.
- Baudry, J., Rouleau, J-N. & Burel, F. (1995) Les dépendances vertes des autoroutes: du verdissement à l'intégration dans le fonctionnement écologiques des paysages. *Nature-Science-Sociétés*, Hors-série, 77-83.
- Baudvin, H. (1998) La mortalité animale liée à l'autoroute : quelles espèces ? Comment limiter les dégâts ? In : Actes des 3^{ème} Rencontres « Routes et Fauna sauvage », 30 septembre au 2 Octobre 1998, SETRA (Ed.), Bagnaux. p. 151-156
- Baszynski, S., Bérion, P., Faivre, E., Grosjean, F., Mathieu, D. (2005) Observatoire de l'autoroute A39: bilan des observatoires 1993-2004. Agriculture et industries agroalimentaires. CETE de Lyon.*
- Béguin F., 1995. Le paysage. Paris, Editions Flammarion
- Berque A., 1995. Les raisons du paysage. Paris, Editions Hazan.
- BCEOM Michel, P. (2001) L'Etude d'impact sur l'environnement. BCEOM, Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement (Ed.), Paris. 119 p.
- Beinat, E., (1997) Value Functions for Environmental Management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Bennett, A.F. (1991) Roads, roadsides and wildlife conservation. *Nature conservation 2: The role of corridors*. D.A. Saunders and R.J. Kobbs, Surey Beatty & Sons eds., Chipping Norton, Australia, 99-117.
- Bertand C., Bertrand G., 2002. Une géographie traversière : l'environnement à travers territoires et temporalités. Paris : Arguments. 311 p.
- Bigando E., 2004. Entre le social et le sensible, l'émergence d'une paysage ordinaire. In : BAGF, 2, 205-218.
- Bourlière, F. et Lamotte, M. (1978) La notion d'écosystèmes. P 1-16, in : M. Lamotte et F. Bourlière, *Problèmes d'écologie : écosystèmes terrestres*, Masson Ed., Paris. 345 p.
- Burel, F. et Baudry, J. (1999) *Ecologie du paysage : concepts, méthodes et applications*. Tec & Doc, Paris.
- Burgess, R.L., & Sharpe, D.M. (1981). *Forest island dynamics in man-dominated landscapes*. Springer, New-York.
- Caille-Cattin, C., 2003. Représentations paysagères : quelles perspectives pour l'aménagement ? In : 6^{ème} Rencontres de Théo Quant.
- Clarke, G.P., White, P.C.L. et Harris, S. (1998) Effects of roads on badger *Meles meles* populations in south-west England. *Biological Conservation* 86 : 117-124

Clergeau, P. et Lefeuvre, J.-C. (1992) Impact biologique de la fragmentation forestière : application à un projet autoroutier dans les massifs forestiers de Haute-Bretagne, Rapport ONF, 32 p.

Clergeau, P. et Désiré, G. (1999) Biodiversité, paysage et aménagement: du corridor à la zone de connexion biologique. Mappemonde, 55: 19-23.

Clergeau, P., et Ménard, P. (2001) La notion de zone de connexion biologique : son application en aménagement du territoire. Mappemonde 64 : 24-29

Clevenger, A.P., Chruszcz, B. and Gunso, K. (2001) Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology*, 38: 1340-1349

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

COST-Action 341 (2001) Fragmentation de l'habitat due aux infrastructures de transport terrestre: Etat de l'art. Rapport de la France. SETRA, Bagnaux. 189 pp.

COST 341: Iuell, B., Bekker, G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlavac, V., Keller, V.B., Rosell, C., Sangwine, T., Torslov, N., Wandall, B. le Maire, (Eds.) 2003. *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*.

Coumoul, H. & Chavaren, P. (1992). Guide d'entretien des dépendances vertes. Autoroutes du Sud de la France.

Cresswell, P., Harris, S., Jefferies, D.J. (1990). *The History, Distribution, Status and Habitat Requirements of the Badger in Britain*. Nature Conservancy Council, Peterborough.

Da Lage A., Métaillé G. (coord.), 2000. *Dictionnaire de biogéographie végétale*. Paris : CNRS Ed., 579 p.

Dajoz, R. (1971) *Précis d'écologie*. Dunod Ed. (2^{ème} Ed.), Paris 434 pp.

Davodeau H., 2003. *La sensibilité paysagère à l'épreuve de la gestion territoriale (paysages et politiques publiques de l'aménagement en Pays de la Loire)*. Thèse de doctorat de géographie : Université d'Angers.

Dobson, A.P. (1996) *Conservation and biology*. Scientific American Library, New-York.

Doncaster, C.P., (1999) Can badgers affect the use of tunnels by hedgehogs? A review of literature. *Lutra* 42: 59-64

Duguet, R., Melki, F. et Ruffray, V. in ACEMAV coll. (2003) *Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg*. Duguet, R. et Melki, F. (EDS.). Biotope, Mèze, France. 480 p.

Duvigneaux, J., & Fasseaux, W. (1991) *Puccinellia distans*: une graminée en voie d'extension en Belgique. *Dumorteria*, 48: 1-4.

Fahrig, L. (1997). Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *Journal of Wildlife Management* 61(3): 603-610.

Faivre E., 2003a. *Autoroutes, activités et territoires : propositions méthodologiques pour évaluer l'impact de l'autoroute sur la spatialisation des activités*. In : 6^{ème} Rencontres de Théo Quant.

Faivre E., 2003b. *Infrastructures autoroutières, mobilité et dynamiques territoriales*. Thèse de Doctorat : Université de Franche-Comté.

Forman, R.T.T et Godron, M. (1986) *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons, New York.

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

Forman, R.T.T, Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, C.D. Dale, V.H., Fahrig, L. France, R., Goldman, C.R., Heanue, K., Jones, J.A, Swanson, F.J., Turrentine, T. et Winter, T.C. (2003) *Road Ecology*. Island Press, 481 p.

Frontier, S., Pichod-Viale, D., Leprêtre, A., Davoult, D., Luczak, C. (2004) *Ecosystèmes : Structure, fonctionnement, évolution*. Dunod Ed. (3^{ème} Ed.), Paris . 546 p.

Gardner, R.H., Milne, B.T., Turner, M.G., O'Neil, R.V. (1987) Neutral models for the analysis of broad-scale landscape pattern. *Landscape Ecology* 1: 5-18.

Gasser, M., Varlet, J., Bakalowicz, M. (2004) Autoroutes et aménagements: interactions avec l'environnement. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.

Gerlach, G. and Musolf, K. (2000) Fragmentation of landscape as a cause for genetic Subdivision in Bank Voles. *Conservation Biology* 14: 1066-1074

Gelbard, J.L., & Belnap, J. (2003). Roads as conduits for exotic plant invasion in a semiarid landscape. *Conservation Biology*, 17: 420-432.

Geneletti, D. (2002) Biodiversity Impact Assessment of roads: an approach based on ecosystem rarity. *Environmental Impact Assessment Review* 23 : 343-365.

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: 1-15.

George, P. (1974) Dictionnaire de la Géographie. P.U.F. Ed., Paris, 145 p.

Giles, R.H., Trani, M.K. (1999) Key elements of landscape pattern measures. *Environmental. Manage* 23(4): 477-481.

Gullinck, H., Walpot, O., Janssens, P., (1993). Landscape structural analysis of central Belgium using SPOT data. In: Haines-Young, R., Green, R.R., Cousins, S. (Eds.), *Landscape Ecology and Geographic Information Systems*. Taylor & Francis, London, pp. 129-139.

Hanski, I. (1994) Patch-occupancy dynamics in fragmented landscapes. *Trends in Ecology & Evolution* 9: 131-135

Hanski, I. and Ovaskainen, O. (2003) Metapopulation theory for fragmented landscapes. *Theoretical Population Biology* 64: 119-127.

Hartl, G.B., Zachos, F.E., Nadlinger, K., Ratkiewicz, M., Klein, K. and Lang, G. (2005) Allozyme and mitochondrial DNA analysis of French red deer (*Cervus elaphus*) populations: genetic structure and its implications for management and conservation. *Mammalian Biology* 70 : 24-34

Hauer, S., Ansoerge, H. and Zinke, O. (2002). Mortality patterns of otters (*Lutra lutra*) from eastern Germany. *Journal of Zoology* 256: 361-368

Huijser, M.P. and Bergers, P.J.M. (2000) The effect of roads and traffic on hedgehog (*Erinaceus europaeus*) populations. *Biological Conservation* 95 : 111-116.

James, A.R.C, Stuart-Smith, A.K. (2000) Distribution of caribou and wolves in relation to linear corridors. *Journal of Wildlife Management* 64, 154-159.

Jouveniaux, J. (1987) Influence de la mise en service d'une autoroute sur la faune sauvage: étude et mortalité animale sur l'autoroute A36, quatre années de suivi. In: Actes du colloque routes et faune sauvage 5-7 Juin 1985. SETRA, 211-218.

Keller, I., Nentwig, W., and Largiadèr, C.R. (2004) Recent habitat fragmentation due to roads can lead to significant genetic differentiation in an abundant flightless ground beetle. *Molecular Ecology* 13 : 2983-2994

Knaapen, J.P., Scheffer, M., et Harms, B. (1992) Estimate habitat fragmentation in landscape planning. *Landscape and Urban Planning* 23: 1-16.

Koestler, A. (1967) *The ghost in the machine*, Macmillan. New York.

Krummel, J. R., Gardner, R.H., Sugihara G., O'Neil, R.V., Coleman, P.R. (1987). Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos*, 48: 321-324.

Lafranchis T., 2000, *Les Papillons de jour de France, Belgique et Luxembourg et leurs chenilles*, Parthénope Collection, Biotope, Mèze, 448 p.

Lefeuvre, J.C. et Barnaud, G. (1988) L'écologie du paysage : mythe ou réalité ? *Bulletin d'Ecologie* 19 : 493-522.

Le Moigne, J.L. (1977). *La théorie du système général, Théorie de la modélisation*. Paris: Presses Universitaires de France.

Levins, R. (1969) Extinctions. In : *Some mathematical questions in biology*, American Mathematics Society ? Providence, Rhode Island, 2 : 77-107.

- Lévy et Lussault, 2003. Dictionnaire de la géographie de l'espace et des sociétés.
- Long, G. (1975) Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. 2 tomes. Masson Ed., Paris, (le tome II en collaboration avec Ph. Daget, M. Godron, J.L. Guillermin, M. Marange, J. Poissonet)
- Mac Arthur, R.H., Wilson, E.O. (1963) An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution* 17: 319-327.
- McGarigal, K., Romme, W.H., Crist, M., Roworth, E., (2001). Cumulative effects of roads and logging on landscape structure in the San Juan Mountains, Colorado (USA). *Landscape Ecol.* 16: 327-349.
- Maurer, M.E., (1999) Développement de community-based, landscape-level terrestrial mitigation decision support system for transportation planners. In: Evink G.L., Garrett, P., Zeigler, D., (Eds.), *Proceedings of the Third Conference on Wildlife Ecology and Transportation*. Florida Department of Transportation, Tallahassee.
- May, R.M. (1989). Levels of organization in ecology. In: C.J.M. *Ecological concepts*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, 339-363.
- Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2004) *Stratégie française pour la biodiversité: enjeux, finalités, orientations*. 52 p.
- Meek, P.D., Saunders, G., (2000). Home ranges and movement of foxes (*Vulpes vulpes*) in coastal New South Wales Australia. *Wildlife Research* 27: 663-666.
- Melki, F. (2002) *Guide sur la prise en compte des milieux naturels dans les études d'impact*. DIREN Midi-Pyrénées, Biotope, Mèze. 71 p.
- Meunier, F., Verheyden, C. et Jouventin, P. (1998) Les dépendances vertes autoroutières : une structure linéaire à intégrer dans le fonctionnement écologiques des paysages agricoles. In : *Actes des 3^{ème} Rencontres « Routes et Faune sauvage »*, 30 septembre au 2 Octobre 1998, SETRA (Ed.), Bagneux.
- Müller, S. (2004) *Plantes invasives en France*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 168p. (Patrimoines naturels, 62).
- MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE et WWF, 1994. - *Le livre rouge, inventaire de la faune menacée en France*. Ed. Nathan 176 p.
- Naveh, Z. (1984) Towards a transdisciplinary conceptual framework of landscape ecology. Vol. 1, p. 35-45, in: J. Brandt et P. Agger, *Methodology in landscape ecological research and planning*. Proceeding of the first international seminar of the International Association of Landscape Ecology (I.A.L.E), Roskilde, Denmark, 15-19 Oct. 1984, Roskilde Universitetsforlag GeoRuc Ed.
- Naveh, Z. et Lieberman, A.S. (1984) *Landscape ecology : Theory and applications*. Springer-Verlag Ed., München, 356 p.
- Paillat, G. et Butet, A. (1994) Fragmentation et connectivité dans les paysages: importance des habitats corridors pour les petits mammifères. *Arvicola*, 6 : 5-12.
- Pain, G. (2001) *Effets de la fragmentation des milieux sur la structure spatiale et la dynamique des populations animales : contribution à l'analyse écologique du paysage au développement de modèles d'évaluation environnementales*. Thèse de l'Ecole Supérieure Agronomique de Rennes. 164 pp.
- Palmeri, F., Gibelli, M.G., (1997). Valutazione di impatto ambientale e paesaggio: il caso della ferrovia Trento-Malè. In: Ingegnoli V. (Ed.), *Esercizi di ecologia de paesaggio*. Città Studi, Milano, pp. 169-201.
- Panchout, J. (2006). *Guide méthodologique des demandes d'autorisation relative aux opérations sur les espèces protégées en France*. Document interne Biotope – ENGREF, 72 p.
- Pickett, S.T.A, White, P.S. (eds), 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, Orlando.
- Petit, S. (1994) *Métapopulations dans les réseaux bocagers: analyse spatiale et diffusion*. Thèse de l'Université de Rennes 1, 155 p.
- Phipps, M., Berdoulay, V. (1985) Paysages, systèmes, organisation. P. 9-19, in : V. Berdoulay et M. Phipps, *Paysage et système*. Univ. Ottawa Ed., 195 p.
- Pulliam, H.R. (1988) Sources, sinks and population regulation. *American Naturalist*, 132: 652-661.
- Ramade, F. (1974) *Eléments d'Ecologie appliquée*. Ediscience/mcGraw-Hill Ed., Paris, 522 p.

Reading, C.J.(1989) Opportunistic predation of common toads *Bufo bufo* at a drift fence in southern England. In: Langston Tunnel Conference. Redsbury, Federal Republic of Germany, 7-8 January 1989. Aco Polymer Products, Bedfordshire England, pp 105-112.

Reed D.H. (2004) Extinction risk in fragmented habitats. *Animal Conservation* 7: 181-191

Reed, R.H. and Hobbs G.R. (2004) The relationship between population size and temporal variability in population size. *Animal Conservation* 7: 1-8.

Richards, C.M. (2000) Inbreeding depression and genetic rescue in a plant metapopulation. *American Naturalist* 155: 383-394.

Rosnay (De) J., 1975. *La macroscopie : vers une vision globale*. Paris : Ed. du Seuil, 340 p.

Rostland, J. (1991). Consequence of forest fragmentation for the dynamics of bird populations: conceptual issues and the evidence. *Biological journal of Linnean society* 42: 149-163.

Rusch, D.H. (1895) Research on highway-wildlife relationships in the United States. In: Bernard, J., Lansiaert, M., Kempf, C., Tille, M. (Eds.), *Routes et faune sauvage*. Actes du colloque. Ministère de l'Équipement du Territoire et des Transports. Bagneux-Cedex, France, pp 153-157.

Saunders, D.A. Hobbs, R.J. & Margules, C.R. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation : a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.

SDAGE (1996), Schéma d'aménagement et de gestion de l'Eau du bassin Seine-Normandie. Agence de l'Eau Seine-Normandie.

SETRA (1997) Projets routiers interurbains: les études d'environnement dans les projets routiers. Guide méthodologique. SETRA, CERTU (Eds.), Bagneux. 307 pp

SETRA. (1998) Collisions véhicules - Grands Mammifères Sauvages: Evolution entre les inventaires de 1984-1986 et 1993-1994. Note d'information. 8 pp.

SETRA (2005) Guide Technique: Aménagements et mesures pour la petite faune. Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer. 264 p.

Stapp, P. (1997) Community structure of shortgrass prairie rodents: competition or risk of intraguild predation? *Ecology* 78, 1519-1530.

Tikka, P.M., Högmander, H., & Koski, P.S. (2001). Road and rail verges serve as a dispersal corridors for grassland plant. *Landscape Ecology*, 16: 659-666.

Tourneux F-P., 2000. Modes de représentation des paysages. Thèse de doctorat : Université de Franche-Comté.

Treweek, J., Veitch, N., (1996). The potential application of GIS and remotely sensed data to the ecological assessment of proposed new road schemes. *Global Ecology and Biogeography Letters*. 5: 249-257.

Verboom, J. (1995) Dispersal of animal. A model study: summary. Directorate-General for Hydraulic Engineering Division., Delft, The Netherlands, 8 pp.

Verkaar, H.J.P.A. (1990) Corridors as tool for plant species conservation? In R.G.H. Bunce, & D.C. Howard (Eds.), *Species dispersal in agricultural habitats*. London, New York: Belhaven Press.

Vermeulen, H.J.W. (1995) General discussion. In *Road-side verges: habitat and corridor for carabid beetles of poor sandy and open areas*, pp. 111-121, Wageningen.

Verneaux, V. (2004) L'A39 e les étangs de Bressans. In: Gasser, M, Varlet, J. et Bakalowicz, M. (Eds.) *Autoroutes et aménagements: Interactions avec l'environnement*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne. p. 183-194.

Waechter, A., Schirmer, R. (1987). Cinq années d'observation de la mortalité animale sur la chaussée de l'autoroute A36 dans la vallée de la Doller. In: Actes du colloque Route et Faune sauvage 5-7 Juin 1985, SETRA pp. 139-150.

Watson, J. and Dennis, R.H. (1992) Nest-site selection by Golden Eagles in Scotland. *British Birds* 85: 469-481.

Wencel, M.C. (2001) *Le Grand Hamster Cricetus cricetus*. Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage. 68 p.

Wilcox, B. A. & Murphy, D.D. (1985). Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *The American Naturalist* 125: 879-887.

Yanes, M.J., Velasco, M. and Suarez, F. (1995) Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. *Biological Conservation* 71: 217-222

Yeatman-Berthelot D. & Roccamora G. 1999. Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorités. Population. Tendances. Menaces. Conservation. Société d'Études Ornithologiques de France / Ligue pour la Protection des Oiseaux. Paris. 560 p.

Zurlini, G., Rossi, O., Ferrarini, A., Rossi, P., Zaccarelli, N. (2001) Assessing multi-scale fragility of landscapes: concepts, methods, and recent result of the map of Italian nature. In: Belward, A., Binaghi, E., Brivio, P.A., Lanzarone, G.A., Tossi, G. (Eds.), *Proceedings of the International Workshop on Geo-Spatial Knowledge Processing for Natural Resource Management*, Varese, pp. 153-159.

Zwaenepoel, A., Roovers, P. and Hermy, M. (2006) Motor vehicles as vectors of plant species from road verges in suburban environment. *Basic and Applied Ecology* 7: 83-93.

ANNEXES

Annexe 1 - Grilles d'entretien administratif et scientifique

<p>GRILLE D'ENTRETIEN APR « INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT TERRESTRE / ECOSYSTEMES / PAYSAGE » POUR LES PERSONNES RESSOURCES AU SEIN DES ADMINISTRATIONS</p>

Organisme :

Nom :

Date :

Coordonnées :

A] Présentation, connaissance et perception de l'APR « Etat des lieux de la connaissance et de l'attente des acteurs sur l'impact des infrastructures de transport terrestre sur le fonctionnement des écosystèmes et des paysages » :

Connaissez-vous le travail et les objectifs du PREDIT ?

Savez-vous que le MEDD a lancé un pré-appel à proposition de recherche sur l'évaluation de la connaissance et de l'attente des acteurs sur l'impact des infrastructures de transport terrestre sur le fonctionnement des écosystèmes et des paysages ?

Comment formuleriez-vous vos attentes concernant l'impact des infrastructures de transport terrestre (ITT) sur le fonctionnement des écosystèmes ?

Quels problèmes concernant l'évaluation de l'impact des ITT avez-vous déjà identifié ?

B] Connaissances et compétences sur les infrastructures de transport terrestre et leurs impacts.

Sur quel(s) projet(s) de grandes infrastructures avez-vous travaillé ?

A quel(s) stade(s) d'avancement du projet êtes-vous intervenu ?

Pouvez-vous nous citer les différents partenaires du dit projet ?

Quel est votre spécialité au sein de votre structure ?

Etes-vous sensibilisé aux notions d'impact direct ? Indirect ? Induit ? Cumulatif ? Temporaire ? Permanent ?

[poser cette question pour chaque catégorie d'impact] Pouvez-vous nous citer des exemples d'impacts liés aux infrastructures de transport terrestre, en précisant à quelles stades du projet ils se produisent ?

Parmi ces impacts, quels sont ceux qui sont les mieux appréhendés ?

Au contraire, quels sont les impacts qui ont pu être omis ou bien sous-estimés dans certains projets ?

Selon vous, quels peuvent-être les raisons de la difficulté à évaluer avec justesse ces impacts ?

Pensez-vous qu'il existe des différences entre les impacts liés aux projets de réseaux autoroutiers et ceux liés les projets de réseaux ferrés ?

Si oui, sont-elles d'ordre **qualitatif** (*exemple : la chaleur emmagasinée par l'asphalte des routes induit une ascendance de l'air qui agit comme une barrière pour certains papillons de jour, cet impact n'est pas retrouvé pour le ballaste des LGV*) ou d'ordre **quantitatif** (*exemple : les collisions sont plus importants sur les autoroutes que sur les LGV*) ?

Pensez-vous qu'une synthèse sous forme de listing des impacts liés aux infrastructures puisse améliorer leur évaluation dans les études ? faciliter leur prise en compte administrative ?

Selon vous est-il possible de hiérarchiser les impacts ?

Cette hiérarchisation des impacts vous semble-t-elle pertinente ?

Pensez-vous que certains aspects méthodologiques des études d'incidences puissent être applicables à l'évaluation des impacts dans le cas des aménagement autoroutiers et ferrés ?

C] Echelle des territoires et aire d'étude.

Que pensez-vous des aires d'étude proposées dans les cahiers des charges ?

Permettent-elles selon vous de bien intégrer les aspects fonctionnels des milieux naturels ?

Avez-vous été amené à définir des aires d'étude ? Si oui, quels critères avez-vous retenu ?

Pensez-vous que l'utilisation d'un SIG intégrant l'occupation du sol sur un territoire assez large puisse permettre de mieux appréhender les impacts sur le milieu naturel ?

D] La question de la nature ordinaire.

Définition et rôle de la nature ordinaire :

Comment définiriez-vous la nature ordinaire ?

Comment percevez-vous son rôle pour le fonctionnement de l'éco-complexe ?

Peut-elle selon vous permettre le maintien de la nature *extraordinaire* ?

Etes-vous familier avec les concepts d'écologie du paysage ?

Pensez-vous que ces concepts puissent permettre une considération pertinente de la nature ordinaire ?

Pensez-vous à des outils qui puissent permettre de rendre compte de son rôle ?

Effet des remembrements article 10 sur la fonctionnement des écosystèmes.

[La question du remembrement peut être abordée plus tôt, notamment lors du questionnement des impacts. Cependant on peut considérer que les modifications qui touchent les paysages agricoles sont synonymes d'une restructuration spatiale d'une nature ordinaire]

Pouvez-vous nous préciser le cadre juridique d'un remembrement connexe au passage d'une infrastructure de transport terrestre.

Les remembrements connexes au passage d'une infrastructure autoroutière et/ou ferrée peuvent induire des modifications importantes de l'occupation du sol. Quelles peuvent être selon vous les conséquences sur le fonctionnement des écosystèmes d'une telle modification de la structure du paysage ?

Pouvez-vous nous illustrer ces conséquences par des exemples concrets ?

Pouvez-vous nous préciser les acteurs impliqués dans une procédure de remembrement ?

Le maître d'ouvrage est-il impliqué dans cette procédure ?

Connaissez-vous les exigences des cahiers des charges pour les études d'environnement dans le cadre des procédures de remembrement ?

Temps de cicatrisation des milieux perturbés (recolonisation des talus, colonisation d'une mare de substitution, retour de l'avifaune après les travaux,...)

E] Mesures de suppression, de réduction, de compensation et d'accompagnement.

Pouvez-vous nous citer des mesures (de suppression, de réduction, de compensation,...) qui ont été recommandées et/ou mises dans les projets auxquels vous avez participé ?

Pensez-vous à des mesures qui soient spécifiques à l'un des types de projet ?

Si elles existent quelles sont les difficultés d'application de ces mesures ?

Mesures ayant pour but de limiter l'emprise directe des travaux :

[Mesures] Pouvez-vous nous citer des mesures pour limiter l'emprise directe des travaux ?

[Suivi] Au regard des aléas du chantier, trouvez-vous pertinent qu'un écologue ou ingénieur écologue soit présent lors de la phase travaux ?

Si oui, comment imaginez-vous son implication (temps de présence sur le chantier, présence dans des réunions de suivi de chantier,...) ?

Mesures ayant pour but de limiter l'effet de coupure des habitats :

Pouvez-vous nous citer des mesures facilitant le franchissement de l'infrastructure par la faune ?

Quelles raisons peuvent, selon vous, expliquer l'absence d'applications de ces mesures ?

Lors de l'implantation de passages grande faune et mixtes, quelles structures paysagères sont utilisées aux abords et dans une aire proche des ouvrages ?

Quelle est le mode de gestion de ces structures paysagères ?

Pensez-vous à des mesures qui puissent limiter les perturbations liées à l'éclairage artificiel des autoroutes ? Pouvez-vous nous citer des exemples de ces mesures en France, à l'étranger ?

Pensez-vous à des exemples de structures facilitant le passage d'animaux volant à basse altitude (certaines chauve-souris, espèce d'oiseau) ? Pouvez-vous nous citer des exemples de ces mesures en France, à l'étranger ?

Mesures ayant pour but de limiter la mortalité de la faune par collision :

Quel est notre recul sur la mortalité induite par les autoroutes ? les LGV ?

Est-ce que une espèce est touchée de manière similaire par ces deux types d'infrastructures ?

Quelles sont les mesures actuelles recommandées pour limiter la collision avec la moyenne faune ? la grande faune ?

Existe-t-il des mesures mises en place pour limiter les collisions avec les rapaces chassant en lisière ?

Quelles sont les études récentes de suivi de ces mesures ?

Mesures compensatoires mises en place pour limiter l'effet de la disparition d'habitat, ou bien la perte de la perte de leur fonction au sein de l'eco-complexe :

Existe-t-il des difficultés pour l'implantation des mares de substitution pour les amphibiens ? Si oui, pouvez-vous nous détailler ces difficultés ?

Pouvez-vous nous citer des exemples pour lesquels leur implantation ne répondait pas tout à fait aux exigences des recommandations faites lors de l'évaluation des impacts ? pour lesquels ces milieux n'ont pas pu être recréés ?

Quel recul possédez-vous sur le fonctionnement à moyen et long terme de ce type de mesure ? Pouvez-vous nous citer vos partenaires en charge du suivi de ce type de mesure ?

Pouvez-vous nous citer des exemples de restauration de milieux réalisés dans le cadre de projets d'aménagement autoroutier ? d'aménagement ferré ?

Selon vous est-ce que ces milieux favorisent un retour de la biodiversité initiale ? induisent un accroissement ou une diminution de la biodiversité existante ?

Quel est le retour d'expérience pour ce type de mesure ?

GRILLE D'ENTRETIEN SCIENTIFIQUE
--

Organisme :

Nom :

Date :

Coordonnées :

A] Présentation, connaissance et perception de l'APR « Etat des lieux de la connaissance et de l'attente des acteurs sur l'impact des infrastructures de transport terrestre sur le fonctionnement des écosystèmes et des paysages » :

Connaissez-vous le travail et les objectifs du **PREDIT** ?

Savez-vous que le **MEDD a lancé un pré-appel à proposition de recherche** sur l'évaluation de la connaissance et de l'attente des acteurs sur l'impact des infrastructures de transport terrestre sur le fonctionnement des écosystèmes et des paysages ?

B] Implication de la communauté scientifique dans les études et/ou programmes de recherche liés à l'évaluation des impacts des infrastructures de transport terrestre sur le fonctionnement des écosystèmes :

Pouvez-vous nous préciser vos **champs d'investigation scientifiques** ?

Quelles **hypothèses de recherche** avez-vous retenu?

Avez-vous été **consulté en tant qu'expert** du fonctionnement des écosystèmes dans un contexte d'évaluation des impacts liés aux infrastructures de transport terrestre ?

Pouvez-vous nous préciser le **cadre de votre intervention** ?

Connaissez-vous des **scientifiques et/ou des équipes de recherche** en France et à l'étranger dont le travail est orienté vers l'évaluation des impacts sur les écosystèmes des infrastructures de transport terrestre (ITT) ?

C] Connaissances et compétences sur les infrastructures de transport terrestre et leurs impacts.

Quel(s) **projet(s) de grandes infrastructures** avez-vous étudié ?

A quel(s) **stade(s) d'avancement du projet** êtes-vous intervenu ?

Pouvez-vous nous citer les **différents partenaires** du dit projet ?

Etes-vous **familier des notions d'impact** direct ? Indirect ? Induit ? Cumulatif ? Temporaire ? Permanent ?

Pensez-vous que cette **classification soit pertinente** ?

[Pour chaque catégorie d'impact] Pouvez-vous nous **citer des exemples d'impacts** liés aux infrastructures de transport terrestre, en précisant à quelles **stades du projet** ils se produisent ?

Parmi ces impacts, quels sont ceux qui sont les mieux **appréhendés** ?

Au contraire, quels sont les impacts qui ont pu être **omis ou bien sous-estimés** dans certains projets ?

Selon vous, quels peuvent-être les **raisons de la difficulté à évaluer avec justesse ces impacts** ?

Selon vous quelles **méthodes** / quels **outils** permettraient de mieux les évaluer ?

Dans quels domaines scientifiques doit-on faire **progresser la connaissance** dans le but de d'améliorer leur évaluation ?

Ces méthodes et outils sont-ils **utilisables par les bureaux d'études** ainsi que par le monde administratif ?

Pensez-vous qu'il existe des **différences entre les impacts liés aux projets de réseaux autoroutiers et ceux liés les projets de réseaux ferrés** ?

Si oui, sont-elles d'ordre **qualitatif** (*exemple : la chaleur emmagasinée par l'asphalte des routes induit une ascendance de l'air qui agit comme une barrière pour certains papillons de jour, cet impact n'est pas retrouvé pour le ballaste des LGV*) ou d'ordre **quantitatif** (*exemple : les collisions sont plus importants sur les autoroutes que sur les LGV*) ?

Selon vous est-il **possible de hiérarchiser** les impacts ?

Cette hiérarchisation des impacts vous semble-t-elle **pertinente** ?

D] Echelle des territoires et aire d'étude.

Pensez-vous que les aires d'étude proposées dans les cahiers des charges permettent de bien intégrer les aspects fonctionnels des milieux naturels ?

Pensez-vous que l'utilisation d'un SIG intégrant l'occupation du sol sur un territoire assez large puisse permettre de mieux appréhender les impacts sur le milieu naturel ?

...

E] La question de la nature ordinaire.

➤ Définition et rôle de la nature ordinaire :

Le **concept de nature ordinaire** vous semble-t-il pertinent ?

Comment **définiriez**-vous cette nature ordinaire ?

Comment percevez-vous **son rôle pour le fonctionnement** de l'éco-complexe ?

Peut-elle selon vous permettre le **maintien de la nature extraordinaire** ?

Pensez-vous que les concepts d'écologie du paysage puissent permettre une considération pertinente de la nature ordinaire ?

Quels outils pourraient permettre de rendre compte de son rôle ?

➤ Effet des remembrements postérieurs à l'implantation d'une infrastructure linéaire sur la fonctionnement des écosystèmes.

Les remembrements connexes au passage d'une infrastructure autoroutière et/ou ferrée peuvent induire des modifications importantes de l'occupation du sol. Quelles peuvent être selon vous les **conséquences sur le fonctionnement des écosystèmes** d'une telle modification de la structure du paysage ?

Pouvez-vous nous **illustrer ces conséquences** par des exemples concrets ?

Connaissez-vous le **cadre juridique d'un remembrement connexe au passage d'une infrastructure de transport terrestre** ?

Pouvez-vous nous préciser les **acteurs impliqués dans une procédure de remembrement** ?

Le **maître d'ouvrage** de l'infrastructure est-il impliqué dans cette procédure ?

Connaissez-vous les **exigences des cahiers des charges** pour les études d'environnement dans le cadre des procédures de remembrement ?

➤ *Evaluation de la fragmentation des habitats sur le fonctionnement des écosystèmes :*

Les **indices de connectivité / de fragmentation (indices paysagers de manière générales)** sont-ils des outils pertinents pour évaluer la *pérennité du fonctionnement de l'écosystèmes* ? pour mettre en lumière *l'importance de la nature ordinaire dans la viabilité de ce fonctionnement* ?

Quels **paramètres** doit-on retenir pour la définition de ces indices (taille des taches d'habitat, distances entre les taches, richesse intrinsèques, effet source/puits des structures paysagères,...) ?

Quelles méthodes (théoriques ou empiriques) peuvent nous permettre de **pondérer** ces différents paramètres ?

Pouvez-vous nous préciser l'influence du choix de **l'aire d'étude et de la résolution spatiale** sur la perception des modifications de la fonctionnalité des écosystèmes ?

Pouvez-vous nous apporter des précisions sur **l'évaluation de la qualité des corridors** biologiques ?

E] Mesures de suppression, de réduction, de compensation et d'accompagnement.

Pouvez-vous nous **citer des mesures** (de suppression, de réduction, de compensation,...) qui ont été recommandées et/ou sont efficaces dans les projets auxquels vous avez participé ?

Pensez-vous à des mesures qui soient **spécifiques** à l'un des types de projet ?

Si elles existent quelles sont les **difficultés d'application** de ces mesures ?

Mesures ayant pour but de limiter l'emprise directe des travaux :

[Mesures] Pouvez-vous nous citer des mesures pour limiter l'emprise directe des travaux ?

[Suivi] Au regard des aléas du chantier, trouvez-vous pertinent qu'un écologue ou ingénieur écologue soit présent lors de la phase travaux ?

Si oui, comment imaginez-vous son implication (temps de présence sur le chantier, présence dans des réunions de suivi de chantier,...) ?

Mesures ayant pour but de limiter l'effet de coupure des habitats :

Pouvez-vous nous citer des mesures facilitant le franchissement de l'infrastructure par la faune ?

Quelles raisons peuvent, selon vous, expliquer l'absence d'applications de ces mesures ?

Lors de l'implantation de passages grande faune et mixtes, quelles structures paysagères sont utilisées aux abords et dans une aire proche des ouvrages ?

Quelle est le mode de gestion de ces structures paysagères ?

Quelle est l'influence de la structure de ces abords sur l'efficacité des ouvrages ?

Pensez-vous à des mesures qui puissent limiter les perturbations liées à l'éclairage artificiel des autoroutes ? Pouvez-vous nous citer des exemples de ces mesures en France, à l'étranger ?

Pensez-vous à des exemples de structures facilitant le passage d'animaux volant à basse altitude (certaines chauve-souris, espèce d'oiseau) ? Pouvez-vous nous citer des exemples de ces mesures en France, à l'étranger ?

Mesures ayant pour but de limiter la mortalité de la faune par collision :

Quel est notre recul sur la mortalité induite par les autoroutes ? les LGV ?

Est-ce que une espèce est touchée de manière similaire par ces deux types d'infrastructures ?

Quelles sont les mesures actuelles recommandées pour limiter la collision avec la moyenne faune ? la grande faune ?

Existe-t-il des mesures mises en place pour limiter les collisions avec les rapaces chassant en lisière ?

Quelles sont les études récentes de suivi de ces mesures ?

Mesures compensatoires mises en place pour limiter l'effet de la disparition d'habitat,

ou bien la perte de la perte de leur fonction au sein de l' éco-complexe :

Existe-t-il des difficultés pour l'implantation des mares de substitution pour les amphibiens ?

Si oui, pouvez-vous nous détailler ces difficultés ?

Pouvez-vous nous citer des exemples pour lesquels leur implantation ne répondait pas tout à fait aux exigences des recommandations faites lors de l'évaluation des impacts ? pour lesquels ces milieux n'ont pas pu être recréés ?

Quel recul possédez-vous sur le fonctionnement à moyen et long terme de ce type de mesure ?
Pouvez-vous nous citer vos partenaires en charge du suivi de ce type de mesure ?

Pouvez-vous nous citer des exemples de restauration de milieux réalisés dans le cadre de projets d'aménagement autoroutier ? d'aménagement ferré ?

Selon vous est-ce que ces milieux favorisent un retour de la biodiversité initiale ? induisent un accroissement ou une diminution de la biodiversité existante ?

Quel est le retour d'expérience pour ce type de mesure ?

Temps de cicatrisation des milieux perturbés (recolonisation des talus, colonisation d'une mare de substitution, retour de l'avifaune après les travaux,...)

Annexe 2 - Suivi de la consultation des acteurs

Général	Organisme	Fonction	Nom
Administratif	MEDD	D4E / contact espèce protégée au MEDD	LACOUR Nathalie
Administratif	DIREN	Infrastructures et Energie	THORAVAL Laurence
Administratif	DIREN	Impacts des aménagements	GAGNOL Séverine
Administratif	DIREN	Infrastructure, air, bruit	LABBE-BOURDON Estelle
Administratif	DIREN	Infrastructures de transport	MEINIER Yves
Administratif	DIREN	Grandes Infrastructures	GENDRE Martine
Administratif	CETE de l'Est	Chargé de mission Environnement	CARSIGNOL Jean
Administratif	CETE de Lyon	Chargé de mission Environnement	NOROTTE Olivier
Administratif	CETE Méditerranée	Chargé de Mission Environnement	GERBEAUD - MAULIN Frédérique
Administratif	ONCFS	Chargé de Mission Environnement	LOSINGER Isabelle
Maître d'ouvrage	ASF	Responsable Développement durable	BEAUDU Fabienne
Maître d'ouvrage	APRR	Responsable Prospective et Développement Durable	LANGUMIER Jean-François
Maître d'ouvrage	COFIROUTE	chargé de mission environnement	GALLET Michel
Maître d'ouvrage	RFF	Chargé de mission LGV PACA	CONSTANS Joël
Maître d'ouvrage	RFF	Chargé de Mission LGV Méditerranée	RUIZ Jean-François
Maître d'ouvrage	RFF	Chargé de mission Suivi Environnemental LGV Est	RABAZEDA Sandrine

Maître d'ouvrage	SANEF	Chef de service	MARECHAL Guillaume
Maître d'ouvrage	SNCF	Chargé de mission environnement LGV Méditerranée	CLAVERIE Guy
Maître d'ouvrage	RFF (siège)	Chef de département du développement durable à Réseau ferré de France (RFF)	GUERRERO Anne
Bureau d'études	Biotope	Chef de projets	F. MELKI - T. MENU – C. POINSOT - M. PRAT - M. SOUQUET - V. RUFFRAY + chargés d'études - experts
Bureau d'études	ECONAT	Spécialiste des réseaux écologiques	BERTHOUD Guy
Bureau d'études	CERA - Environnement	Chef de projets	VERHEYDEN Christophe
Bureau d'études	SETEC International	chef de projet	LEGALLIC Yann, MEYER Eric
Scientifique	UMR ECOBIO (Université de Rennes 1)	Directeur de recherche	BUREL Françoise
Scientifique	UMR ECOBIO - INRA (Université de Rennes 1)	Directeur adjoint du Programme SCRIBE	CLERGEAU Philippe
Scientifique	Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers	Maître de conférences	PAIN Guillaume
Scientifique	UMR Théma - Université de Franche-Comté	Maître de conférences	BERION Pascal
Scientifique	Laboratoire d'Ecologie Alpine – Université de Savoie	Maître de conférences	Claude MIAUD
Scientifique	Muséum National d'Histoire Naturelle	Professeur / Maître de conférences	Patrick BLANDIN, Frédéric JIGUET
Scientifique	UMR Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux Université de Lyon 1	Professeur	JOLY Pierre HOTYAT Micheline, GRAMOND
Scientifique	Université Paris 4	Professeur / Maître de conférences	Delphine

Contacts internationaux

Québec / Canada	Nom	Adresse	tel	e-mail
Ministère des transports Québec	Beaumont, Jean-Pierre	Service de l'environnement et des études d'intégration au milieu, 35, rue Port-Royal Est, 4e étage, Montréal (Québec) H3L 3T1	(514) 873-5890	jean-pierre.beaumont@mtq.gouv.qc.ca
	Claude, Ginette	Inventaires et plan, 1725 Le Corbusier, Laval (Québec) H7S 2K7		claud.ginette@mtq.gouv.qc.ca
	Bédard, Yves	Inventaires et plan, 475, boulevard de l'Atrium, Québec (Québec) G1H 7H9	(418) 380-2003 poste 2225	yves.bedard@mtq.gouv.qc.ca
	Laroche, Sylvie	Service de la géomatique, 35, rue Port-Royal Est, 4e étage, Montréal (Québec) H3L 3T1	(514) 873-6301	sylvie.laroche@mtq.gouv.qc.ca
	Lafrance, Martin	Inventaires et plan 475, boulevard de l'Atrium Québec (Québec) G1H 7H9	(418) 380-2003 poste 2371	martin.lafrance@mtq.gouv.qc.ca
	Laparé, Richard	Inventaires et plan 1725 Le Corbusier, Laval (Québec) H7S 2K7	(450) 680-6333 poste 258	richard.lapare@mtq.gouv.qc.ca
	Mme Thérèse Trépanier	Chef de service, Service de l'Environnement et des études d'intégration au milieu	514-873-7148	therese.trepanier@mtq.gouv.qc.ca
Développement durable, Environnement, Parcs, Québec	Marie-Claude Théberge	Chef de service, direction des évaluations environnementales	(418)-5213933	marie-claude.theberge@mddep.gouv.qc.ca
Environnement Canada	Marc Provencher	Environnement Canada - gestionnaire en évaluation environnementale		marc.provencher@ec.gc.ca
Transport Canada	Linda Roberge	Transport Canada - Voies navigables		ROBERGL@tc.gc.ca
	Claire Michaud	Transports Canada -Surface et Infrastructures, gestionnaire des programmes de surface, pour la région du Québec		Michauc@tc.gc.ca
Université du Québec à Montréal	Jean-Philippe Waaub	Pr. Département de Géographie - Groupe d'Études Interdisciplinaires en Géographie et Environnement Régional	(514)-987 3000 poste 8908#	waaub.jp@uqam.ca
Université de Montréal	Philippe Poullaouec-Gonidec (CPEUM)	Université de Montréal		philippe.poullaouec-gonidec@umontreal.ca
	Gérald Domon	Université de Montréal	514.343.6298	gerald.domon@umontreal.ca

ESPAGNE	Organisme	Nom
ASPA		Jesus Giraldo Gutierrez del Olmo
Centre de Recherche sur les transports TRANSyT (Espagne)		Pr. Isabel OTERO-PASTOR
EIA asociacion espanola de evaluacion de impacto ambiental		Miguel Angel Casermeiro Martinez
UAM- Departamento de Ecologia		Juan E Malo Arrazola
Observatori del Paisatge de Catalunya		Juan Noguet
UAB- European Topic Centre on Terrestrial Environment		Françoise Breton et Alejandro IGLESIAS-CAMPOS
Servei de Paisatge. Departament de Política Territorial i Obres Públiques- Generalitat de Catalunya		Júlia Rubert i Tayà

BELGIQUE	Organisme	Nom
Consultants	STRATEC	Eric SCHARTZ – Nathalie VAN ISACKER
Consultants	SGS	Olivier GENERET

Contacts internationaux non consultés

*** Les Pays-Bas:**

Centre of Environmental Science, Leiden University, P.O. Box 9518, 2300 RA, Leiden, The Netherlands
 Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate-General of Public Works and Water Management, Road and Hydraulic Engineering Division, PO Box 5044, 2600 GA Delft, The Netherlands
 Corresponding author. Tel.: +31 15 2518341; email: r.cuperus@dww.rws.minvenw.nl

*** La Belgique:**

-pour des choses très théoriques (théorie des métapopulations et biologie de la conservation, naturaliste (papillons et oiseaux):
 M. Baguette, Biodiversity Research Centre, Catholic University Louvain, U. d'Ecologie et de Biogéographie, Croix du sud 4, Louvain-la-Neuve B-1348, Belgium; e-mail baguette@ecol.ucl.ac.be
 - agriculture et fragmentation :
 Hubert Gulinck, Laboratory for Forest, Nature and Landscape Research, Katholieke Universiteit Leuven, Vital Decosterstraat 102, B-3000 Leuven, Belgium
 Tel.: +32-16-329741; fax: +32-16-329760; email: hgulinck@agr.kuleuven.ac.be

*** L'Italie:**

- problématique liée aux routes
 David Geneletti, Department of Civil and Environmental Engineering (DICA), University of Trento, Via Mesiano, 77, 38100, Trento, Italy
 Email: davide.geneletti@ing.unitn.it

*** L'Ecosse:**

Elsa João, Department of Geography, University of Strathclyde, Graham Hills Building, 50 Richmond Street, Glasgow G1 1XN, Scotland, UK
 Email: elsa.joao@strath.ac.uk

***Canada/Québec:**

Anthony P. Clevenger, Parks Canada, Box 900, Banff, Alberta, Canada, T0L 0C0 (fax +1403 7623240; e-mail tony_clevenger@pch.gc.ca).

Liste des contacts référents dans les DIREN – non consultés

Institutions-Organismes	Nom Prénom	Responsabilité du contact
DIREN Nord-pas de Calais	LAUNAY Maurice	Service, Nature Territoire et Aménagements
DIREN Pays de la Loire	BASTIAN Suzanne	Agriculture-Biodiversité-Faune Sauvage
DIREN Picardie	BRIAT Alban	Infrastructures, Urbanisme OISE, chartes OISE
DIREN Centre	DUSSOUBS Gérard	Impacts des aménagements
DIREN Centre	MONTEILLET Sylvain	Impacts des aménagements
DIREN Poitou-Charentes	VERDON Christian	Aménagement durable
DIREN Bourgogne	GERMAIN Laurent	Chef de la cellule Nature
DIREN Franche-Comté	PIEL Arnaud	Réseau écologique de Franche-Comté / LGV Rhin-Rhône
DIREN Franche-Comté	BOUDARD Muriel	Infrastructures
DIREN Rhône-Alpes	CHATAIN Martine	Aménagement et Urbanisme
DIREN Rhône-Alpes	CARRIO Jean-Luc	Cellule Nature
DIREN Rhône-Alpes	MEINIER Yves	Infrastructures de transport
DIREN Languedoc-Roussillon	Alain RASLE	Aménagement et dvpt durable des territoires - Secteur Infrastructures
DIREN Basse-Normandie	QUESNEAU Bruno	Chargé de mission Equipements et environnement : Carrières, infrastructures routières, lignes électriques, éoliennes, canalisation gaz, bruit
DIREN Basse-Normandie	CLOUET Gérard	Adjoint au Directeur Régional Chef du service Nature, Paysage et Cadre de vie Secrétariat du Conseil Scientifique Régional de la Protection de la Nature (CSRPN)

***Contacts des personnes ressources au sein
des sociétés concessionnaires autoroutières et RFF en complément de ceux consultés***

Organisme	Fonction	Nom
ASF		CHAVAREN Philippe
ESCOTA	Chef de Service	CHABRIER L.
ESCOTA		DUMAS Jean Luc
ESCOTA		LAROCHE Philippe
ESCOTA		MAURICE Samuel
INGEROP SUD OUEST	Adjoint au Responsable du Service Infra	BARIN Lionel
INGEROP SUD OUEST	Responsable environnement Toulouse	VRINAT Marie Laure
INGEROP GRAND EST	Chargé de mission environnement dans les études d'impact	ROCHE Romain
INGEROP (EQUIPEMENT ET ENVIRONNEMENT)		ROSSI-FERRARI Isabelle
SANEF	Responsable département Construction rénovation	DEMEILLIERS Dominique
RFF	Chargé de Mission Environnement LGV Bretagne	FACON Eddy
SCETAUROUTE 31		BEAUSSILLON Serge
SCETAUROUTE 31	Chef de projet	HABASQUE Gilles
SCETAUROUTE PARIS		PRADON Stéphane
SETEC International	Chef de projet	LARGIER
S.I.E.E Montpellier Environnement	Responsable environnement SIEE	M DANET

Contacts des personnes ressources au sein de la communauté scientifique en complément de ceux consultés

Organisme	Spécialité	Nom Prénom
Laboratoire de Chizé	Spécialiste en herpétologie	BONNET Xavier
Muséum d'Histoire Naturelle de Bourges	Spécialiste en Chiroptérologie	ARTHUR Laurent
Université de Rennes	Généticien des populations de chiroptère	PETIT Eric