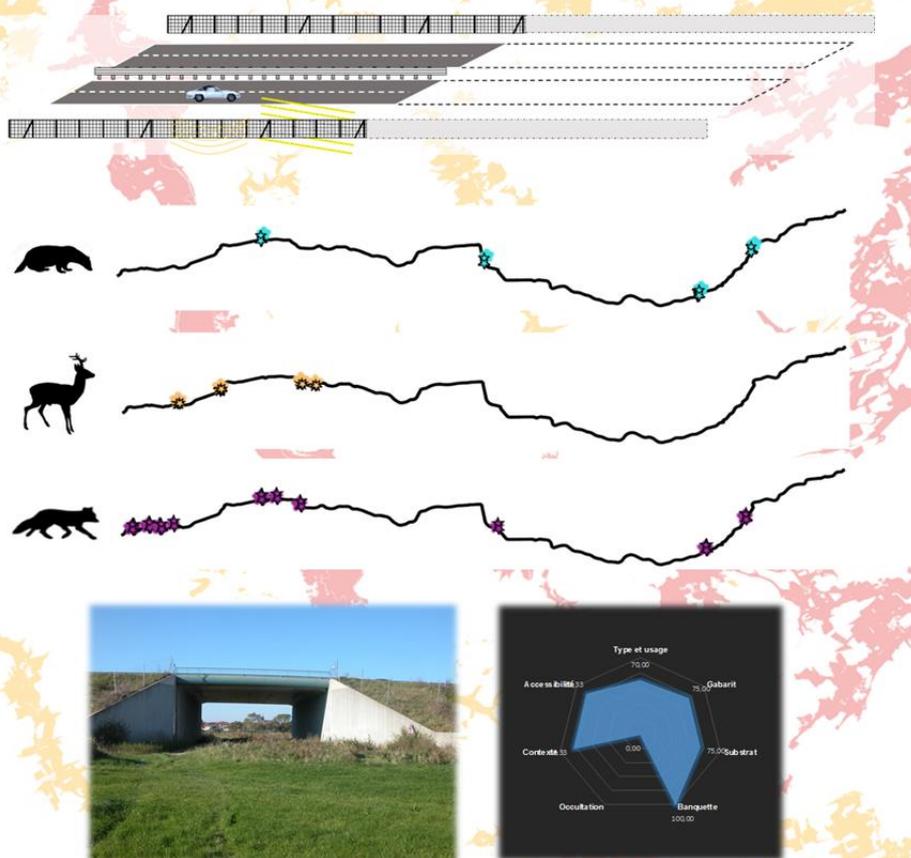


Déclinaison opérationnelle des orientations des trois SRCE de la Région Grand Est sur le sujet de la transparence écologique des réseaux de transport

Focus sur la RN4



RAPPORT D'ETUDE

Jun 2023

Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport.

Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

Site web : www.cerema.fr

Déclinaison opérationnelle des orientations des trois SRCE de la Région Grand Est sur le sujet de la transparence écologique des réseaux de transport

Focus sur la RN4

Commanditaire : DREAL Grand Est

Auteur : Cerema

Responsable du rapport

Julian PICHENOT – DTMI – BANV
Tél. : +33(0)3 87 20 46 38
Courrier : julian.pichenot@cerema.fr
Cerema - Direction territoriale Est – Bâtiment C, Île du Saulcy, CS 30855, 57045 METZ Cedex 1

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
V1	20/04/2021	Version provisoire
V2	20/12/2022	Version hors propositions d'actions
V3	11/01/2023	Ajout des propositions d'actions
V4	05/06/2023	Relectures internes

Références

N° d'affaire : 20-ET-0049

Partenaires :

Devis n° C16EA0092 du 05/09/2017

Nom	Service	Rôle	Date	Visa
PICHENOT Julian	DTMI/BANV	Auteur principal	05/06/2023	
NOWICKI François	DTMI/BANV	Relecteur	05/06/2023	
CHRETIEN Luc	DTMI/BANV	Relecteur	05/06/2023	

Résumé de l'étude :

Les continuités interceptées par certaines infrastructures de transports constituent une des priorités des plans d'action stratégiques des SRCE. Au droit des ruptures de continuités écologiques, ou « points de conflits », identifiées dans les SRCE, la création de passages à faune, par le réaménagement des éventuels ouvrages d'art existants, ou la réalisation de nouveaux ouvrages, doivent permettre d'améliorer la transparence écologique de ces infrastructures. Dans le cadre de cette étude, une approche intégrative a été développée afin d'analyser les enjeux de rétablissement de la transparence écologique d'une infrastructure de transport traversant la Lorraine sur un axe est-ouest : la RN4. Après avoir étudié l'effet potentiel de l'infrastructure sur des espèces de vertébrés, en appliquant quatre diagnostics successifs, une hiérarchisation des enjeux est établie en lien avec les continuités écologiques du SRCE de Lorraine. La synthèse permet de localiser les secteurs à enjeux de restauration des continuités écologiques sur la base des espèces prises en compte et des corridors écologiques identifiés dans le SRCE de Lorraine. Des pistes d'actions sont proposées pour résorber les principaux points de conflits identifiés entre la TVB régionale et cette infrastructure routière.

5 à 10 mots clés à retenir de l'étude

Continuités écologiques	SRCE de Lorraine
Trame verte et Bleue	SRADDET du Grand Est
Ecologie routière	Indice de Fonctionnalité Globale (IFG)
Passage à faune	
Collisions faune-véhicules	

Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

- Accès libre : document accessible au public sur internet
- Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema
- Accès confidentiel : document non accessible

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	7
2	Contexte et méthode utilisée	8
2.1	Localisation de la zone d'étude	8
2.2	Les SRCE de la région Grand Est	9
2.3	Les obstacles potentiels aux continuités écologiques identifiés au croisement entre les corridors des SRCE et la RN4	11
2.3.1	Obstacles potentiels aux continuités écologiques dans le SRCE de Champagne-Ardenne	11
2.3.2	Obstacles potentiels aux continuités écologiques dans le SRCE de Lorraine	12
2.3.3	Obstacles potentiels aux continuités écologiques dans le SRADDET Grand Est	14
2.3.4	Synthèse des points de conflits potentiels identifiés dans les SRCE et dans le SRADDET	15
2.3.5	Prise en compte des études sur les collisions faune-véhicules réalisées sur le réseau de la DIR Est	16
2.4	Autres études réalisées sur le linéaire concerné	17
2.4.1	Etude « Enjeux environnementaux du réseau de la DIR Est » (CETE de l'Est 2012)	17
2.4.2	« Programme de restauration et d'amélioration des continuités écologiques sur le réseau de la DIR Est en Lorraine » (l'Atelier des Territoires et Ingérop 2012)	18
2.5	Approche méthodologique utilisée pour évaluer la transparence écologique d'une infrastructure routière	19
2.5.1	Préambule : quelques principes d'écologie routière	19
2.5.2	Démarche générale proposée pour l'évaluation de la transparence écologique d'une route	21
2.5.3	Hiérarchisation des enjeux en lien avec les continuités écologiques	24
2.5.3.1	Localisation des zones à enjeux du SRCE de Lorraine au croisement de la route concernée	24
2.5.3.2	Hiérarchisation des enjeux : croisement entre le diagnostic de transparence écologique et les enjeux du SRCE	26
2.5.4	Méthodes pour le diagnostic de transparence écologique	29
2.5.4.1	Méthode pour le diagnostic « clôtures » (1)	29
2.5.4.2	Méthode pour le diagnostic « trafic routier / obstacles » (2)	30
2.5.4.3	Méthode pour le diagnostic « collisions » (3)	33
2.5.4.4	Méthode pour le diagnostic « passages à faune » (4)	37
2.6	Résultats : application de la démarche globale d'évaluation de la transparence écologique sur la RN4 en Lorraine	45
2.6.1	Diagnostic « clôtures » (1)	45
2.6.2	Diagnostic « trafic routier / obstacles » (2)	45
2.6.3	Diagnostic « collisions » (3)	47
2.6.4	Diagnostic « passages à faune » (4)	49
2.6.4.1	Recensement des ouvrages	49
2.6.4.2	Approche multi-espèces : calcul de l'IFG	50
2.6.4.3	Approche espèce-centrée : évaluation de l'accessibilité et de la fonctionnalité potentielle pour chaque espèce	53
2.6.5	Synthèse des résultats : évaluation de la transparence globale et des enjeux	58
2.6.5.1	Synthèse des effets de l'infrastructure par taxon	58
2.6.5.2	Hiérarchisation des enjeux	58
3	Pistes d'actions pour l'amélioration de la transparence écologique du linéaire étudié	62
3.1	Diagnostic et actions sur les clôtures	62
3.2	Problématique des DBA	64
3.3	Actions sur les passages à faune	64
3.3.1	Requalification d'ouvrages d'art existants	64
3.3.2	Proposition de nouveaux ouvrages dédiés	68

4	Conclusion et perspectives	71
5	BIBLIOGRAPHIE	72

1 INTRODUCTION

La mise en place de la Trame verte et bleue a été identifiée comme une mesure prioritaire au titre des lois 1 et 2 du Grenelle de l'Environnement (L.2009-967 du 3 août 2009 et L.2010-788 du 12 juillet 2010). Elle consiste à « maintenir » les continuités écologiques encore fonctionnelles sur l'ensemble du territoire, voire à en restaurer ou à en créer de nouvelles, lorsque cela s'avère nécessaire. À l'échelon régional, les Schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE) constituent des documents de référence de la Trame verte et bleue (article L. 371-1 et suivants du code de l'environnement). En effet, ils définissent des objectifs et des enjeux relatifs à la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques. A partir de 2019, les SRCE ont été intégrés dans les Schéma Régionaux d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET), afin de fournir une vision stratégique de la politique et des enjeux de la TVB des nouvelles régions.

Issu de la loi NOTRe (n°2015-991) du 7 août 2015, le SRADDET est un nouveau schéma de planification intégrateur, construit à l'échelle des nouvelles régions, qui a pour objectif de fusionner et d'enrichir plusieurs schémas existants, incluant les SRCE. Le SRADDET de la région Grand Est a été approuvé le 24 janvier 2020. Il reprend les continuités écologiques identifiées dans les SRCE d'Alsace, de Champagne-Ardenne et de Lorraine sous la forme d'une carte synthétique. Les atlas cartographiques des SRCE sont par ailleurs intégrés en annexe des chapitres thématiques et restent donc mobilisables pour identifier les continuités écologiques d'intérêt régional.

Les continuités interceptées par certaines infrastructures de transports constituent une des priorités des plans d'action stratégiques des SRCE. Au droit des ruptures de continuités écologiques, ou « points de conflits », identifiées dans les SRCE, la création de passages à faune, par le réaménagement des éventuels ouvrages d'art existants, ou la réalisation de nouveaux ouvrages, doivent permettre d'améliorer la transparence écologique de ces infrastructures. Il s'agit d'un objectif national, inscrit dans le Plan biodiversité (**Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire 2018**) : action 39 qui vise à identifier les obstacles majeurs aux continuités écologiques et de travailler à leur suppression.

À la demande de la DREAL, le Cerema a réalisé une étude visant à décliner de façon opérationnelle une des actions des Plans d'Action Stratégiques des SRCE de la région Grand-Est : celle relative à l'amélioration de la transparence écologique des réseaux de transport. Ce travail consiste à identifier concrètement les points de conflits et à établir des recommandations techniques qui pourront être mises en place à l'échelle d'un réseau routier de la région : la RN4 depuis le secteur de Saint-Dizier jusqu'au secteur de Phalsbourg.

Cette infrastructure a été choisie car elle représente un axe structurant à l'échelle du Grand Est, en traversant une grande partie de la région, mais également parce que, du fait de son orientation est-ouest, elle intercepte les principales continuités écologiques de la région (côtes et vallées notamment).

L'objectif de l'étude est double :

- avancer sur le plan de la connaissance des points de conflits à l'échelle de la région Grand-Est,
- proposer des aménagements afin d'améliorer la fonctionnalité des corridors au droit d'une infrastructure structurante.

La mission confiée au Cerema consiste dans un premier temps à établir un diagnostic des points de conflits préalablement identifiés par les SRCE au niveau de la RN4, puis dans un deuxième temps à établir des recommandations techniques sur les possibilités d'amélioration du fonctionnement de ces continuités.

Dans le cadre de cette mission, nous avons conçu une approche méthodologique originale pour établir un diagnostic global de la transparence écologique d'une infrastructure de transport, basé sur des principes et concepts de l'écologie routière. Puis nous avons expérimenté cette approche sur le linéaire de route étudié.

Ce rapport présente les résultats de cette approche expérimentale, qui a vocation à être améliorée et appliquée sur d'autres infrastructures de transport.

2 Contexte et méthode utilisée

2.1 Localisation de la zone d'étude

Cette étude a été réalisée sur la RN4 en région Grand Est, une route initialement créée pour relier Paris à Strasbourg. Elle traverse ainsi une grande partie de la région Grand Est, sur sa largeur (axe ouest / est) (Figure 1).

En Champagne-Ardenne, d'ouest en est, la RN4 longe successivement les agglomérations de Sézanne (51), Vitry-le-François (51) et Saint-Dizier (52). En Lorraine, son tracé emprunte Ligny-en-Barrois (55) et rejoint l'A31 à hauteur de Toul (54). La RN4 est alors interrompue sur le secteur de Nancy et reprend à l'Est sur la commune de Thiébauménil, jusqu'à Phalsbourg (57), où elle rejoint l'A4.

Entre ces deux sections situées, respectivement, à l'ouest et à l'est de Nancy, la liaison est réalisée par un tronçon d'A31 entre Toul et Nancy, puis par un tronçon d'A33 entre Nancy et Dombasle-sur-Meurthe / Huviviller et, enfin, par un tronçon de RN333 entre Huviviller et Thiébauménil.

Entre Phalsbourg et la frontière franco-allemande, la RN4 a été déclassée et renumérotée « RD 1004 » (section transférée aux départements).

La RN4 est aménagée en voie rapide à 2 x 2 voies sur la quasi-totalité du linéaire situé entre Vitry-le-François à l'ouest et Phalsbourg à l'est. Sur ce linéaire, le dernier tronçon à 2 voies et à double sens (1 chaussée), situé entre Gogney (54) et Saint-Georges (57), sera prochainement requalifié en 2 x 2 voies, tandis que le tronçon entre Saint-Georges et Héming (57), a été passé en 2x2 voies en 2021.

La présente étude a été réalisée sur l'ensemble du linéaire situé entre Saint-Dizier à l'est et Phalsbourg à l'ouest¹. Il s'agit donc du linéaire qui traverse totalement la Lorraine sur sa largeur et qui inclut les tronçons d'A31, A33 et RN333 sur la partie jouxtant Nancy, sur une longueur totale de 190 km.

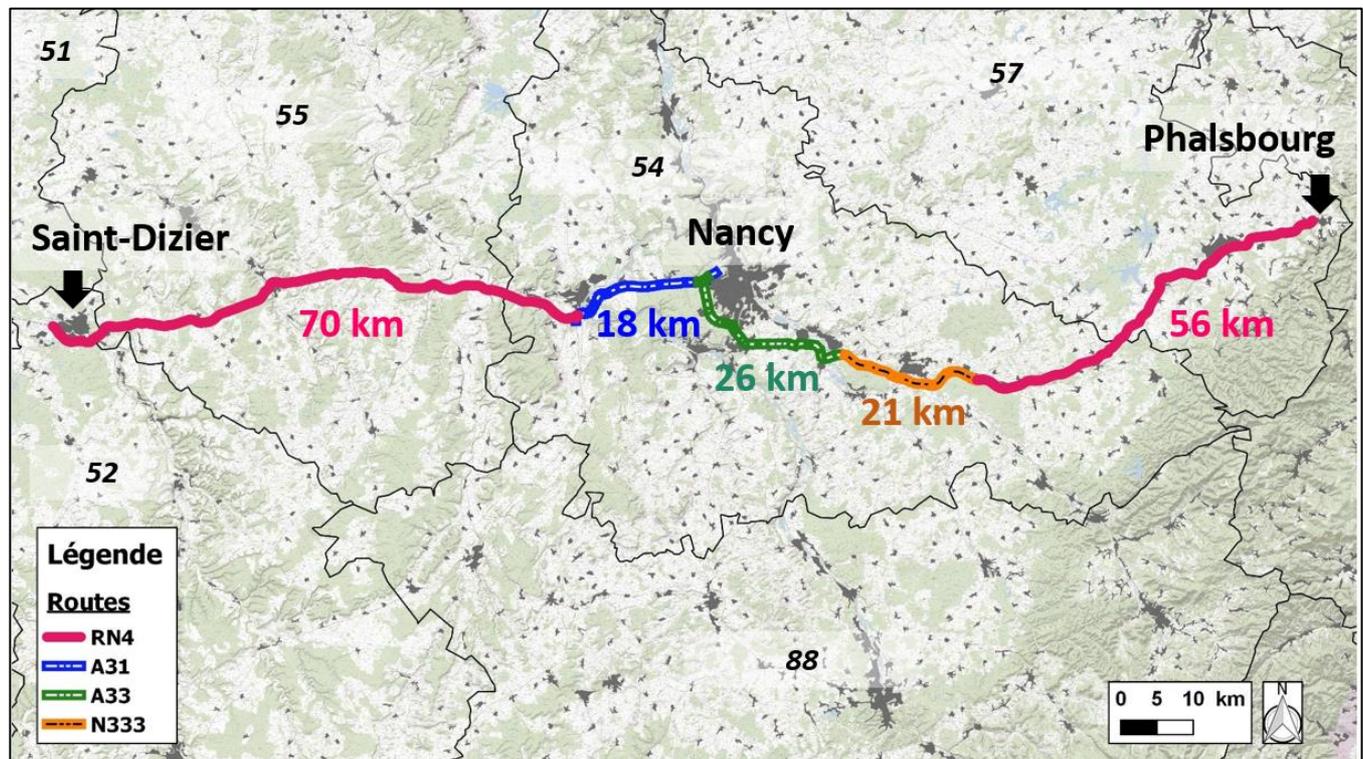


Figure 1 : Localisation du linéaire routier concerné par la présente étude (Saint-Dizier / Phalsbourg)

¹ L'Alsace n'est donc pas concernée par la présente étude, puisque la RN4 s'arrête désormais à Phalsbourg à l'est. De même, le linéaire de RN4 en 2 x 2 voies situé en Champagne-Ardenne, n'a pas fait l'objet d'analyses. Cependant, les obstacles potentiels aux continuités écologiques identifiés par le SRCE de Champagne-Ardenne, sont présentés dans le paragraphe 3.1.

2.2 Les SRCE de la région Grand Est

Un cadre méthodologique national a été défini pour l'identification de la Trame Verte et Bleue sur le territoire français. Il repose principalement sur les articles 371-1 et suivants du Code de l'environnement (**Vanpeene-Bruhier et Amsallem 2014**). Lors de la création des SRCE, les régions étaient libres de choisir la méthode d'identification de leur Trame Verte et Bleue, sous réserve qu'elles respectent une cohérence nationale définie par les Orientations Nationales de la Trame Verte et Bleue (ONTVB), présentées dans le décret 2014-45 du 20 janvier 2014.

Ainsi, les SRCE ont été construits en utilisant des approches méthodologiques parfois très différentes, que ce soit pour la définition des réservoirs de biodiversité ou des corridors écologiques : types de zonages retenus pour les réservoirs, approche « espèces / habitats », interprétation visuelle de données SIG ou de vue aériennes, modélisation de la perméabilité des milieux (« coût- déplacement »), approche dite par « dilatation-érosion », analyses multicritères avec recours au dire d'expert... (**Billon et al. 2017, Sordello et al. 2017, Vanpeene et al. 2017**).

Une fois les réservoirs et corridors définis par ces analyses, leur représentation cartographique s'est avérée, elle aussi, différente d'une région à l'autre. En dehors de l'échelle de représentation, fixée au 1 / 100 000^e pour toutes les régions, la symbologie utilisée et le niveau de détail représenté aboutissent à des rendus cartographiques très variés. Ainsi, les trois SRCE de la région Grand Est illustrent leurs continuités écologiques de manière contrastée (**Figure 2**).

Une comparaison des représentations cartographiques et des approches méthodologiques utilisées pour la création des SRCE d'Alsace, Lorraine et Champagne-Ardenne, est présentée dans un travail récent, visant à fournir un retour d'expérience sur la démarche d'intégration des TVB dans le SRADDET de la région Grand Est (Cerema 2020). Au-delà des approches méthodologiques, les principales différences observées concernent essentiellement le niveau de détail retenu dans les cartographies présentées et les choix de représentations de ces dernières (information, symbologie, ...).

Dans le SRCE Lorrain, une hiérarchisation des corridors a été effectuée et seuls les plus importants à l'échelle régionale sont représentés. Il faut noter, en complément, la représentation des zones de perméabilité écologique, définies sur la base d'un modèle SIG de type « coût-déplacement ». Dans les SRCE d'Alsace et de Champagne-Ardenne, une telle hiérarchisation n'apparaît pas sur les cartographies, qui présentent tous les corridors identifiés, sans distinction.

Ces choix présentent chacun des avantages et des inconvénients. D'un côté on privilégie la lisibilité des cartographies et la facilité d'identification des continuités écologiques à une échelle régionale. De l'autre, on recherche une exhaustivité de l'information à toutes les échelles.

Notons que ces particularités et différences entre les SRCE sont sources de difficultés dans les démarches de hiérarchisation des zones à enjeux ou points de conflits des TVB, en particuliers pour les acteurs du territoire, qui sont concernés par plusieurs régions (**Cerema 2015**). Le SRADDET n'apporte actuellement pas de solutions, puisqu'il reprend les atlas cartographiques des SRCE, et il présente une cartographie synthétique au 1 / 150 000^e, qui a vocation d'illustration uniquement. Néanmoins les SRCE et le SRADDET identifient une partie des obstacles potentiels aux continuités terrestres et aquatiques de la TVB régionale, comme décrit dans les paragraphes qui suivent.

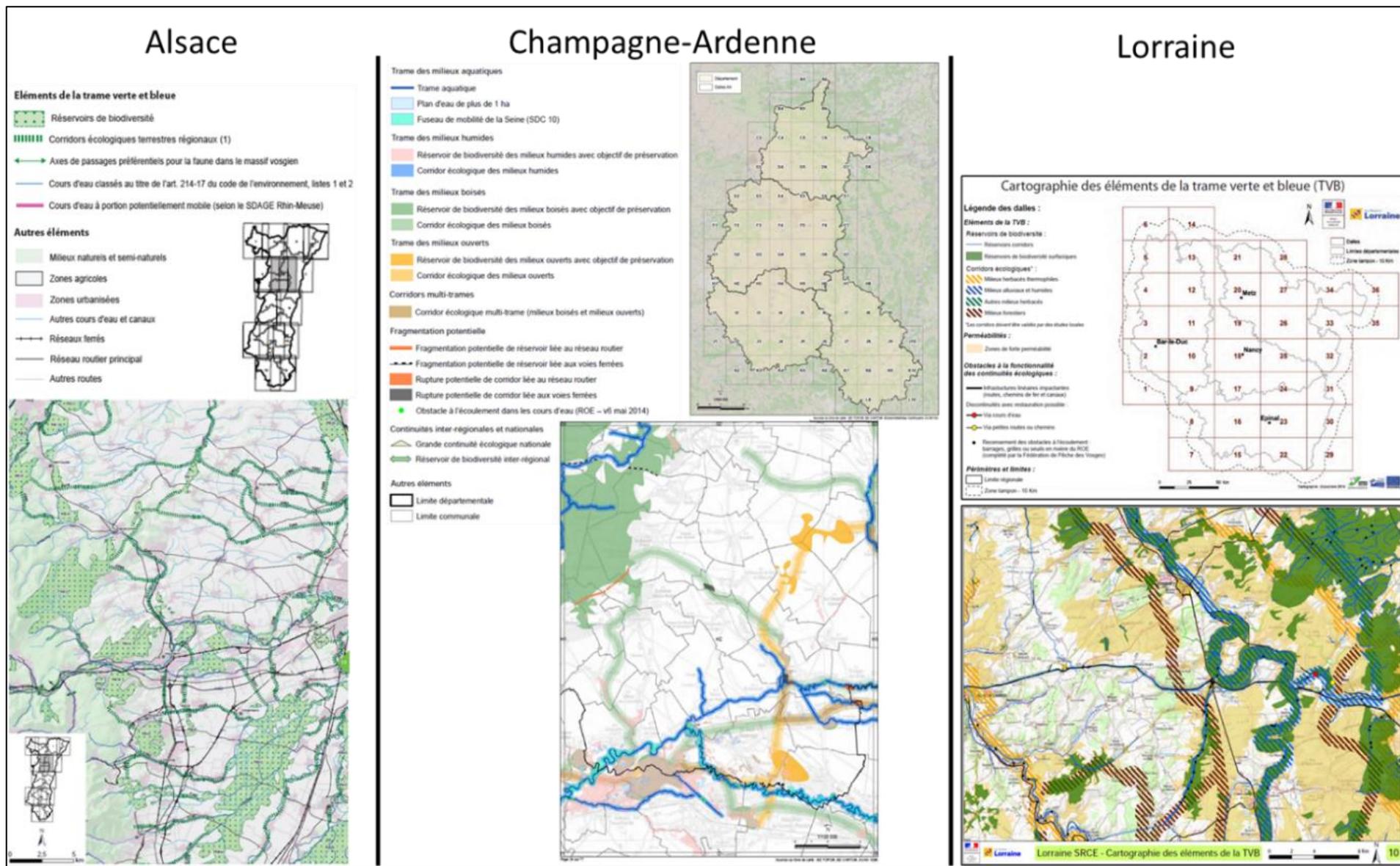


Figure 2 : Exemples de cartographies au 1 / 100 000^e extraites des atlas cartographiques des trois SRCE de la région Grand Est

2.3 Les obstacles potentiels aux continuités écologiques identifiés au croisement entre les corridors des SRCE et la RN4

Contrairement au SRCE lorrain, le SRCE de Champagne-Ardenne fournit une représentation des obstacles potentiels aux continuités écologiques, établie sur la base d'un croisement cartographique entre les infrastructures ou aménagements identifiés comme « potentiellement fragmentants » et les réservoirs biologiques ou corridors identifiés.

Cette démarche a été reprise dans le SRADDET pour produire une cartographie des obstacles potentiels aux continuités écologiques en région Grand Est.

Les paragraphes suivants présentent les obstacles potentiels aux continuités écologiques situés au croisement des corridors des SRCE de Champagne-Ardenne et de Lorraine avec la RN4, ainsi que les obstacles potentiels identifiés dans le SRADDET.

2.3.1 Obstacles potentiels aux continuités écologiques dans le SRCE de Champagne-Ardenne

Dans le SRCE de Champagne-Ardenne, la démarche suivie pour identifier les potentielles ruptures de continuités écologiques (corridors identifiés par trame), est décrite dans le rapport méthodologique, p.46-47.

Les infrastructures linéaires de transports identifiées sont extraites de la BD TOPO de l'IGN :

- Couche « ROUTE », valeurs du champ « Importance » = « 1 » ou « 2 » ;
- Couche « TRONCON_VOIE_FERREE », « Nature » = « LGV » ou « Principale » et les autres voies électrifiées (« Electrifie » = « Electrique »).

Les points de conflits sont représentés dans l'atlas cartographique sous 4 formes, en différenciant les réservoirs et les corridors et les types d'Infrastructures Terrestres :

- « Fragmentation potentielle » de réservoir liée au réseau routier ;
- « Fragmentation potentielle » de réservoir liée aux voies ferrées ;
- « Rupture potentielle » de corridor liée au réseau routier ;
- « Rupture potentielle » de corridor liée aux voies ferrées.

Concernant la RN4, au total, huit ruptures potentielles de corridors écologiques terrestres sont ainsi identifiées et illustrées dans l'atlas cartographique (**Figure 3**). Il s'agit exclusivement de ruptures potentielles de corridors écologiques des milieux boisés.

L'atlas cartographique ne présente par ailleurs aucune fragmentation potentielle d'un réservoir par la RN4 en Champagne-Ardenne.

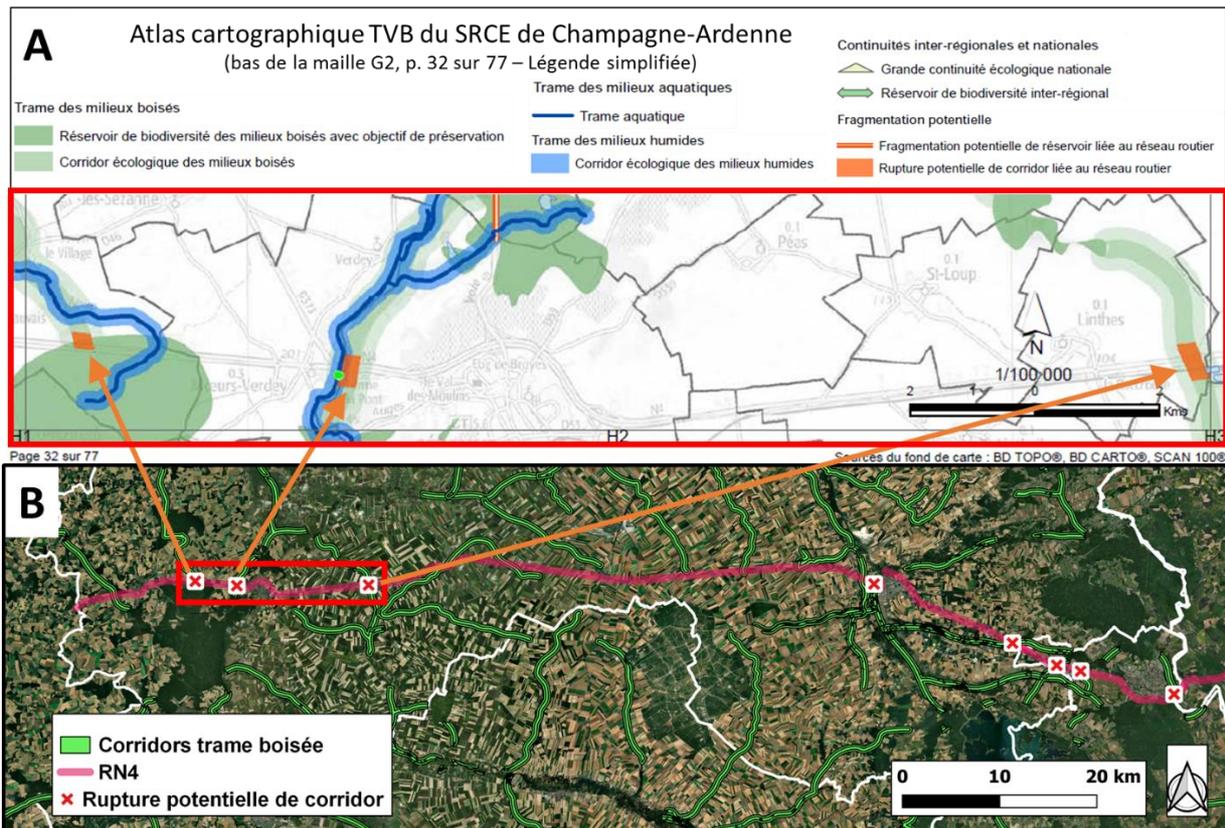


Figure 3 : « Ruptures potentielles de corridors écologiques » identifiées dans l’atlas cartographique du SRCE de Champagne-Ardenne au croisement de la RN4

A : Extrait de la maille G2 de l’atlas cartographique du SRCE (bas de la page 32 sur 77), identifiant trois « ruptures potentielles de corridors écologiques » des milieux boisés au croisement entre les corridors des milieux boisés et la RN4, dans le sud-ouest du département de la Marne.

B : Localisation de l’ensemble des « ruptures potentielles de corridors écologiques » identifiées en Champagne-Ardenne (départements de la Marne et de la Haute-Marne), au croisement entre les corridors du SRCE et la RN4.

2.3.2 Obstacles potentiels aux continuités écologiques dans le SRCE de Lorraine

Comme indiqué précédemment, le SRCE de Lorraine n’identifie pas les obstacles potentiels aux continuités écologiques dans son atlas cartographique. Toutefois, il présente une carte des obstacles principaux, à la fin du volume 2 (carte « S ») : **Figure 4**.

Au croisement du linéaire de route étudié dans ce rapport, seuls deux obstacles liés à la route sont indiqués : au niveau des Côtes de Meuse et au niveau de la vallée de la Vezouze.

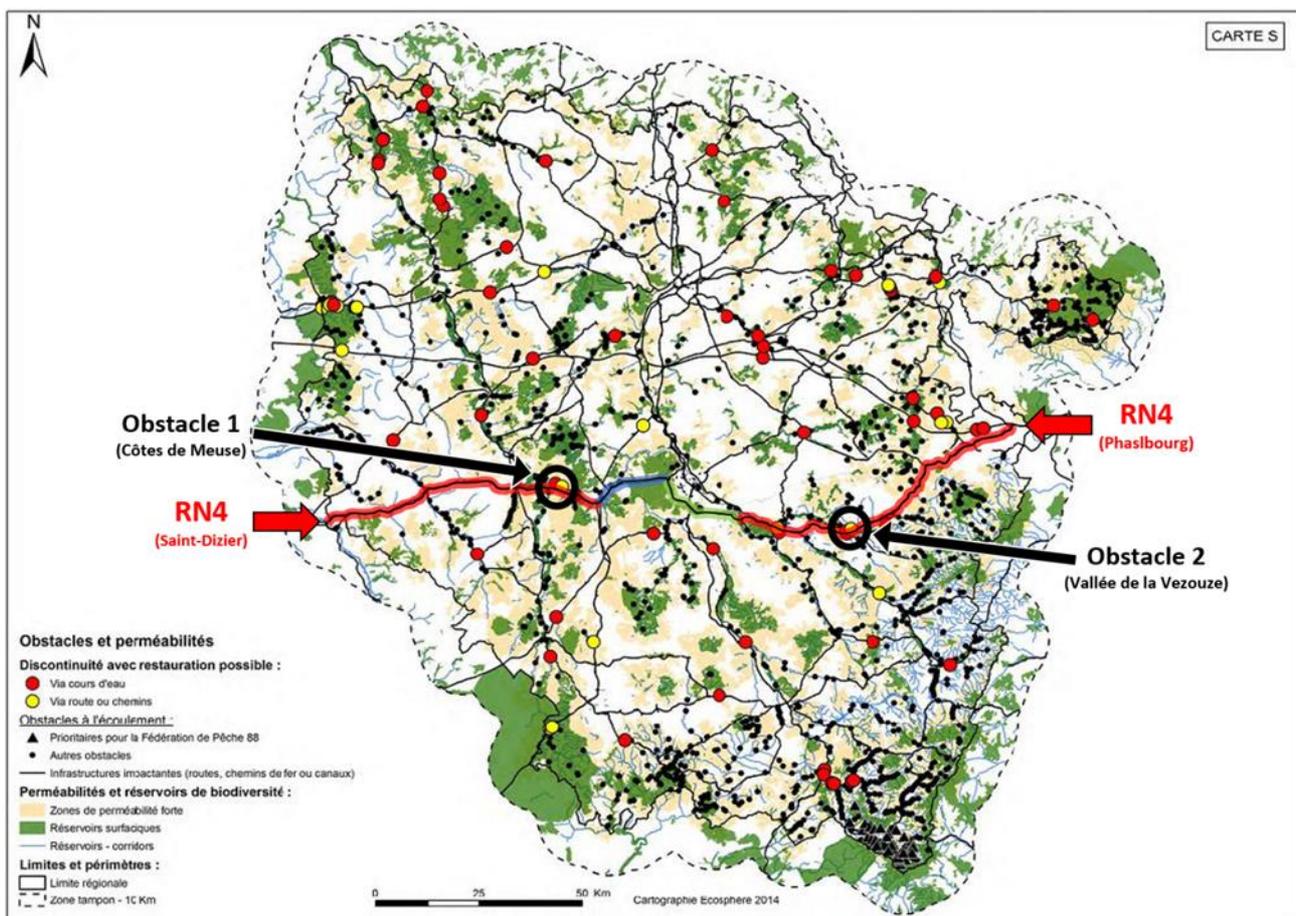


Figure 4 : Carte des obstacles et perméabilité du SRCE de Lorraine

Remarque : La carte du SRCE est ici modifiée en y surlignant le linéaire de route étudié de Saint-Dizier à Phalsbourg (RN4 en rouge / A31 en bleu / A33 en vert / N333 en orange) et en entourant les deux obstacles (points jaunes) qui sont relevés au croisement entre ce linéaire de route et les zones de perméabilité du SRCE (Côtes de Meuse à l'ouest et Vallée de la Vezouze à l'est)

Si l'on réalise la même analyse que celle présentée dans le SRCE de Champagne-Ardenne, en croisant le linéaire de route avec les corridors du SRCE de Lorraine, 14 « obstacles potentiels » aux continuités écologiques en Lorraine sont cette fois identifiés (**Figure 5**).

Le Tableau 1, donne quelques précisions concernant ces obstacles potentiels : trame concernée et éventuel effet cumulé avec une autre infrastructure linéaire de transport (ILT).

De nouveau, cette approche est peu satisfaisante puisque les 14 points ainsi identifiés sont liés à une représentation schématique des continuités écologiques : principaux corridors tracés manuellement dans le SRCE, sous la forme d'une ligne dont la largeur est fixe (alors que les continuités écologiques « réelles » sont probablement de forme plus variable et complexe).

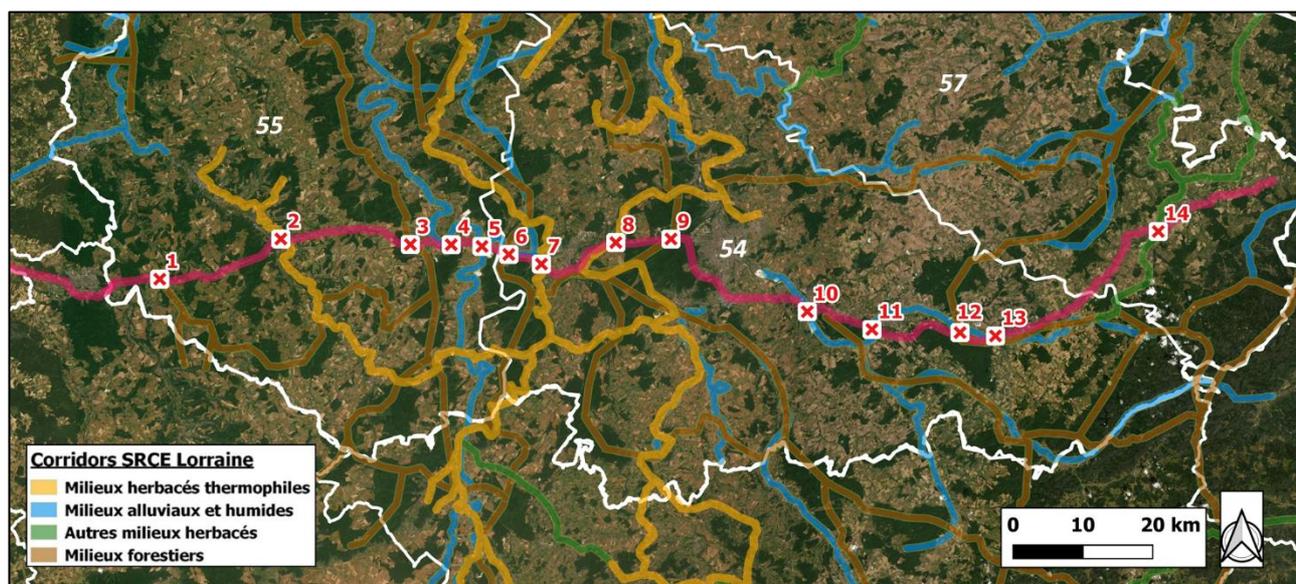


Figure 5 : Points de conflits potentiels situés à l’intersection entre les corridors du SRCE de Lorraine et la RN4

Remarque : Les numéros en rouge font référence à ceux du Tableau 1

#	Corridor	Trame concernée				Effet cumulé avec autre ILT	Route
		Milieux forestiers	Autres milieux herbacés	Milieux thermophiles	Milieux alluviaux et humides		
1	Barrois	•					RN4
2	Vallée de l’Ornain			•			RN4
3	Côtes de Meuse	•					RN4
4	La Meuse				•	Canal de la Marne au Rhin	RN4
5	La Meuse				•		RN4
6	Côtes de Meuse	•					RN4
7	Côtes de Meuse			•			RN4
8	Côtes de Moselle			•			A31
9	Côtes de Moselle	•					A31
10	La Meurthe	•	•		•		A33
11	La Vezouze	•			•		N333
12	de la Vezouze au Bois de la Goutte Bensing	•					RN4
13	La Vezouze	•			•		RN4
14	Vallée de la Sarre		•		•	Canal des Houillères de la Sarre, voie ferrée TER	RN4

Tableau 1 : Trames concernées par les points de conflits potentiels et effet cumulé éventuel avec d’autres infrastructures

2.3.3 Obstacles potentiels aux continuités écologiques dans le SRADDET Grand Est

Le SRADDET Grand Est reprend les obstacles aux continuités écologiques identifiés par les SRCE de Champagne-Ardenne et d’Alsace, et complète ces derniers en appliquant une approche similaire pour la Lorraine. L’approche est cependant peu harmonisée sur les trois ex-régions et aboutit à une finesse qui semble hétérogène (Cerema 2020).

Cette analyse fait l’objet d’une cartographie (**Figure 6**), qui est présentée dans le diagnostic biodiversité du SRADDET (en page 107 de l’annexe 5).

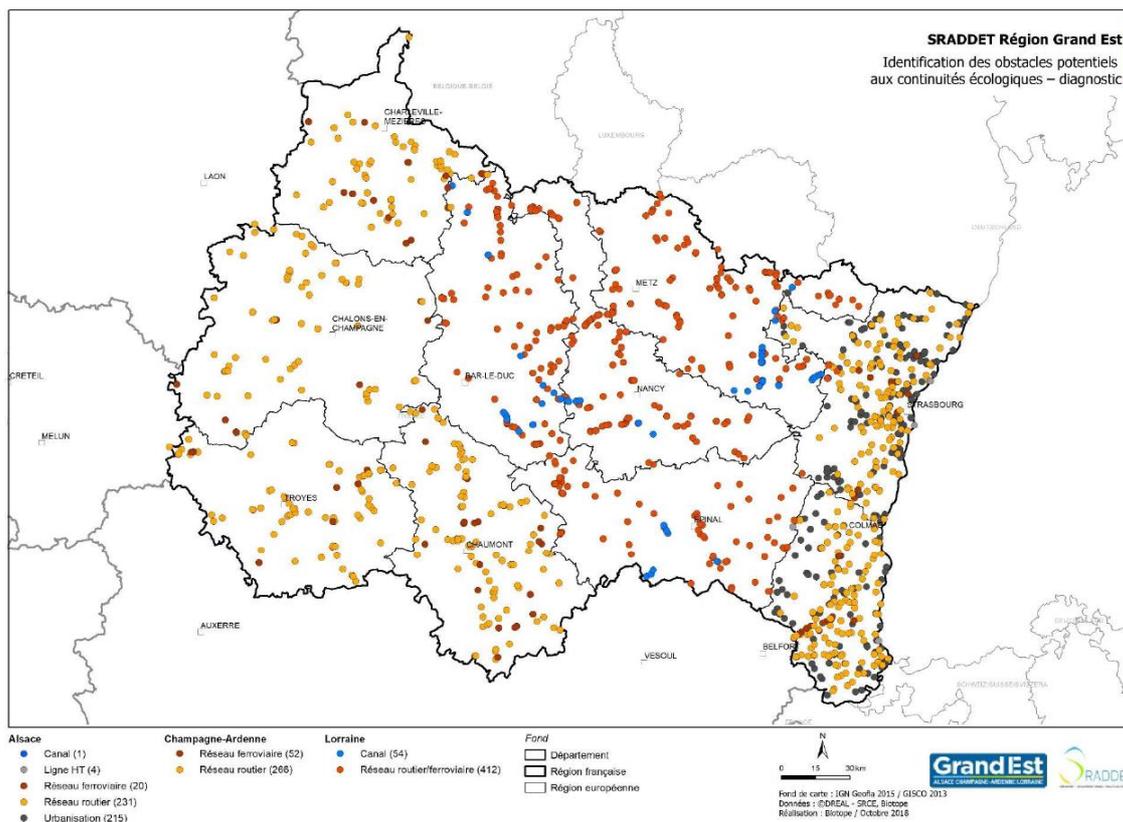


Figure 6 : Cartographie des obstacles potentiels aux continuités écologiques du SRADDET Grand Est

2.3.4 Synthèse des points de conflits potentiels identifiés dans les SRCE et dans le SRADDET

Les obstacles identifiés par un simple croisement sur SIG entre les cartographies des infrastructures linéaires, jugées comme étant « potentiellement fragmentantes », et les corridors des SRCE, doivent être considérés comme étant « potentiels ».

En effet, une rupture de continuité est à considérer selon différents critères et, notamment, en fonction du groupe biologique ou de l'espèce concernée. Par ailleurs, aucune étude n'a été réalisée sur le terrain pour confirmer l'existence d'une réelle rupture des continuités écologiques au droit de ces infrastructures.

Une rupture de continuité écologique intervient potentiellement dans différentes circonstances (collisions routières, clôtures infranchissables, absence d'ouvrage permettant le franchissement de l'infrastructure...) et peut donc également dépendre du contexte et des caractéristiques locales de l'infrastructure.

La carte de synthèse fournie dans le SRADDET (**Figure 6**) donne donc probablement un aperçu biaisé de la réalité et n'identifie par des points de conflits « réels » en région Grand Est, à l'exception d'une partie des obstacles aux continuités piscicoles repris du ROE, qui ont parfois fait l'objet d'une évaluation rigoureuse, via l'indice ICE (**ONEMA 2015**).

En toute rigueur, une approche plus fonctionnelle serait utile afin d'évaluer la transparence écologique des infrastructures et d'estimer l'existence éventuelle de ces zones de conflits entre infrastructures linéaires de transport et continuités écologiques.

C'est ce type d'approche qui est présentée dans la suite de ce rapport, sur le linéaire de la RN4 situé entre Saint-Dizier et Phalsbourg.

2.3.5 Prise en compte des études sur les collisions faune-véhicules réalisées sur le réseau de la DIR Est

L'UMS PatriNat (MNHN), a produit une note d'analyse de la répartition des collisions sur le réseau de la DIR Est, à partir des données collectées par les patrouilleurs de 2011 à 2018 (Billon 2019).

Sur le linéaire concerné par la présente étude qui correspond au district de Nancy, une seule « zone à risques de collisions » a été identifiée pour toutes les espèces confondues (pas de zones à risque identifiées dans les autres analyses menées par espèce ou groupes d'espèces). Cette zone à risque est caractérisée par une récurrence des collisions sur 4 années successives. Elle est nommée « 4A » dans le rapport et se situe sur la N333 près de Lunéville, plus exactement sur la commune de Marainviller (54), au droit de la forêt domaniale de Mondon (**Figure 7**).

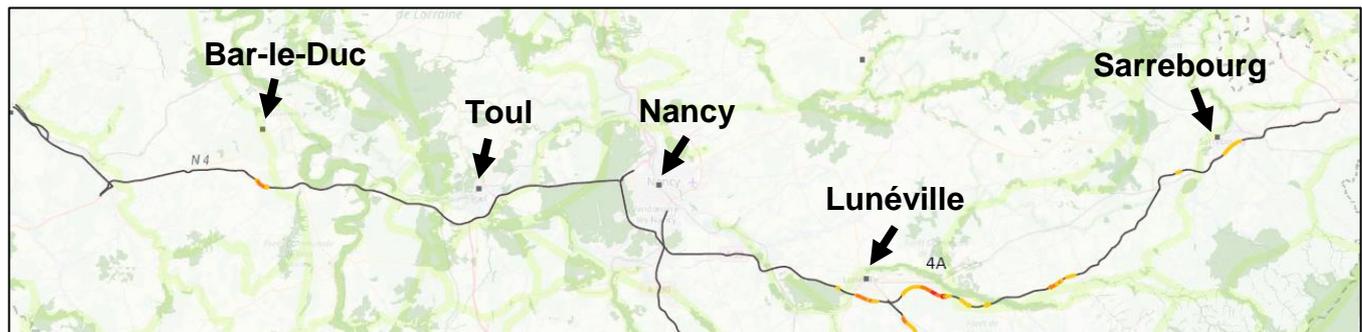


Figure 7 : Extrait de la cartographie des « zones à risque de collisions » - sans distinction des espèces, sur le district de Nancy, présentée dans l'analyse de l'UMS Patrinat sur les données de 2011 à 2018 (Billon 2019)

Cette étude relève une disparité dans la répartition des collisions sur de nombreux tronçons du réseau de la DIR Est. Cette disparité pourrait être la conséquence d'une mise en œuvre hétérogène du protocole de relevé des collisions par les patrouilleurs.

Dans le cadre de la présente étude, une analyse des points noirs de collision a été réitérée sur la base d'un échantillon plus important de données (DIR Est + associations naturalistes).

2.4 Autres études réalisées sur le linéaire concerné

Deux études, réalisées il y a une dizaine d'années sur le réseau de la DIRE, ont eu pour objectif d'identifier les enjeux environnementaux du réseau et de proposer des actions sur les ouvrages, au droit de corridors écologiques. Il faut noter que ces études ont été réalisées avant l'arrivée des SRCE (validation en 2014 pour le SRCE de Lorraine) et que la vision des continuités écologiques et celle de la fonctionnalité des ouvrages, ont évolué depuis ces diagnostics.

Néanmoins, ces deux études sont importantes à prendre en considération car elles abordent la problématique des requalifications ou projets de créations d'ouvrages d'art sur le linéaire concerné dans le cas présent.

En complément, un travail de suivi avant / après travaux de requalification d'ouvrages, a été réalisé plus récemment sur la N57 et la N333 entre 2014 et 2017). L'un de ces suivis a été réalisé à Vitrimont (N333).

Une synthèse des résultats de ces études est présentée dans les paragraphes suivants.

2.4.1 Etude « Enjeux environnementaux du réseau de la DIR Est » (CETE de l'Est 2012)

Cette étude portait sur la définition d'enjeux environnementaux au sens large, sur le réseau DIRE comportant 7 districts dont celui de Nancy. Le district de Nancy est celui qui englobe l'ensemble du linéaire de la présente étude. Six thématiques ont été abordées : Biodiversité, air, bruit, eau, paysage, risques naturels et technologiques.

Concernant la biodiversité, le diagnostic des enjeux a été réalisé sur la base :

- des « zones naturelles protégées » (sites Natura 2000, RNN, RNR, APPB) intersectant éventuellement les routes du réseau DIRE,
- des « zones naturelles inventoriées » (ZNIEFF),
- d'une identification des corridors écologiques et axes de déplacement potentiels de la faune (par photo-interprétation),
- d'un diagnostic général des ouvrages d'art et de leur rôle possible en tant que passage à faune,
- des zones accidentogènes pour la faune, sur la base des données alors accessibles,
- d'autres données sur les clôtures et sur les infrastructures proches du réseau routier (voies ferrées en particulier).

Concernant les ouvrages de franchissement pour la faune, la synthèse indique que :

- 25 ouvrages (environ) non dédiés sont considérés comme étant susceptibles d'être utilisés par la « grande faune »,
- leur répartition est hétérogène sur la RN4, avec une quasi absence à l'ouest de Nancy, à l'exception du secteur de Pagny-sur-Meuse,
- seulement quatre ouvrages sont considérés comme « dédiés » (spécifiques ou mixtes) pour le franchissement de la « grande faune »² sur l'ensemble du linéaire concerné par la présente étude :
 - o un passage supérieur à Vitrimont (rétablissement de chemin forestier), nommé « OA133 » dans la présente étude,
 - o un passage inférieur à Moncel-lès-Lunéville, nommé « OA155 » dans la présente étude,
 - o deux passages inférieurs à Domjevin, nommés « OA167 » et « OA168 » dans la présente étude.

Les ouvrages « grande faune » concernés, visaient principalement à permettre le franchissement pour les ongulés (Chevreuil, Sanglier, Cerf). Cette approche centrée sur les ongulés apparaît aujourd'hui insuffisante car elle occulte bon nombre d'autres espèces de plus petite taille, qui peuvent être inféodés à des milieux spécifiques différents de ceux des ongulés.

Concernant les zones accidentogènes, les données utilisées permettaient d'identifier des zones à enjeux³ :

² Notons que le nouveau guide passage à faune (Cerema, 2021), n'aborde plus les ouvrages dédiés sous l'angle de la « grande faune », mais avec la dénomination « toute faune » en considérant qu'ils doivent répondre aux exigences d'une multitude d'espèces de petite ou grande taille.

³ Comme nous le verrons par la suite, il convient d'interpréter avec précaution ces « points noirs » de collisions potentiels, en raison des jeux de données qui sont souvent fragmentaires ou hétérogènes.

- à Ligny-en-Barrois (N4) et Saint-Aubin (N4), pour la partie située à l'ouest de Nancy,
- à Saint-Nicolas-de-Port (A33), Hériménil (N333) et Sarrebourg (N4), pour la partie située à l'est de Nancy.

Cette analyse aboutit à une cartographie de synthèse. Cette dernière identifie de nombreux corridors potentiels, majoritairement liés à des continuums forestiers, sauf au niveau des grandes vallées (Meuse, Moselle, Meurthe) et des zones de continuités prairiales (secteur Gogney / Saint-Georges par exemple).

2.4.2 « Programme de restauration et d'amélioration des continuités écologiques sur le réseau de la DIR Est en Lorraine » (l'Atelier des Territoires et Ingérop 2012)

A la suite de l'étude du CETE de l'Est (2012), une prestation a été réalisée pour la proposition d'un programme de restauration et d'amélioration des continuités écologiques sur le réseau de la DIR Est en Lorraine.

Ce travail réalisé par deux bureaux d'études (L'Atelier des territoires et Ingérop), a consisté à visiter 16 corridors écologiques identifiés comme prioritaires sur le réseau, à réaliser un diagnostic des ouvrages d'art et à proposer des aménagements sur ces ouvrages pour améliorer leur fonctionnalité.

Sur le linéaire de route concerné par la présente étude, 3 corridors ont fait l'objet d'un diagnostic :

- à Vitrimont (corridor « n°26 »), où un ouvrage permettant le rétablissement d'un chemin rural et du ruisseau de Clos Pré a été diagnostiqué (correspond à l'OA134 dans la présente étude),
- à Rehainviller (corridor « n°28 »), où le viaduc de franchissement de la N333 par la Meurthe a été diagnostiqué en rive ouest (OA123 dans la présente étude),
- à Marainviller (corridor « n°31 »),

En conclusion cette étude permettait d'obtenir une première vision des enjeux sur la base des connaissances disponibles. Depuis, ces connaissances se sont améliorées, avec notamment une collecte plus rigoureuse des données de collision, une meilleure interprétation de la fonctionnalité des ouvrages et avec l'arrivée des SRCE et une collecte de données de mortalité

2.5 Approche méthodologique utilisée pour évaluer la transparence écologique d'une infrastructure routière

L'approche décrite ci-après pour diagnostiquer la transparence écologique d'une infrastructure routière s'appuie étroitement sur les données produites dans le cadre du SRCE de Lorraine.

2.5.1 Préambule : quelques principes d'écologie routière

L'écologie routière s'intéresse aux impacts des routes et d'autres infrastructures de transport sur les espèces et les écosystèmes, et aux mesures pour y remédier (**Forman et al. 2002**).

Les impacts des routes sont nombreux et incluent, pour les principaux :

- La perte et la dégradation de l'habitat des espèces (la route détruit totalement ou partiellement un habitat, ou le rend inutilisable pour les espèces) ;
- La fragmentation de l'habitat des espèces (la route divise les zones favorables à une espèce en plusieurs parties) ;
- La rupture des continuités écologiques (la route crée une barrière qui empêche une espèce de circuler dans le paysage pour accomplir ses cycles biologiques ou se disperser) ;
- La mortalité directe et indirecte (collisions avec les véhicules, effet des pollutions diverses entraînées par l'infrastructure, ...).

Dans le cas des continuités écologiques, ces effets sur les espèces peuvent être globalement résumés par la **Figure 8** et par les paragraphes ci-dessous.

À l'approche d'une route, certaines espèces ou certains individus peuvent adopter un comportement d'évitement, sous l'effet des nuisances sensorielles : bruit ou vision du trafic routier, éclairages, nuisances olfactives ou liées aux polluants (**McGregor et al. 2008, van der Ree et al. 2011**).

Parmi les individus qui ne sont pas repoussés par l'infrastructure routière, une partie sera rapidement stoppée dans son franchissement en cas de présence d'une clôture, si celle-ci est hermétique (**Jaeger et Fahrig 2004**), tandis que les autres individus auront accès à la route.

La traversée de la route engendre généralement une proportion de mortalité directe associée au trafic routier (collisions) (**Spellerberg 1998**). De plus, certains équipements routiers peuvent constituer des obstacles difficilement franchissables (glissières, séparateurs, ...), contribuant à rendre la traversée de la route encore plus difficile pour certaines espèces, voire augmentant le risque de mortalité. Ainsi, en cumulant tous ces effets, la fraction d'individus qui réussissent à franchir la route peut être plus ou moins faible, voire nulle.

Sous l'effet des comportements d'évitement, des obstacles physiques vis-à-vis des déplacements (clôtures, autres équipements) et de la mortalité engendrée (collisions), la route peut donc entraîner (**Forman et Alexander 1998, Forman et al. 2002, D'Amico et al. 2016**) :

- Un **effet barrière** lorsqu'elle est infranchissable pour l'espèce ou pour tous les individus d'une population considérée ;
- Un **effet filtre**, lorsqu'elle n'est franchissable que par une partie seulement des individus et/ou qu'elle entraîne une part de mortalité plus ou moins élevée.

Certains ouvrages d'art, qu'ils soient créés spécifiquement ou non, peuvent permettre à la faune de franchir les routes en toute sécurité, à condition qu'ils soient bien positionnés et facilement accessibles (pas d'obstacles, contexte non dissuasif), mais aussi que leurs caractéristiques soient propices à une utilisation par les espèces visées (dimensions, substrat, réduction des nuisances) (van der Grift et al. 2009, Cerema 2018, 2021, Girardet 2018, Claireau et al. 2019).

Le succès de traversée est généralement lié non seulement à l'existence de passages à faunes fonctionnels et accessibles pour les animaux, mais également au positionnement des clôtures et structures qui permettront de les guider vers le passage, tout en empêchant leur accès à la chaussée (évitement des collisions).

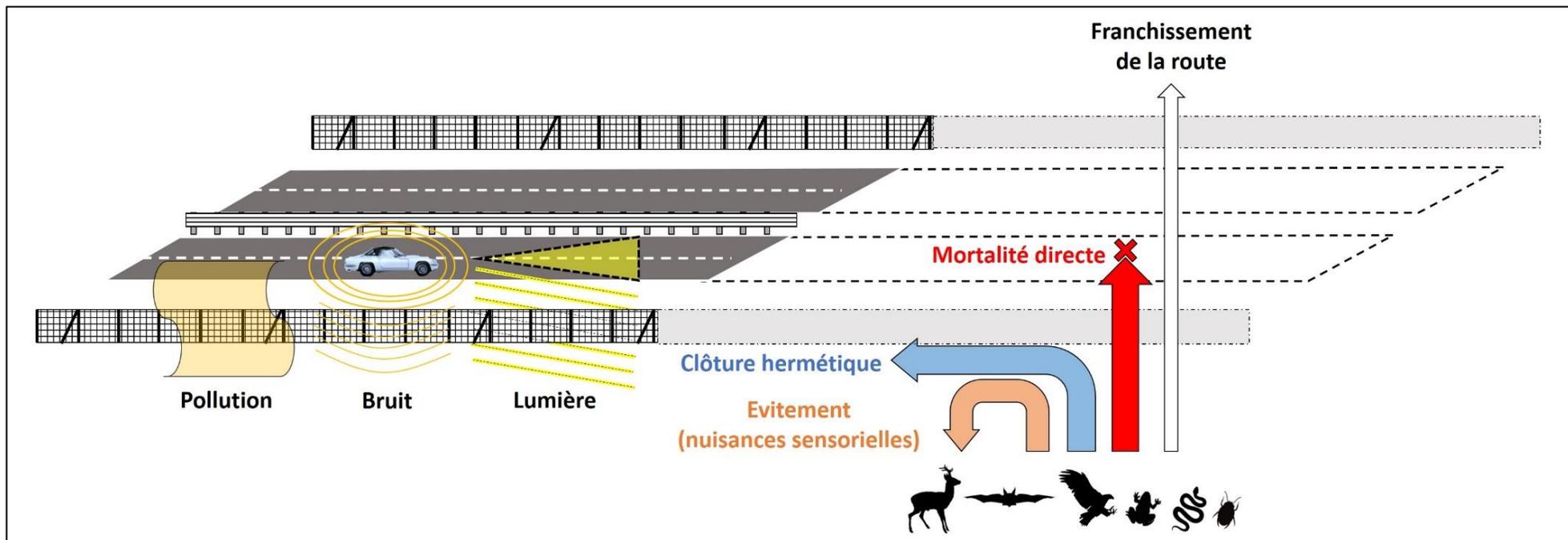


Figure 8 : Représentation schématique des effets des routes sur les espèces animales qui tentent de les franchir, en l'absence d'un passage à faune fonctionnel

Adapté de : Jaeger and Fahrig 2004, Colino-Rabanal and Lizana 2012, Testud and Miaud 2018

2.5.2 Démarche générale proposée pour l'évaluation de la transparence écologique d'une route

La démarche a consisté à établir un diagnostic sur l'ensemble du linéaire de route concernée (RN4 entre Saint-Dizier et Phalsbourg, correspondant à la traversée de la Lorraine d'ouest en est), en évaluant successivement les différents effets de l'infrastructure présentés sur la **Figure 8**. La méthode proposée permet d'établir des diagnostics par tronçons de route.

Dans un premier temps, les enjeux liés au SRCE de Lorraine n'ont pas été pris en compte. Puis, dans un second temps, nous les avons utilisés pour hiérarchiser les enjeux (2.4.3.6).

Dans le cas présent nous ne disposons pas de données nous permettant de prendre en compte les nuisances sensorielles, en particuliers le bruit et l'éclairage, qui peuvent constituer un premier niveau de « conflit » vis-à-vis des espèces (comportements d'évitement de l'infrastructure). Par ailleurs, l'impact de ces nuisances sur la faune est encore loin d'être suffisamment documenté pour permettre d'établir un diagnostic, notamment en fonction des espèces ou groupes visés.

Notre analyse a donc porté sur les autres volets, pour lesquels des données plus ou moins précises ont été collectées :

- Les clôtures (données DIRE) => diagnostic « clôtures » ;
- La mortalité liée au trafic routier (analyse statistique des points noirs de collision basée sur l'approche COMERCAR à partir des données de la DIRE et du GEML) => diagnostic « collisions » ;
- L'accessibilité et la franchissabilité potentielle des ouvrages d'art existants sur le linéaire de route concerné (basée sur le Tableau 3) => diagnostic « passages à faune »
- Le trafic routier et les autres caractéristiques de l'infrastructure pouvant freiner ou empêcher la traversée (exemple : glissières représentant des obstacles).

La démarche globale qui a été appliquée est résumée dans le schéma dichotomique présenté en page suivante (**Figure 10**) et dans le paragraphe 2.4.3.6. Les étapes successives de cette démarche sont décrites dans les paragraphes suivants.

Toutes les étapes de traitement géomatique présentées ci-dessous, ont été réalisées avec le logiciel QGIS (version 3.4.5-Madeira). L'étape préalable à ces diagnostics successifs a été de réaliser un découpage du linéaire de route concernée en segments de même longueur, qui ont été évalués pour chaque diagnostic (**Figure 10**). Dans notre cas, nous avons choisi une **longueur de segment de 50 m**. Cette longueur représente la résolution de notre analyse de la transparence écologique. Il s'agit d'un compromis trouvé entre la finesse de l'analyse et les données écologiques collectées. En effet, 50 m représente la capacité de déplacement minimale que nous avons considéré pour les espèces prises en compte, afin d'accéder à un passage à faune (voir 2.4.3.5).

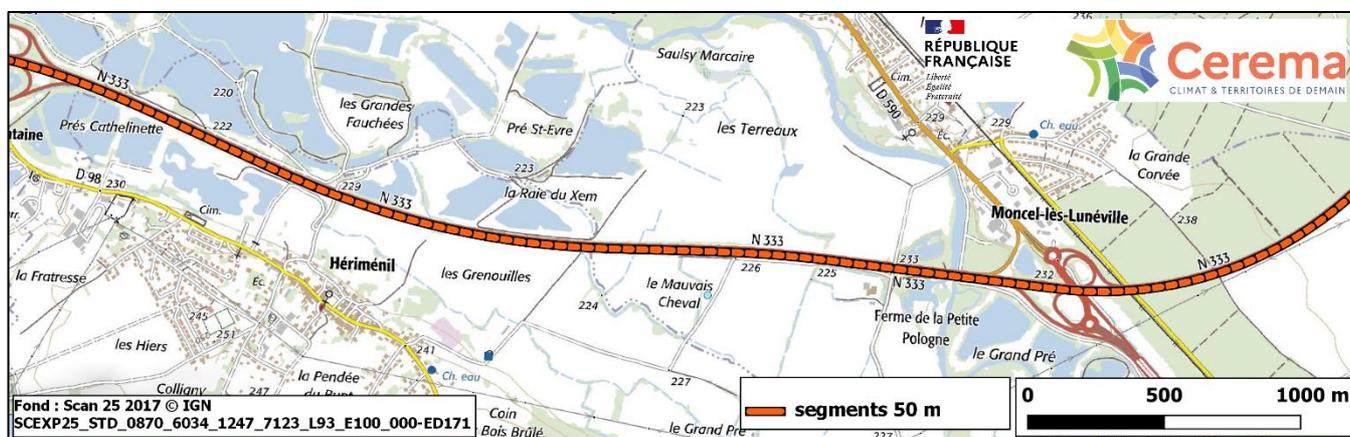


Figure 9 : Découpage du linéaire de route étudié en segments de 50 m

	Route franchissable sans risque de mortalité	} Pas d'effet identifié
	Route franchissable avec une mortalité potentielle ou avérée, sans point noir de collision	
	Route franchissable avec une mortalité avérée avec un point noir de collision identifié	} Effet filtre
	Route infranchissable sans risque de mortalité	
	Route infranchissable avec une mortalité potentielle ou avérée, sans point noir de collision	} Effet barrière avec ou sans mortalité
	Route infranchissable avec une mortalité avérée avec un point noir de collision identifié	



Lorsque la route dispose d'une clôture efficace pour empêcher aux animaux d'accéder aux chaussées, ces derniers peuvent se déplacer latéralement et, en fonction de leurs capacités de déplacement, ils peuvent être susceptibles d'atteindre un passage à faune afin de franchir l'infrastructure. Dans ce cas, la transparence écologique de l'infrastructure peut être garantie pour l'espèce considérée si les passages à faune sont fonctionnels pour l'espèce et s'ils sont suffisamment nombreux et rapprochés les uns des autres pour permettre aux individus de les atteindre, en tenant compte également de leur accessibilité (milieux perméables aux déplacements des animaux). Ce cas de figure est celui où l'impact de la route est le moins important car il n'y a **pas d'effet identifié** : ni effet filtre (mortalité lors de la traversée), ni effet barrière (infrastructure infranchissable).

Lorsque la clôture est au moins en partie franchissable par les animaux et que le trafic routier et les autres caractéristiques de l'infrastructure permettent d'envisager une traversée au moins occasionnelle de la chaussée, deux cas de figures existent :

-  Soit il y a une mortalité par collision qui est potentielle ou, si elle est avérée, elle est non « significative » (absence de point noir de collision identifié) et, dans ce cas, la route a un **effet filtre « potentiel »** ;
-  Soit un point noir de collision est identifié (mortalité significative) et, dans ce cas, la route a un **effet filtre** (ou effet filtre « avéré »).



Si la clôture n'est pas franchissable et qu'aucun passage à faune n'est accessible ou fonctionnel, alors l'infrastructure est considérée infranchissable. Elle a un **effet barrière sans risque de mortalité**.

Enfin si la clôture est franchissable et que les caractéristiques de la route (trafic routier, nombre de voies, vitesse de circulation) ne permettent pas d'envisager la traversée même occasionnelle des animaux, nous différencions à nouveau deux cas de figure selon qu'une mortalité significative ait été ou non mise en évidence :

-  Soit la route est infranchissable pour l'espèce considérée du fait de ses caractéristiques, mais la mortalité n'a pas été observée ou pas de manière significative (pas de point noir de collision identifié) ; dans ce cas la route a un **effet barrière avec mortalité potentielle** ;
-  Soit la route est infranchissable du fait de ses caractéristiques et un point noir de collision est identifié, indiquant qu'une mortalité importante existe localement ; dans ce cas la route a un **effet barrière avec une mortalité avérée**.

2.5.3 Hiérarchisation des enjeux en lien avec les continuités écologiques

2.5.3.1 Localisation des zones à enjeux du SRCE de Lorraine au croisement de la route concernée

Le SRCE de Lorraine est fourni des données SIG⁴ issues d'une modélisation de la connectivité potentielle par la méthode « trajet de moindre coût » ou « coût-déplacement » (Ecosphère et Région Lorraine 2014). Le principe de cette méthode est d'évaluer la perméabilité du paysage pour les déplacements des espèces, en affectant des coefficients de résistance (ou de « rugosité ») aux différentes catégories d'occupation du sol, en fonction de la capacité théorique pour les espèces ou guildes d'espèces à pouvoir se déplacer au sein de ces types d'occupation du sol. Ces coefficients sont généralement attribués sur « dire d'expert », avec des approches plus ou moins basées sur la bibliographie ou sur les connaissances de spécialistes consultés (l'approche complète est bien décrite dans le volume 2 du SRCE de Lorraine, pp. 36-43).

Cette approche reflète donc en partie la connectivité fonctionnelle (et non structurelle) du paysage, c'est-à-dire pas uniquement le lien « physique » / géographique entre les milieux structurants, mais un lien entre l'occupation des sols et les capacités (théoriques) de déplacements pour certaines espèces ou guildes d'espèces qui sont censées être représentatives des sous-trames du SRCE :

- Les milieux forestiers (tous types de boisements, quel que soit leur taille) ;
- Les milieux herbacés (prairies, milieux de transition, bermes routières et vergers) ;
- Les milieux ouverts thermophiles (selon la pente, l'exposition et la nature géologique) ;
- Les zones alluviales ou humides⁵ (toutes les surfaces en eau et zones humides, incluant des prairies ou boisements).

Ainsi, dans le cas présent, le SRCE de Lorraine fournit trois types de perméabilités :

- Perméabilité dite « forte » lorsque le pixel concerné sur la carte permet théoriquement le déplacement de toutes les guildes d'espèces prises en compte pour la sous-trame concernée ;
- Perméabilité « moyenne » lorsque le pixel concerné sur la carte permet théoriquement le déplacement de toutes les guildes d'espèces prises en compte sauf une (n-1) pour la sous-trame concernée ;
- Perméabilité dite « faible » dans tous les autres cas.

Sur cette base, des ensembles continus de perméabilité (ou continuums), de plus ou moins grande superficie, apparaissent sur la cartographie. Il s'agit en quelques sorte, de la version « brute » des corridors écologiques, avant la représentation schématique et simplifiée, qui est présentée dans le SRCE sous la forme de linéaires dessinés manuellement (Ecosphère et Région Lorraine 2014).

Nous avons utilisé uniquement les zones de « forte » perméabilité (en rouge et en orange sur les cartes ci-dessous), qui sont situées à l'intersection avec le linéaire de route étudié.

Parmi ces zones de forte perméabilité, un niveau d'intérêt est indiqué dans les données différenciant la perméabilité d'intérêt « infra-régional » et la perméabilité d'intérêt « stratégique régional » (niveau d'intérêt le plus fort) (**Figure 11**). Malheureusement, la démarche d'obtention de cette hiérarchisation n'est pas clairement expliquée dans le SRCE. Elle a probablement été basée en partie sur des critères de superficie de ces zones de forte perméabilité et/ou sur le positionnement géographique de ces ensembles (exemple : côtes, vallées alluviales principales...). Sur ces cartes, on constate notamment que la vallée de la Meuse et ses côtes, présentent des zones de perméabilités fortes d'intérêt stratégique régional (rouges) pour les 4 sous-trames du SRCE sur un axe Nord-sud intersectant la RN4 : continuités alluviales et herbacées dans la vallée, mais aussi forestières et des milieux thermophiles sur les côtes.

⁴ Les couches SIG du SRCE de Lorraine sont disponibles en téléchargement ici : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/schema-regional-de-coherence-ecologique-srce-de-lorraine-reservoirs-de-biodiversite-surfacique/>

⁵ Les cours d'eau et espèces ou guildes d'espèces aquatiques liées, ne sont pas pris en compte dans la démarche d'analyse des perméabilités du SRCE de Lorraine, qui n'aborde que des espèces terrestres (ou au stade adulte terrestre pour les odonates par exemple). Les cours d'eau sont considérés comme des réservoirs-corridors.

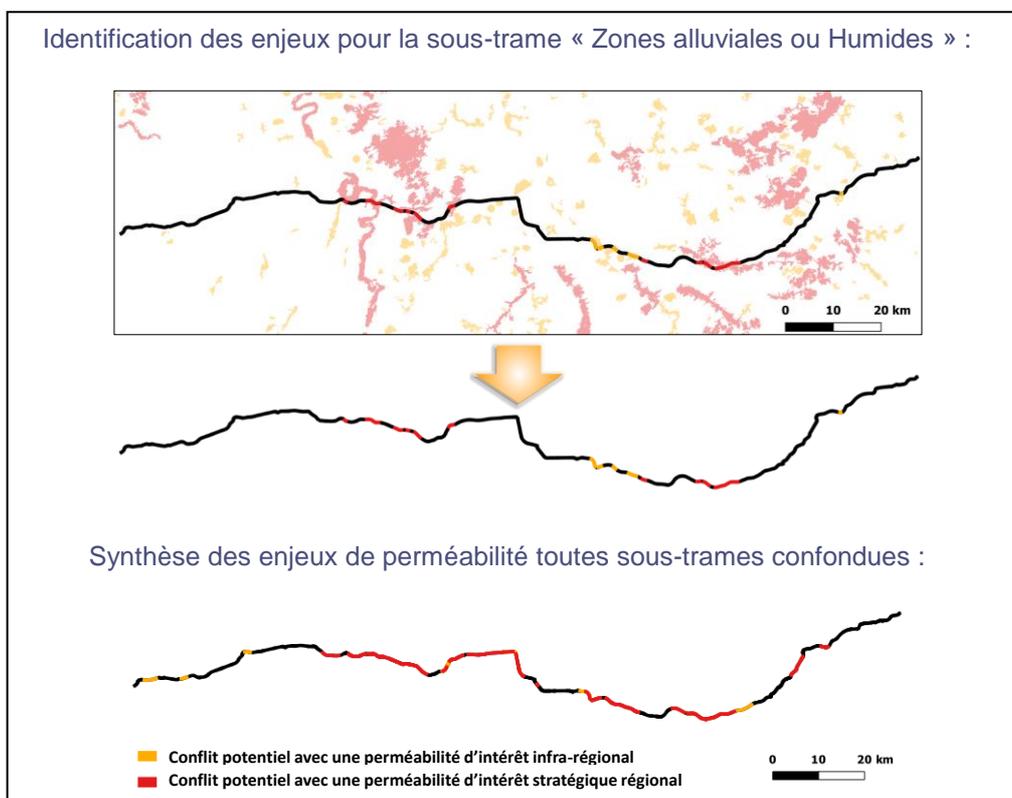
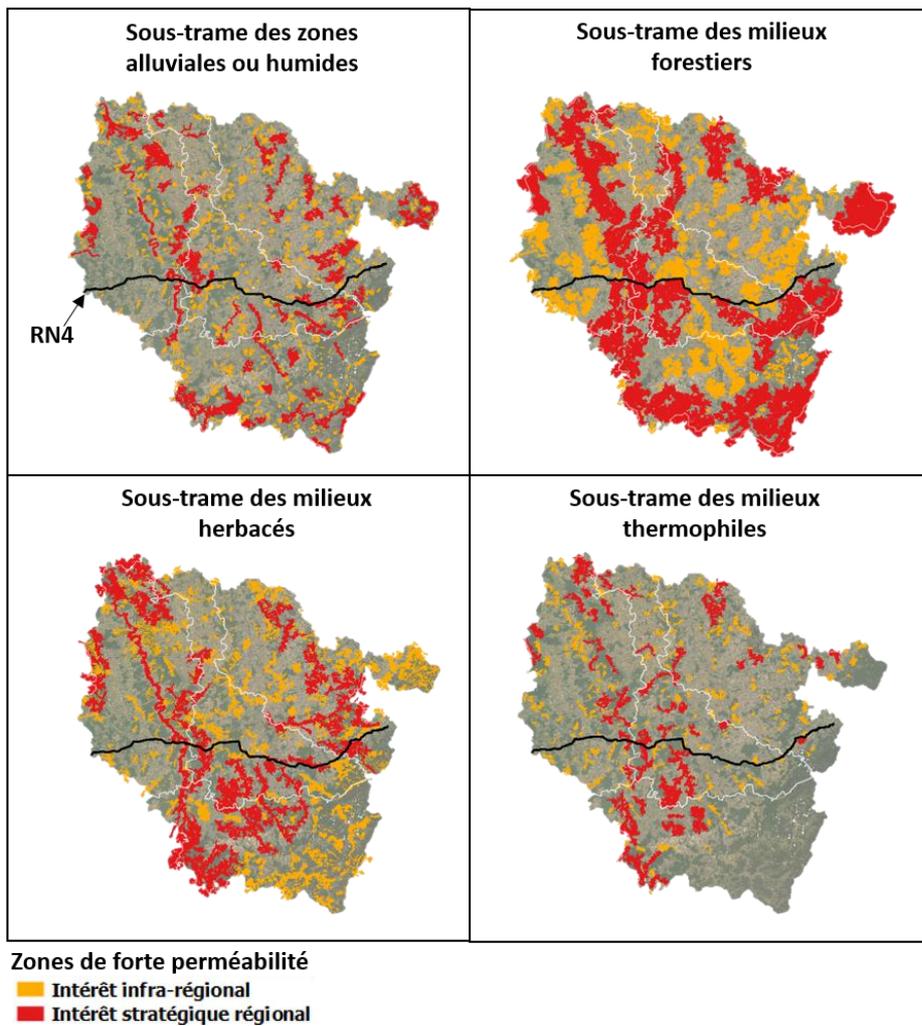


Figure 11 : Identification des zones de conflit potentiel au croisement de l'infrastructure et des zones de forte perméabilité du SRCE de Lorraine

2.5.3.2 Hiérarchisation des enjeux : croisement entre le diagnostic de transparence écologique et les enjeux du SRCE

Le schéma dichotomique présenté en page 19 (**Figure 10**) permet d'évaluer l'effet d'un tronçon de route. En réalisant les quatre diagnostics successifs, il est possible d'évaluer l'effet de l'infrastructure pour chaque tronçon de 50 m : identification et localisation des types de conflits.

Nous avons suivi cette démarche pour l'ensemble des espèces citées précédemment, puis une la démarche de hiérarchisation suivante a été appliquée.

- Hiérarchisation des enjeux par espèce

Une hiérarchisation de l'enjeu a été établie par espèce sur la base d'une analyse croisée entre le type d'effet identifié en appliquant le schéma décisionnel (**Figure 10**) et l'enjeu de perméabilité écologique identifié par le SRCE de Lorraine (**Tableau 5**).

Cette hiérarchisation est représentée par un code couleur. Une échelle à 6 niveaux est utilisée. Des points sont associés à chacun de ces 6 niveaux, pour permettre de calculer un enjeu global multi-spécifique pour chaque tronçon de route (cumul des points par espèce).

Tableau 2 : Hiérarchisation de l'enjeu de rétablissement de la transparence écologique

	Type d'effet identifié			
	Pas d'effet identifié 	Effet filtre 	Effet filtre avec point noir de collision 	Effet barrière avec ou sans mortalité 
Perméabilité SRCE de Lorraine				
Pas de perméabilité identifiée				
Perméabilité d'intérêt "infra-régional"				
Perméabilité d'intérêt "stratégique régional"				

Hiérarchisation de l'enjeu

	Enjeu Faible (0 points)
	Enjeu Faible à Modéré (1 point)
	Enjeu Modéré à Fort (2 points)
	Enjeu Fort à Très fort (4 points)
	Enjeu Très fort à Majeur (6 points)
	Enjeu Majeur (10 points)

Le premier niveau commence à « Enjeu Faible », en considérant d'une part qu'il n'y a pas d'enjeu « nul », puisque la route provoque *a minima* une fragmentation des habitats. D'autre part, certains effets de l'infrastructure n'ont pas été pris en compte. C'est le cas par exemple des nuisances sensorielles liées à l'infrastructure et au trafic routier, qui peuvent dissuader les espèces de s'en approcher pour tenter une traversée, voire créer des zones d'exclusion dans l'occupation de l'espace, même en cas de présence d'un biotope favorable aux espèces à proximité de la route.

Le niveau d'enjeu le plus élevé est « Majeur ». Il correspond à un effet barrière (infrastructure infranchissable), au droit d'une continuité écologique d'intérêt « stratégique régional ».

Notons que cette évaluation des enjeux a été établie toutes trames confondues, c'est-à-dire en considérant les perméabilités écologiques des 4 sous-trames du SRCE cumulées sur l'ensemble du linéaire (**Figure 11**).

Un exemple de hiérarchisation de l'enjeu est présenté ci-dessous pour le Hérisson en zoomant sur le secteur de la Forêt de Haye, à l'ouest de Nancy (**Figure 12**).

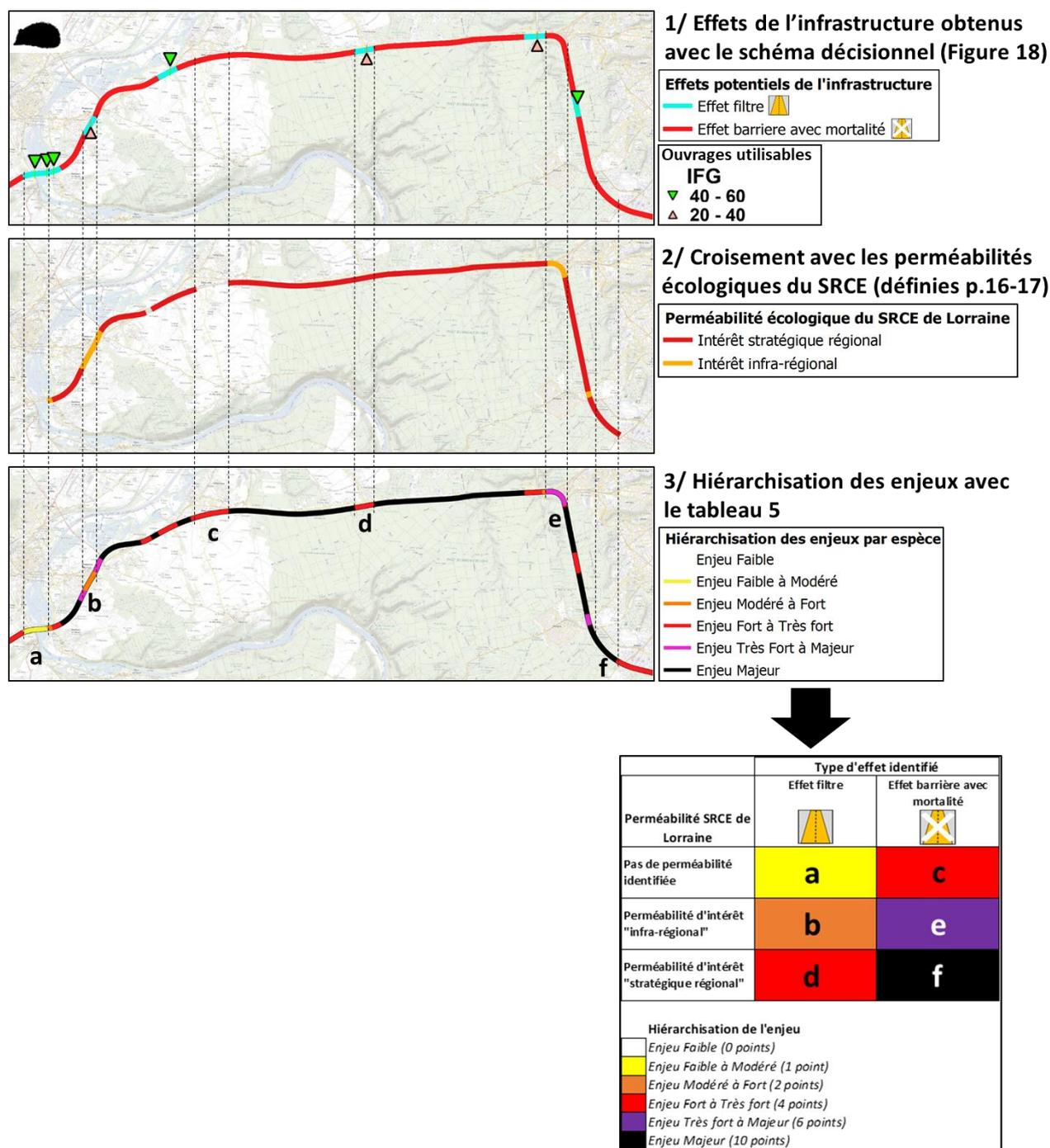


Figure 12 : Exemple de hiérarchisation des enjeux pour le Hérisson d'Europe

La figure ci-dessus illustre six cas différents rencontrés sur ce linéaire de route pour le Hérisson.

1/ (Cadre du haut) En premier lieu, le schéma décisionnel a permis d'évaluer l'effet potentiel de l'infrastructure sur les tronçons de 50 m. Seuls deux effets de l'infrastructure sont identifiés sur le linéaire présenté en exemple, pour le Hérisson :

- Un **effet filtre** (tronçons en bleu) lié à une mortalité des individus (sans point noir de collision identifié sur la base des données exploitées), mais avec un franchissement de l'infrastructure qui est possible sur ces tronçons en présence d'ouvrages utilisables par l'espèce (illustrés par des triangles dont l'orientation et la couleur représentent la valeur de leur Indice de Fonctionnalité Globale (IFG)) ;

- Un **effet barrière avec mortalité** sans point noir de collision (tronçons en rouge) sur les tronçons qui ne comportent pas d'ouvrages utilisables par le Hérisson pour franchir l'infrastructure.

2/ (Cadre du milieu) Les effets obtenus par tronçons en 1/ sont croisés avec le niveau d'intérêt des continuités écologiques du SRCE au droit de l'infrastructure sur ces mêmes tronçons. Les perméabilités écologiques du SRCE de Lorraine ont 3 niveaux d'intérêt : pas d'intérêt identifié (transparent), intérêt infra régional (orange), intérêt stratégique régional (rouge).

3/ (Cadre du bas) Le tableau 5 permet d'obtenir la hiérarchisation des enjeux par tronçons, en fonction de l'effet de l'infrastructure (1/) et du niveau d'intérêt du tronçon au regard de la perméabilité écologique du SRCE (2/).

Chaque couleur de cette hiérarchisation du tableau est associée à un nombre de points (barème).

- Cumul des enjeux spécifiques par tronçon (obtention des enjeux multi-spécifiques)

Afin d'obtenir un niveau d'enjeu multi-spécifique, une somme est calculée en additionnant les points de chaque espèce sur les tronçons de route.

En relation avec le nombre d'espèces prises en compte, le score final (enjeu multi-spécifique) est ici compris entre 0 (Enjeu faible) et 180 (Enjeu fort) pour chaque tronçon.

Sur la même section de route que dans l'exemple précédent, la **Figure 13** illustre la hiérarchisation des enjeux multi-spécifiques par cumul des points de toutes les espèces.



Hiérarchisation des enjeux multi-spécifiques

- Score 0 - 60 : Enjeu faible
- Score 60 - 120 : Enjeu moyen
- Score 120 - 180 : Enjeu fort

Figure 13 : Hiérarchisation des enjeux multi-spécifiques par cumul des points pour chaque espèce

2.5.4 Méthodes pour le diagnostic de transparence écologique

2.5.4.1 Méthode pour le diagnostic « clôtures » (1⁶)

La majorité du linéaire concerné par la présente étude comprend des clôtures. Nous avons sollicité la DIRE afin de collecter des informations sur l'emplacement précis de ces clôtures sur ce linéaire. Ces données sont cependant difficiles à mobiliser car les clôtures font régulièrement l'objet de travaux (réfection, suppression, ajouts). Aussi, les données obtenues n'englobent malheureusement pas tout le linéaire concerné et se sont avérées difficiles à exploiter.

Nous avons donc considéré l'ensemble du linéaire comme étant clôturé, ce qui correspond au cas le plus fréquent pour une 2x2 voies de type autoroutier, à l'exception du tronçon Gogney / Saint Georges (2 voies non clôturées). Notons que des sections non clôturées existent ailleurs sur les parties en 2x2 voies mais qu'il ne nous a pas été possible de les renseigner précisément dans le cas présent.



Les clôtures utilisées sur cette route correspondent en majorité à un type largement utilisé dans le domaine autoroutier et sur les routes du réseau de la DIRE. Il s'agit d'une clôture soudée à maille progressive de type 3 ou 250-20-15 (comme illustré ci-contre), utilisée principalement pour stopper la grande faune (Cerema 2019a), et dont les caractéristiques principales sont les suivantes :

- Largeur de maille : 152,4 mm,
- Hauteur de maille minimale à la base : 76,2 mm,
- Hauteur de maille maximale : 203 mm
- Hauteur maximale : 2,00 mètres hors sol + 50 cm enterrés (2,50 mètres hors sol + 50 cm enterrés sur quelques sections où un enjeu « Cerf » a été identifié).

Un grillage soudé à petite section (maille de 6 mm) pour stopper la petite faune (amphibiens et reptiles en particuliers), est posé en complément, en particulier sur plusieurs sections aménagées récemment (voir illustration ci-contre), où un enjeu a été identifié localement (exemple : tronçon Saint-Georges / Héming).



Clôture photographiée sur la RN4 : type soudée à maille progressive, localement doublée par un grillage à petite section (Source : Marc Gigleux / Cerema Est)

Afin d'évaluer la franchissabilité de ces clôtures pour la faune, nous nous sommes basés sur le guide existant (**Cerema 2019a**).

En dehors des brèches ou de zones non clôturées, comme sur certains échangeurs, ces clôtures sont surtout efficaces pour stopper le passage des ongulés.

Pour le Cerf et le Sanglier (si bien enterrée), ce type de clôture est considéré comme efficace, ce qui est confirmé par les données de collisions de la DIRE.

Le Chevreuil est potentiellement capable de passer au travers des mailles les plus grosses (ici 152 x 203 mm). Il s'expose alors au risque de rester coincé, comme illustré ci-contre. Cependant, le Chevreuil est surtout connu pour pénétrer sur les dépendances en empruntant les ouvertures situées au niveau des bretelles. C'est probablement ce qui explique le nombre plus important de collisions relevées pour cette espèce sur la RN4.



Chevreuil accroché à une clôture à maille progressive après une tentative de franchissement sur la RN59 (photographie : Jérôme Ehrhard, DIR Est)

Les lapins et lièvres peuvent franchir la clôture au niveau de petites brèches au sol ou en sautant.

⁶ Les numéros renvoient aux étapes décrites dans le schéma de synthèse (Figure 10).

Le Lynx et le Chat forestier sont capables de franchir la majorité des clôtures en grimpant, même au-delà de 2,5 mètres de hauteur. Peu de clôtures peuvent donc être considérées comme hermétiques pour ces deux carnivores, hormis lorsqu'elles sont munies d'un bavolet suffisamment long, ce qui est rare.

Pour le Renard roux, la Martre des pins, la Fouine, le Blaireau et toutes les espèces plus petites (y compris les reptiles et amphibiens), les clôtures à mailles progressives ne font que limiter le passage ou s'avèrent inefficaces en raison des comportements grimpeurs ou de la possibilité de passer au travers des mailles (ou sous une clôture non enterrée pour le Blaireau). Pour les amphibiens et reptiles, les clôtures à petites sections munies d'un bavolet, qui sont ajoutées sur certains tronçons, s'avèrent généralement efficaces lorsqu'elles sont correctement enterrées à la base, ce qui n'est pas toujours le cas.

En résumé, on peut donc considérer que ce type de clôture, associé à une pose enterrée, présente une efficacité bonne pour les plus grandes espèces et partielle à nulle pour d'autres (**Tableau 2**).

De plus, il semble que certains échangeurs et nœuds routiers, constituent des voies d'entrée privilégiées pour la faune vers les emprises et les chaussées, en raison de l'interruption ponctuelle des clôtures à ces endroits. De même les entrées de services peuvent aussi permettre le passage de certaines espèces, notamment sous les portails lorsqu'ils ne sont pas calfeutrés (voir illustration ci-contre).



Ne disposant de données précises sur ces « brèches », nous avons considéré les clôtures comme homogènes sur l'ensemble du linéaire.

Notons que cette approche pourrait être précisée par un diagnostic plus fin des clôtures sur le terrain. Cependant, les parties endommagées ou défauts de pose de ces clôtures peuvent difficilement être suivies dans le temps. La prise en compte des données de collisions (diagnostic ③), lorsqu'elles sont disponibles (comme dans le cas présent), permet d'affiner cette analyse, en confirmant l'efficacité de la clôture en fonction de la mortalité observée.

Tableau 3 : Evaluation de la franchissabilité pour les mammifères d'une clôture en maille soudée progressive type 3, avec pose enterrée de 50 cm

Ongulés			Carnivores							Lagomorphes	Insectivores		Rongeurs			Amphibiens / Reptiles
Cerf	Chevreuil	Sanglier	Lynx	Loup	Renard	Chat sauvage	Blaireau	Martre Fouine	Autre petit mustélidé		Hérisson	Musaraigne	Ecureuil roux	Muscardin	Mulot Campagnol	
x	o	x	•	x	o	•	o	•	•	o	o	•	•	•	•	

- Franchissable (passage au travers des mailles, par saut ou en grimpant)
- o Susceptible d'être franchie (passage au travers des mailles, par saut ou en grimpant)
- x Très difficilement franchissable

2.5.4.2 Méthode pour le diagnostic « trafic routier / obstacles » (②)

Ce dernier diagnostic intervient en considérant qu'une partie des individus de l'espèce considérée peut accéder à la chaussée pour tenter de franchir l'infrastructure (clôture au moins en partie perméable).

Des données sur le trafic routier ont été utilisées pour évaluer la probabilité qu'une partie des individus puissent franchir l'infrastructure. Les données utilisées sont celles du Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA⁷) de 2018 (**Figure 14**).

⁷ Le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) d'une section routière est obtenu en calculant la moyenne sur une année du nombre de véhicules circulant sur cette section, tous sens confondus, au cours d'une journée. Les données du TMJA 2018 proviennent de la source suivante : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/trafic-moyen-journalier-annuel-sur-le-reseau-routier-national/>. Elles ont été actualisées au 01/01/2018.

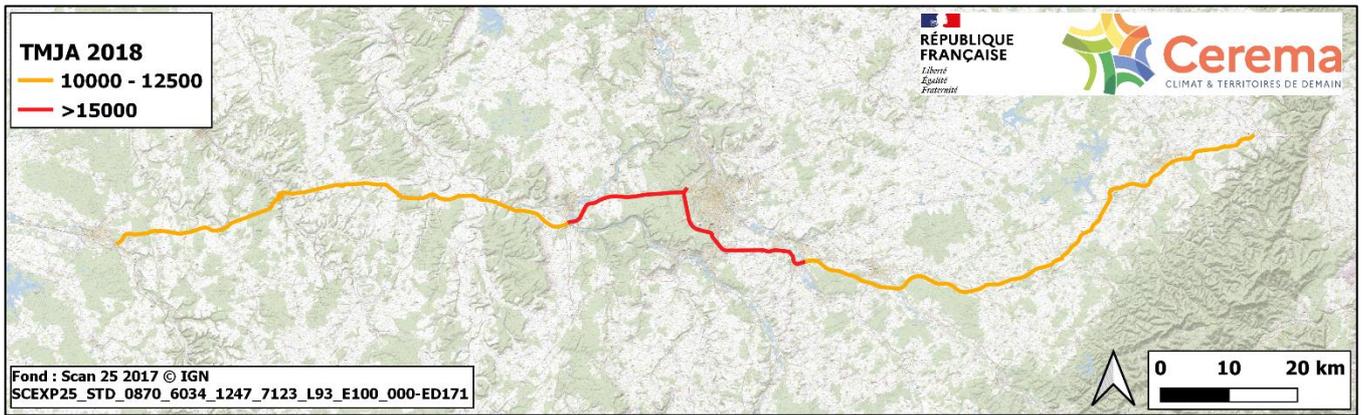


Figure 14 : Intensité du trafic routier (TMJA) sur le linéaire étudié

Remarque : la légende présente les deux classes de trafic existantes sur le linéaire. Dans les données collectées, la classe de trafic comprise entre 12 500 et 15 000 véhicules jour n'existe pas.

Sur la base d'un modèle conceptuel de l'effet du trafic sur le pourcentage de traversées d'une route par les animaux (**Figure 15**), construit avec des données empiriques (**Seiler 2003**), nous avons estimé la possibilité de traversée d'au moins une partie des individus pour les espèces visées (**Tableau 3**). En différenciant trois types de routes rencontrées dans le cas présent selon le trafic, le nombre de voies et la vitesse de circulation.

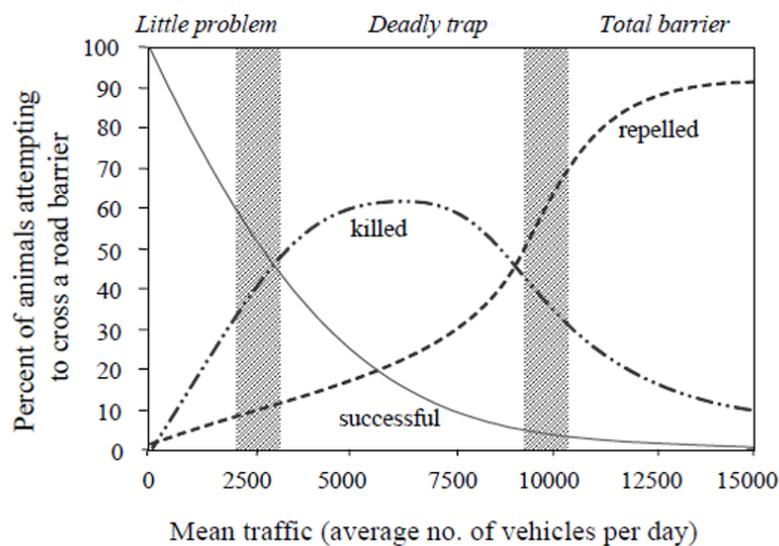


Figure 15 : Modèle conceptuel de l'effet de l'intensité du trafic routier sur le pourcentage de traversée d'une route par la faune (Source : Seiler 2003)

Tableau 4 : Evaluation de la franchissabilité des trois types de route rencontrés sur le linéaire étudié

TYPE	Nb voies	TMJA	Vitesse	Ongulés			Carnivores							Lagomorphes	Insectivores		Rongeurs		Amphibiens / Reptiles	
				Cerf	Chevreuil	Sanglier	Lynx	Loup	Renard	Chat sauvage	Blaireau	Martre Fouine	Autre petit mustélide		Hérisson	Musaraigne	Ecureuil roux	Muscardin		Mulot / Campagnol
1	2x2	> 10 000	110 km/h	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	x	x	o	x	x	x
2	2x2	> 15 000	110 km/h	o	o	o	o	o	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x	x	x
3	2	> 10 000	80 km/h	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	x	x	o	x	x	x

- o Susceptible d'être franchie
- o Franchissement exceptionnel
- x Infranchissable

Notons que cette évaluation est basée sur la bibliographie et le dire d'expert et qu'elle pourrait être améliorée à l'avenir mais aussi adaptée à d'autres types de routes.

Pour un trafic < 2500 véhicules / jour, la plupart des mammifères sont susceptibles de franchir l'infrastructure, avec toutefois un risque de mortalité par collision. Au-dessus de 2500 véhicules / jour, la mortalité augmente et la probabilité de franchir l'infrastructure décroît.

Au-delà de 10 000 véhicules / jour, c'est-à-dire sur les **sections en jaune et en rouge** sur la **Figure 14** (soit l'ensemble du linéaire concerné dans le cas présent), nous considérons qu'une petite partie des individus parvient encore à traverser (ongulés et grands carnivores), notamment en tenant compte du trafic pendulaire, qui est généralement plus réduit la nuit. Néanmoins, le risque de collision devient très important pour les méso et petits carnivores, les Lagomorphes et l'Écureuil roux. Nous considérons également la route comme infranchissable à partir de ce niveau de trafic pour d'autres espèces plus petites (Hérisson et taille inférieure).

Lorsque le trafic dépasse 15 000 véhicules / jour, la possibilité de traverser l'infrastructure est considérée comme exceptionnelle pour les plus grandes espèces (ongulés et grands carnivores) et infranchissable pour les autres.

En complément, à partir de 15 000 véhicules / jour, le modèle conceptuel attribue un effet dissuasif du trafic routier pour les animaux qui s'approcheraient de l'infrastructure, sous l'effet des nuisances visuelles et sonores en particuliers (**Figure 15**), élément que nous n'avons pu intégrer à notre diagnostic.

Des caractéristiques supplémentaires de l'infrastructure sont prises en compte pour évaluer les possibilités de traverser, notamment :

- La longueur de la traversée de la chaussée (en lien avec le nombre de voies) qui est déterminante pour beaucoup d'espèces, en particuliers les plus petites (amphibiens, micromammifères, serpents),
- La vitesse de circulation, qui augmente le risque de collision,
- La présence d'obstacles pour la faune, tels que les glissières métalliques ou en béton armé (GBA / DBA), ralentissant ou empêchant leur traversée.

Nous avons donc considéré que la majorité du linéaire correspond au « **TYPE 1** » :

- Un trafic routier > 10 000 véhicules / jour,
- Une 2x2 voies dont la partie « Chaussées » + « Terre-plein central » + « Bande de sécurité », représente une distance totale de traversée d'au moins 20 mètres,
- Présence de glissières métalliques et en béton armé sur sa majorité,
- Vitesse de circulation à 110 km/h.

Le « **TYPE 2** » correspond à la partie centrale du linéaire (A31 / A33) qui a les mêmes caractéristiques que le TYPE 1, mais avec un trafic routier plus élevé (> 15 000 véhicules / jour).

Enfin, le tronçon Gogney / Saint Georges, qui n'est pas encore passé à 2x2 voies (travaux en projet) correspond au « **TYPE 3** » :

- Un trafic routier > 10 000 véhicules / jour,
- Une traversée de chaussée d'environ 8 mètres,
- Pas de glissières sur la majorité du linéaire (les glissières existent localement),
- Une vitesse limitée à 80 km/h.

Le **tableau 3** en page précédente résume l'évaluation de la franchissabilité de ces trois types de route pour les vertébrés pris en compte dans l'analyse.

2.5.4.3 Méthode pour le diagnostic « collisions » (3)

Des données de collisions faune-véhicules ont été collectées auprès de trois organismes :

- La DIR Est (DIRE), gestionnaire principal du linéaire de route concerné, qui a décliné un protocole national de recensement de ces collisions en collaboration avec le MNHN ;

- Le Groupe d'Etude des Mammifères de Lorraine (GEML), qui collecte toutes les données de mammifères en Lorraine, de manière opportuniste via un réseau d'observateurs bénévoles (données non protocolées) ;
- La Ligue de Protection des Oiseaux (LPO Grand Est), qui collecte toutes les données d'oiseaux en Région Grand Est, de manière opportuniste via un réseau d'observateurs bénévoles (données non protocolées).

Après un examen de ces données, seules celles qui concernent les mammifères (DIRE et le GEML) ont pu être exploitées statistiquement : difficultés d'harmonisation des données oiseaux entre la base DIRE et la base LPO ; données oiseaux trop peu nombreuses pour la plupart des taxons.

- **Biais potentiels et précautions prises pour l'analyse des données**

La prise en compte de données issues de plusieurs bases différentes (DIRE et GEML), opportunistes ou protocolées, présente des avantages et des inconvénients. Le principal avantage est que l'échantillon de données de collisions cumulées est plus important, ce qui peut augmenter la puissance des analyses statistiques pour détecter des points noirs de collisions.

En revanche, parmi les inconvénients, on peut citer :

- Une hétérogénéité spatiale et temporelle de la distribution des données dans les bases, liées à des pressions d'observations différentes et variables (données opportunistes des associations naturalistes issues d'une pression d'observation hétérogène) et données plus régulières des patrouilleurs de la DIR Est, lorsque le protocole est appliqué rigoureusement) ;
- Une identification des espèces liée à l'expérience plus ou moins forte des observateurs, avec une difficulté de standardisation dans le cas présent ;
- Une détection des espèces probablement différente et liée à la manière dont les données sont collectées : les patrouilleurs manquent potentiellement moins de cadavres s'ils passent régulièrement, tandis que les naturalistes ne s'arrêtent pas et ont donc une probabilité moindre de détecter certains cadavres (petites espèces, mais aussi grosses espèces ramassés par les patrouilleurs) ;
- Dans le cas présent, l'absence de données collectées par la DIR Est sur la partie centrale du linéaire (A31 et A33), qui ne fait pas partie du réseau en gestion ;
- Des catégories d'espèces renseignées différentes. Pour les mammifères, dans les données DIR, les « petits mustélidés » (Hermine, Putois, Belette) sont regroupés et le Chat forestier n'est pas renseigné, alors que le GEML relève l'ensemble des espèces sans distinction. Pour les oiseaux, le protocole appliqué par la DIR ne renseigne que les catégories « Chouette / Hibou », « Rapace » (faisant probablement référence uniquement aux rapaces diurnes ?) et « autre oiseau », sans identification précise des espèces, alors que les naturalistes bénévoles renseignent l'ensemble des espèces de manière plus précise, lorsque cela s'avère possible ;
- Une saisie des données possiblement influencée par l'intérêt des observateurs vis-à-vis des espèces dans le cas de données non protocolées / opportunistes (les espèces communes sont généralement moins fréquemment renseignées que les espèces rares ou emblématiques dans les bases de données naturalistes, ce qui ne doit pas être le cas dans les données de la DIR) ;
- Une redondance possible entre les deux sources de données (doublons si des cadavres ont été notés par la DIR Est et des observateurs des associations naturalistes).

Pour toutes ces raisons et parce que l'ensemble de ces données n'a pas fait l'objet d'une collecte avec un protocole commun et rigoureux, l'interprétation des résultats des analyses statistiques doit être réalisée avec beaucoup de précaution. En complément, plusieurs mesures ont été prises pour réduire au moins en partie ces biais.

Notons qu'un projet ITTECOP, le **projet « COCPITT⁸ »** est actuellement conduit sur cette problématique complexe et que des améliorations pourront sans doute prochainement être apportées à l'analyse de ces données hétérogènes issues de plusieurs bases.

⁸ Le projet exploratoire COCPITT pour « Collisions Opportunistes et Collisions Protocolées liées aux Infrastructures de Transport Terrestres » est porté par le Cerema, l'EPHE/CEFE et la LPO nationale, dans le cadre d'un programme ITTECOP : <https://www.ittecop.fr/fr/tous-les-projets/recherches-2020/projets-exploratoires-ou-incubatoires-2020/item/719-cocpitt>

Dans le cas présent, l'analyse a été réalisée séparément pour chaque groupe biologique ou espèce : pas d'analyse toutes espèces confondues, qui présente peu de sens au plan écologique, mais aussi parce que l'on ne peut garantir une probabilité de détection comparable entre les espèces.

Par ailleurs, l'analyse a été réalisée séparément sur trois sections distinctes au sein du linéaire de route, pour réduire l'hétérogénéité des données liée aux tailles d'échantillons différentes. Ces trois sections sont les suivantes (Figure 16) :

- Section « Ouest » : RN4 de Saint-Dizier jusqu'au raccordement de l'A31 à Toul (70 km). Les données sont disponibles dans les deux bases consultées (DIRE, GEML) ;
- Section « Centre » : A31 et A33 de Toul à Dombasle-sur-Meurthe (43 km). Seules les données du GEML (Mammifères) sont disponibles ;
- Section « Est » : N333 et RN4 jusqu'à Phalsbourg (77 km). Les données sont disponibles dans les deux bases consultées (DIRE, GEML).

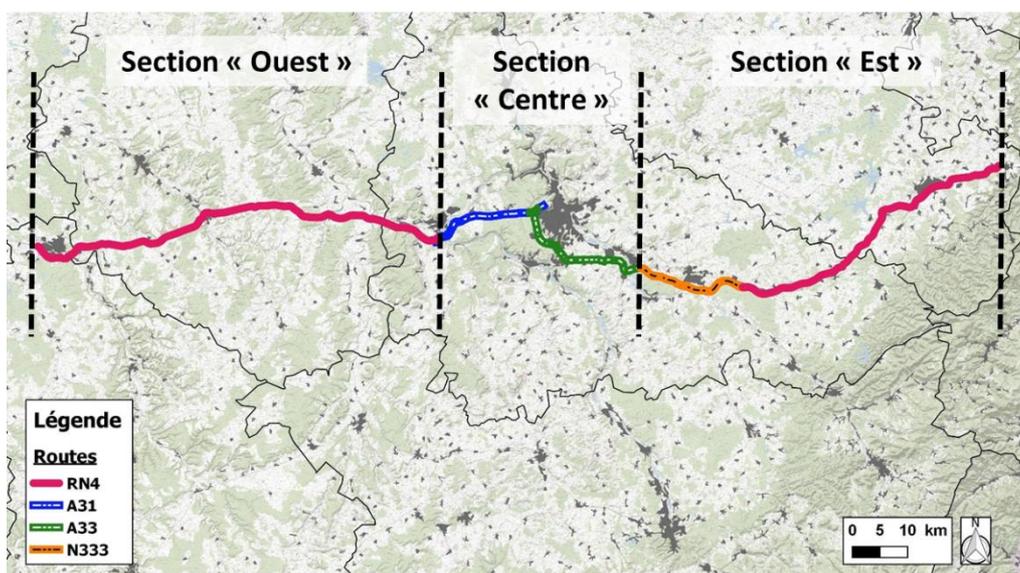


Figure 16 : Délimitation des trois sections ayant fait l'objet d'une analyse statistique indépendante

Enfin, les données ont fait l'objet d'un examen préalable visant à éliminer les éventuels doublons.

En comparant les données obtenues d'un côté par la DIRE à celles issues de l'autre côté par le GEML, pour une même espèce ou un groupe d'espèces, ont été considérées comme doublons : toutes les données de collision apparaissant dans les deux bases, dans un intervalle de temps inférieur ou égal à 10 jours ET à une distance inférieure ou égale à 100 mètres sur la RN4.

Seule l'une des deux données a alors été retenue : celle issue de la DIRE en considérant que le point relevé par les patrouilleurs, qui s'arrêtent pour ramasser les cadavres, est potentiellement plus précis que celui relevé par les naturalistes du GEML.

Notons que pour les chevreuils et sangliers, les cadavres sont enlevés rapidement par les patrouilleurs. Aussi, pour ces deux espèces les données de collisions étaient rares dans la base du GEML et aucun doublon potentiel entre les bases de données n'a été trouvé.

- Echantillon statistique final pour l'analyse des collisions

Il vise à étudier les collisions faune-véhicule, afin de mieux les éviter, les réduire et les compenser. La publication du rapport de ce projet est prévue en mars 2023.

Déclinaison opérationnelle des orientations des SRCE du Grand Est sur le sujet de la transparence écologique
Focus sur la RN4

Juin 2023

En procédant de cette manière, un total de 912 données de mortalité mammifères par collision sur le linéaire concerné, a été obtenu sur la période 2011-2018 : 563 par la DIRE et 349 par le GEML. Lorsque ces données sont représentées sans distinction des espèces, elles semblent distribuées de manière homogène sur le linéaire, en dehors de la partie centrale qui n'est pas couverte par la base de données de la DIRE (**Figure 17**).

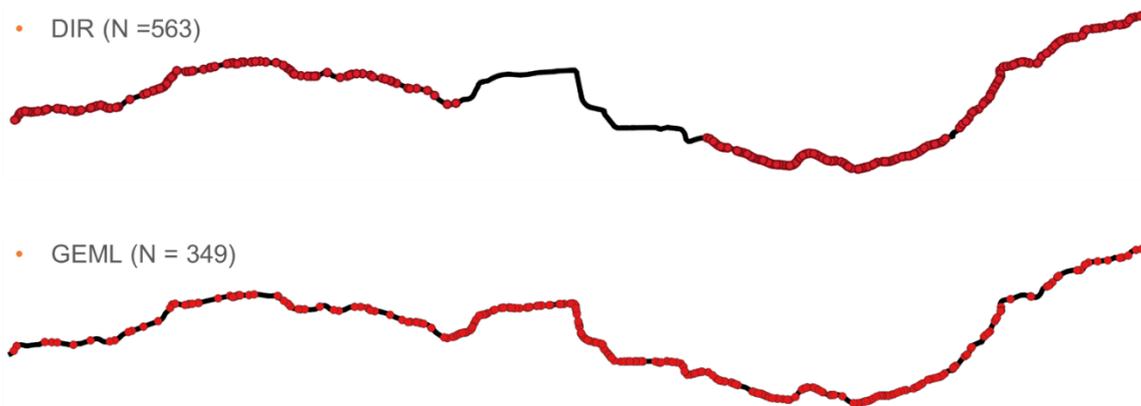


Figure 17 : Distribution spatiale des données de collision faune-véhicules utilisées pour l'analyse statistique

- **Analyses statistiques appliquées pour localiser les points noirs de collision**

L'analyse statistique est basée sur l'approche décrite dans le rapport ITTECOP COMERCAR (**Cerema 2019b**), avec une variante proposée de la méthode Malo (**Malo et al. 2004**), qui applique une fenêtre glissante pour analyser l'agrégation des points de collisions.

Cette méthode, qui est jugée relativement sélective par rapport à d'autres, consiste à comparer par segment de route, le nombre de collisions observées avec celui attendu si les collisions étaient réparties aléatoirement sur tous les segments. Elle permet ainsi de déterminer si l'on peut considérer qu'un segment donné comporte une agrégation significative du nombre de collisions et de localiser les **points noirs de collision**, c'est-à-dire les segments routiers qui atteignent ou dépassent un nombre de collisions fixé (seuil).

La méthode a été appliquée par secteur (Ouest, Centre, Nord) et par espèce. Elle a consisté en deux étapes successives (**Cerema 2019b**) :

- 1/ Evaluation de l'agrégation des collisions sur le secteur et pour l'espèce ciblée (calcul du K de Ripley, voir le rapport Cerema 2019b p. 7) ;
- 2/ Localisation des zones d'agrégation par la méthode Malo modifiée, en appliquant une fenêtre glissante (voir le rapport Cerema 2019b p. 8-9).

Avec cette méthode, les collisions sont dénombrées sur un segment de route de 400 m de longueur, qui est progressivement déplacé par pas de 100 m (**Figure 18**). Le seuil de détection d'un point noir de collision est atteint lorsque 4 collisions de la même espèce sont détectées dans le segment de 400 m.

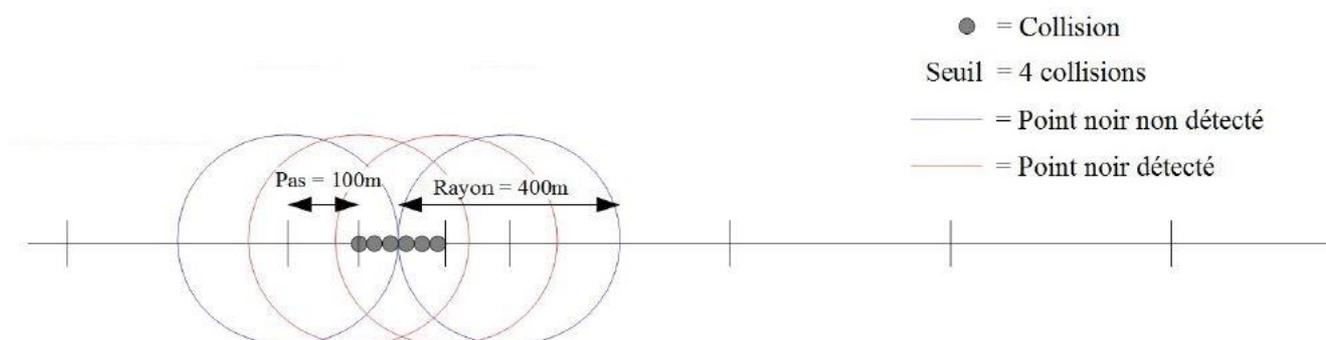


Figure 18 : Principe de la méthode Malo modifiée, par application d'une fenêtre glissante, pour la détection des points noirs de collision (source : Cerema 2019b)

2.5.4.4 Méthode pour le diagnostic « passages à faune » (4)

Les ouvrages d'art existants sur le linéaire de l'étude ont été recensés et diagnostiqués. Ce diagnostic a été établi à partir de trois approches complémentaires :

- Consultation d'archives : fiches ouvrages établies par le Cerema pour la DIRE en 2010 sur une partie du linéaire ;
- Analyse cartographique sur SIG (orthophotoplan et scan 25) et visualisation sur Google Street ;
- Diagnostic complémentaire de terrain pour une partie des ouvrages ;
- Suivis de l'utilisation par la faune de certains ouvrages (piégeage photographique).

Sur la base des données collectées, le diagnostic établi par ouvrage comprend :

- **Une approche globale (multi-espèces)**, qui a consisté à créer et expérimenter un nouvel indice, nommé « indice de fonctionnalité globale (IFG) », permettant d'attribuer une note à chaque ouvrage selon 7 critères, afin d'évaluer ses potentialités pour permettre à la faune de franchir une infrastructure ;
- **Une approche espèce-centrée**, comprenant :
 - o La prise en compte de l'accessibilité de l'ouvrage par la faune, sur la base d'une distance de déplacement potentielle latéralement à la route (synthèse bibliographique) ;
 - o Une évaluation spécifique de la fonctionnalité potentielle de chaque ouvrage, pour une trentaine de taxons faunistiques, basée sur le **Tableau 3**, adapté du « guide passages à faune » (**Cerema 2021**).
- **Approche « Multi-espèces » : calcul de l'Indice de Fonctionnalité Globale (IFG)⁹ pour chaque ouvrage :**

Cet indice est conçu pour afin d'évaluer la fonctionnalité potentielle globale (toutes espèces confondues) d'un ouvrage d'art, vis-à-vis de sa franchissabilité.

Une note sur 100 est d'abord attribuée pour 7 critères caractérisant l'ouvrage :

- **1/ Type et Usage de l'ouvrage** : en utilisant le **Tableau 3**, adapté du guide passage à faune » (**Cerema 2021**), une note a été attribuée représentant le pourcentage de taxons théoriquement susceptibles de franchir le passage à faune (0 = le type et l'usage de l'ouvrage ne sont adaptés à aucun des taxons considérés pour franchir l'infrastructure ; 100 = le type et l'usage de l'ouvrage sont adaptés pour permettre à l'ensemble des taxons considérés de franchir l'infrastructure) ;
- **2/ Gabarit** : le gabarit est calculé sur la base du Rapport 1 (R1) Largeur / Longueur du passage à faune pour les passages supérieurs, ou Rapport 2 (R2) (Largeur x Hauteur) / Longueur du passage à faune pour les passages inférieurs ;
- **3/ Substrat / végétalisation** (noté « Substrat ») : Un gradient de types de substrat / végétalisation a été créé, du plus artificiel au plus naturel et propice à une utilisation par les espèces (depuis un sol artificiel nu à un sol naturel plus ou moins végétalisé) ;
- **4/ Banquette** : La note croît depuis l'absence de banquette(s) dans le cas d'un ouvrage non spécifique, en passant par une banquette unilatérale, bilatérale, jusqu'à un ouvrage spécifique (sans banquette mais dont la largeur entière ou une largeur importante est dédiée au passage des animaux) ;
- **5/ Occultation** : La note croît depuis l'absence de parapet d'occultation sur l'ouvrage (entraînant potentiellement des nuisances défavorables à l'utilisation de l'ouvrage), en passant par des parapets semi-opaques, jusqu'à, dans l'idéal, une occultation totale intégrant une végétation (haie + parapet) ;

⁹ L'IFG, qui a été créé dans le cadre de la présente étude, est actuellement en « phase test ». Il devrait faire l'objet d'une évaluation dans le cadre du projet de recherche ITTECOP EFACILT : <https://www.ittecop.fr/fr/tous-les-projets/recherches-2020/projets-de-recherche-2020/item/781-efacilt>

Ce projet piloté par l'URCA-CERFE et dont le Cerema fait partie des partenaires, vise à évaluer l'impact des ILT sur les déplacements des mammifères terrestres.

- **6/ Contexte de l'ouvrage / artificialisation** (noté « Contexte ») : La note représente une quantification de l'artificialisation des sols, par classes de 20%, en mesurant le pourcentage de l'occupation des sols représenté par les catégories CORINE LAND COVER (CLC 2018) 111, 112, 121, 122, 123, 124, 132, 133, 142, dans un rayon de 500 m autour de l'ouvrage ;
- **7/ Accessibilité globale** (noté « Accessibilité ») : La note croit depuis la présence d'autres infrastructures ou obstacles à franchir pour accéder au passage à faune, en passant par des contextes dissuasifs (dérangements potentiels liés à des activités humaines, sur l'un ou les deux côtés de la RN4, jusqu'à l'absence d'obstacles, permettant un accès facile à l'ouvrage.

Une pondération est affectée à ces différents critères, avec les coefficients suivants :

- 1/ Type et usage (a_1) = 5 ;
- 2/ Gabarit (a_2) = 5 ;
- 3/ Substrat (a_3) = 3 ;
- 4/ Banquette (a_4) = 1 ;
- 5/ Occultation (a_5) = 1 ;
- 6/ Contexte (a_6) = 2 ;
- 7/ Accessibilité (a_7) = 5.

Ces coefficients ont été choisis après avoir réalisé plusieurs essais avec les données (attribution de coefficients différents), complétés par une analyse multivariée (Analyse des correspondances multiples, ACM), qui a permis de déterminer le poids relatif des critères pour caractériser les ouvrages (certains étant corrélés).

De cette manière, le poids maximal (coefficient 5) est donné à trois variables qui apparaissent comme étant les plus influentes sur la fonctionnalité des ouvrages : le type et l'usage, le gabarit et l'accessibilité. Le substrat vient ensuite avec un coefficient de 3. Le contexte (artificialisation), qui est très lié à l'accessibilité, obtient un coefficient de 2. Et un coefficient de 1 est attribué aux deux derniers critères, « Banquette » et « Occultation ».

Enfin, une moyenne pondérée des 7 critères est calculée pour obtenir l'**Indice de Fonctionnalité Global** de l'ouvrage :

$$IFG = \frac{\sum_{i=1}^n a_i x_i}{\sum_{i=1}^n a_i} = \frac{a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 + a_5 x_5 + a_6 x_6 + a_7 x_7}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7}$$

avec a_i le coefficient de pondération du critère i , x_i la note sur 100 du critère i .

L'IFG varie entre 0 et 100. Plus il est élevé, plus la fonctionnalité de l'ouvrage est théoriquement bonne, avec 0 pour un ouvrage inutilisable pour la majorité des espèces (exemple un ouvrage de rétablissement routier avec une forte circulation et sans banquettes) et 100 pour un ouvrage optimal (exemple passage spécifique « Exceptionnel toute faune »). Cet indice est représenté sous la forme d'un graphique radar (**Figure 19**).



Figure 19 : Représentation de l'Indice de Fonctionnalité Globale (IFG) pour l'ouvrage n°227 (Landange, 57)

- Approche espèce-centrée : Etape 1/ prise en compte des capacités de déplacement des espèces pour évaluer l'accessibilité des ouvrages

Afin de rétablir la transparence écologique d'une infrastructure de transport, la prise en compte des capacités de déplacement des espèces est importante, notamment pour évaluer l'intervalle optimal entre deux passages à faune.

Plusieurs types d'informations peuvent être prises en compte pour ce faire. Les distances de dispersion (ou « déplacements de longue distance ») sont parfois utilisées. Bien qu'elles soient fréquemment sous-estimées faute de données suffisantes sur l'écologie spatiale des espèces (données de télémétrie / suivi GPS en particuliers), il semble peu cohérent de se baser sur ces distances. En effet, elles représentent des maximas théoriques que les espèces peuvent parcourir, en particulier pour la dispersion, c'est-à-dire le déplacement d'une population à une autre. Or, pour permettre aux espèces d'accomplir leurs cycles biologiques, il faut qu'elles puissent réaliser leurs déplacements quotidiens ou saisonniers, qui interviennent à des distances plus réduites : déplacements alimentaires quotidiens ou pour la défense d'un territoire, migration saisonnière des amphibiens, ...

Il faudrait donc pouvoir utiliser une distance plus en cohérence avec les besoins des espèces au sein de leur domaine vital annuel et non une distance maximale.

Chez les mammifères, ce type de distance a été mise en relation :

- Soit avec la taille des territoires ou déplacements journaliers (**McDonald et St Clair 2004**),
- Soit avec la taille des domaines vitaux (**Bowman et al. 2002, Bissonette et Adair 2008**).

Des expériences de translocations ont été réalisées afin de mesurer la distance de retour des individus (homing) : un individu est capturé dans son domaine vital et déplacé à une certaine distance. En le suivant, on peut déterminer s'il est capable ou non de regagner son domaine vital. Pour les petites espèces (micromammifères en particuliers), ces expérimentations fournissent une idée des capacités de déplacement pour la traversée d'une infrastructure ou pour accéder à un passage à faune lorsqu'elle se déplace latéralement à cette infrastructure (**McDonald et St Clair 2004**).

Pour les amphibiens, une distance de déplacement latérale à une infrastructure a parfois été obtenue dans le cadre de suivis réalisés sur des dispositifs temporaires (filets / seaux) ou permanents (batrachoducs) de traversée. Une distance de déplacement de 30 m latéralement à la route a ainsi été observée pour certaines salamandres (**Allaback et Laabs 2002**), tandis qu'elle s'est avérée moins importante (de l'ordre de 10 mètres) pour certains tritons comme le Triton crêté (**Matos et al. 2019**). Elle est probablement supérieure à 40 m pour la plupart des anoues mais peu d'études ont permis de quantifier précisément cette distance (**Dodd et al. 2004**).

Pour obtenir une métrique qui représente l'amplitude des déplacements des espèces au sein de leur domaine vital, il est possible de linéariser la surface concernée (**Bowman et al. 2002, Bissonette et Adair 2008**). Pour cela, la surface du domaine vital peut être rapportée à celle d'un disque et on utilise la formule de calcul de l'aire d'un disque pour en inférer le diamètre.

$$\text{Domaine vital linéarisé} = 2 * \sqrt{\frac{\text{Surface}}{\pi}}$$

Les domaines vitaux des espèces n'ont généralement pas une forme circulaire, mais sur le plan mathématique, cette formule permet de rendre compte de l'amplitude moyenne des déplacements des espèces entre les extrémités de leur domaine vital, et ce quelle que soit la forme de ce dernier. Il s'agit en quelque sorte d'un indicateur de l'amplitude des déplacements des espèces, basé sur la taille moyenne de leur domaine vital.

Dans le cas présent, nous avons utilisé ces différentes distances issues de la littérature scientifique (distance de déplacement latéral à la route lorsqu'elle est connue ou distance basée sur le domaine vital avec la formule ci-dessus), pour définir des groupes fonctionnels par rapport à leur amplitude potentielle de déplacement latéralement à la route (**Figure 20**).

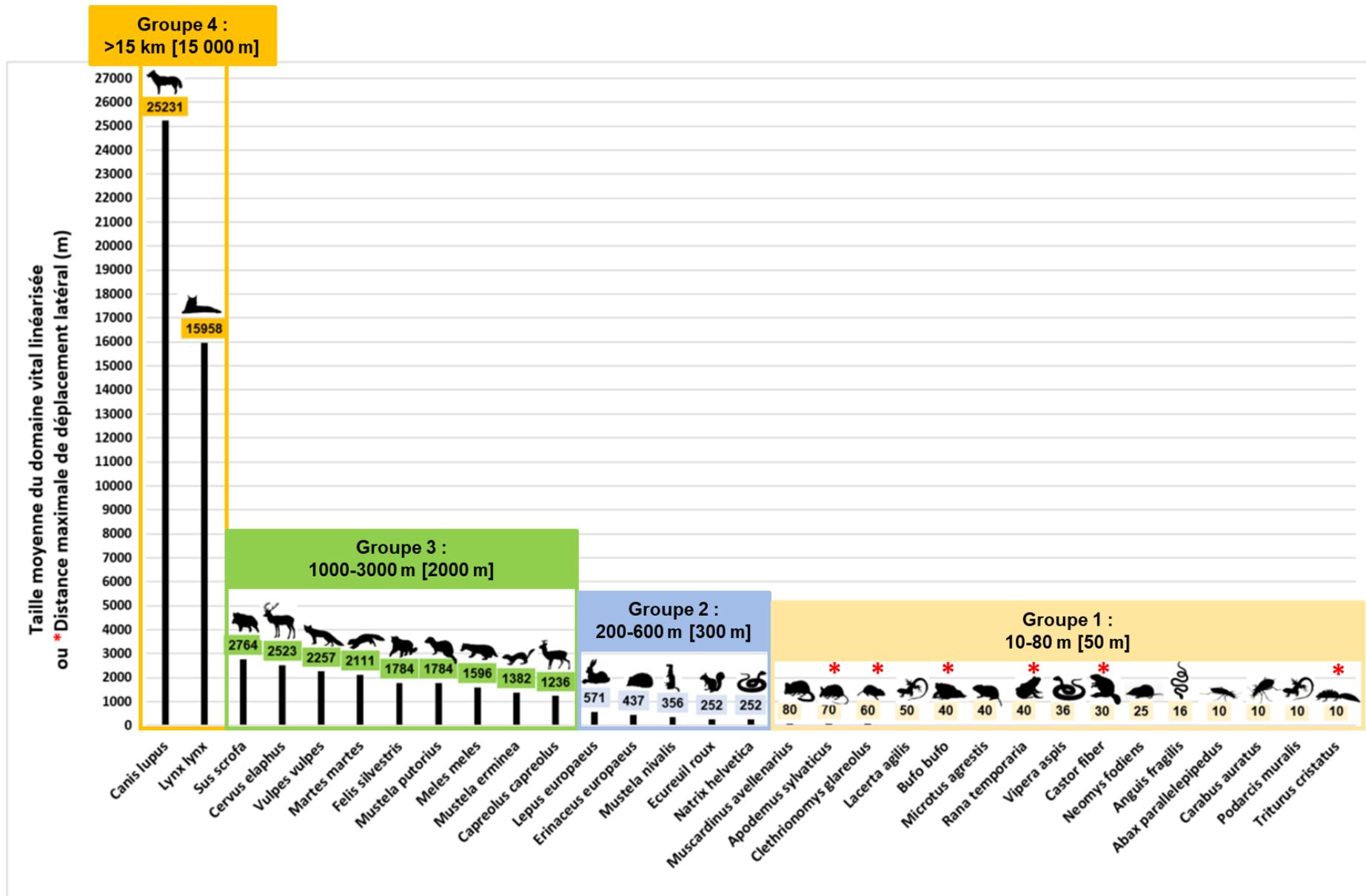


Figure 20 : Estimation de la distance potentielle de déplacement des espèces latéralement à la route (« groupes fonctionnels »)

- Approche espèce-centrée : Etape 2/ évaluation de la fonctionnalité potentielle de chaque ouvrage
:

Qu'il s'agisse d'un passage supérieur ou inférieur et selon son gabarit et son usage, l'évaluation est établie avec l'appréciation suivante (**Tableau 3**) :

- **1/ Ouvrage optimal** pour le franchissement par l'espèce considérée ;
- **2/ Ouvrage susceptible d'être utilisé** en fonction des conditions locales et du gabarit ;
- **3/ Utilisation exceptionnelle** en fonction des conditions locales et du gabarit ;
- **4/ Inapproprié.**

Certaines espèces sont connues pour utiliser davantage les passages inférieurs (petits et méso-carnivores, micromammifères notamment), tandis que d'autres utilisent quasi exclusivement des ouvrages supérieurs de grande dimension (le Cerf par exemple qui peut toutefois emprunter certains grands passages inférieurs comme les viaduc).

Pour les micromammifères, les ouvrages privilégiés sont surtout les buses ou dalots de petite dimension, suivis par les ouvrages inférieurs de plus grande dimension, tandis que les ouvrages supérieurs sont moins fréquemment utilisés, surtout lorsqu'ils sont démunis de végétation fournissant une protection aux animaux lors de leur traversée (**McDonald et St Clair 2004**).

Pour les amphibiens, une distance de traversée de l'ordre de 40 m semble être dissuasive pour une fraction importante des individus de la plupart des espèces (**Matos et al. 2019, Testud et al. 2020**), surtout lorsqu'il s'agit d'ouvrages de petits gabarits. Dans le cas présent, les ouvrages concernés ont une traversée comprise entre 25 m et 125 m et ce critère est donc important.

Cette partie de l'évaluation ne tient pas compte des conditions locales, c'est-à-dire le contexte et l'accessibilité des ouvrages pour chaque espèce. Ces éléments ont été évalués globalement dans le cadre de l'indice de fonctionnalité globale (IFG) présenté dans le paragraphe suivant.

Notons que l'évaluation de la fonctionnalité des ouvrages est relative et que des comportements hors normes peuvent être observés : individus utilisant un ouvrage considéré comme inadapté pour l'espèce. Ces passages exceptionnels peuvent avoir des effets positifs en contribuant au brassage génétique des populations, mais ils ne permettent généralement pas d'assurer le bon accomplissement des cycles biologiques des espèces si leurs déplacements « courants » ne peuvent être correctement assurés pour la majorité des individus. Ainsi, nous considérons par cette approche qu'un ouvrage répond à l'objectif de rétablissement des continuités écologiques, lorsqu'il est classé dans l'une des deux premières catégories (« optimal » ou « susceptible d'être utilisé »).

Tableau 5 : Evaluation de la fonctionnalité de différents types d'ouvrages pour la faune terrestre d'Europe (approche « espèce-centrée ») (adapté de Cerema 2021)

Groupe d'espèces	Espèce	Passage toute faune ¹ (Largeur ≥ 7m)								Passage petite faune ² (Largeur < 7m)					
		Exceptionnel ³ (largeur > 50 m)		Remarquable ⁴ (25 < largeur < 50m)		Ordinaire ⁵ (20 < largeur < 25m)		Supplémentaire ⁷ (largeur ≥ 7m)		Ouvrage non dédié à la faune équipé de banquettes enherbées	Passage canopée	Tunnel amphibien (double sens)	Petit ouvrage hydraulique équipé d'une banquette	Ouvrage de talweg sec ⁶	Ouvrage simple
		Supérieur (tranchée couverte, tunnel)	Inférieur (viaduc)	Supérieur	Inférieur (viaduc)	Supérieur	Inférieur	Supérieur	Inférieur	Supérieur ou inférieur					
Ongulés	Cerf	●	● (si H > 4m)	●	● (si H > 4m)	○	○ (si H > 4m)	○ (largeur > 15 m)	○ (si H > 4m, largeur > 15 m)	○ (pour inférieur seulement si H > 4m sinon x)	x	x	x	x	x
	Chevreuil, chamois	●	●	●	●	●	●	○	○ (si H > 4m)	○	x	x	○	○	○
	Sanglier	●	●	●	●	●	●	○	○ (si H > 4m)	○	x	x	○	○	○
Carnivores	Ours brun	●	●	●	●	●	●	●	●	○	x	x	x	x	x
	Lynx	●	●	●	●	○	○	○	○	○	x	x	○	○	○
	Loup	●	●	●	●	●	●	●	●	●	x	x	x	x	x
	Renard	●	●	●	●	●	●	●	●	●	x	●	●	●	●
	Chat sauvage	●	●	●	●	●	●	●	●	●	x	●	●	●	●
	Blaireau	●	●	●	●	●	●	●	●	●	x	●	●	●	●
	Loutre Vison d'Europe	○	● (Mixte hydraulique) ○ autres	○	● (Mixte hydraulique) ○ autres	○	● (Mixte hydraulique) ○ autres	○	● (Mixte hydraulique)	○ (Inférieur mixte hydraulique) ○ Supérieur	x	○	●	○	○
	Martre Fouine	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●
	Autre petit mustélidé	●	●	●	●	●	●	●	●	●	x	●	●	●	●
Genette	●	●	●	●	●	●	●	●	●	?	●	●	●	●	
Lagomorphes	Lièvre	●	●	●	●	●	●	●	●	●	x	○	○	○	○
	Lapin	●	●	●	●	●	●	●	●	●	x	○	○	○	○
Insectivores	Hérisson	●	●	●	●	●	●	●	●	●	x	○	○	○	○
	Musaraigne	●	●	●	●	●	●	●	●	●	x	●	●	●	●

● Solution optimale

○ Susceptible d'être utilisé en fonction des conditions locales et de la taille

○ Utilisation exceptionnelle dépendant également de la taille de l'ouvrage

? Inconnu, plus d'expérience requise

x Inapproprié

Groupe d'espèces	Espèce	Passage toute faune ¹ (Largeur ≥ 7m)								Passage petite faune ² (Largeur < 7m)					
		Exceptionnel ³ (largeur > 50 m)		Remarquable ⁴ (25 < largeur < 50m)		Ordinaire ⁵ (20 < largeur < 25m)		Supplémentaire ⁷ (largeur ≥ 7m)		Ouvrage non dédié à la faune équipé de banquettes enherbées	Passage canopée	Tunnel amphibien (double sens)	Petit ouvrage hydraulique équipé d'une banquette	Ouvrage de talweg sec ⁶	Ouvrage simple
		Supérieur (tranchée couverte, tunnel)	Inférieur (viaduc)	Supérieur	Inférieur (viaduc)	Supérieur	Inférieur	Supérieur	Inférieur	Supérieur ou inférieur					
Rongeurs	Ecureuil roux	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	x	x	x	x
	Muscardin	●	●	●	●	○	○	○	○	?	●	x	x	x	x
	Souris	●	●	●	●	●	●	●	●	●	x	●	●	●	●
	Campagnol	○	● (Mixte hydraulique) ○ autres	○	● (Mixte hydraulique) ○ autres	○	● (Mixte hydraulique) ○ autres	○	● (Mixte hydraulique)	○ (Inférieur mixte hydraulique) ○ Supérieur	x	○	●	○	○
Reptiles	Serpent	●	●	●	●	●	○	●	○	○ Inférieur ● Supérieur	x	○	○	○	○
	Lézard	●	●	●	●	●	○	●	○	○ Inférieur ● Supérieur	x	○	○	○	○
	Tortue terrestre	●	●	●	●	●	○	●	○	○ Inférieur ● Supérieur	x	○	○	○	○
Amphibiens	○	●	○	●	○	●	○	●	○ (Inférieur mixte hydraulique) ○ Supérieur	x	●	○	○	○	
Invertébrés	Espèces d'habitats secs	●	●	●	●	●	●	●	●	○	x	?	?	?	?
	Espèces d'habitats humides	●	●	●	●	●	●	●	●	○	x	?	?	?	?
Chauves-souris		●	●	●	●	●	●	○	○	○	x	○	x	○	

- Solution optimale
- Susceptible d'être utilisé en fonction des conditions locales et de la taille
- Utilisation exceptionnelle dépendant également de la taille de l'ouvrage

- ? Inconnu, plus d'expérience requise
- x Inapproprié

NB : Les indices 1 à 7 renvoient aux définitions données en page suivante.

1- Passage toute Faune : ouvrage d'art de grande dimension permettant le franchissement d'une infrastructure linéaire de transport (route/autoroute, voie ferrée, canal) par la grande et la petite faune et qui, plus globalement, permet de rétablir au mieux une continuité écologique interrompue par le passage de l'infrastructure. Ils peuvent être aménagés en partie ou en totalité pour faciliter la traversée par la faune. Les passages sont dits "supérieurs" ou "inférieurs" selon qu'ils passent au-dessus ou en dessous de l'infrastructure. On parlera de "passage faune spécifique" pour les ouvrages ayant pour unique fonction d'assurer en toute sécurité la traversée par la faune de l'ILT et de "passages toute faune mixte" pour les ouvrages qui ont en plus une fonction de type hydraulique, agricole, forestière et/ou piétonne.

2- Passage petite faune : ouvrage de taille réduite réservés principalement au passage des petits animaux. Ils peuvent avoir une vocation spécifique (batrachoduc, passage canopée...), mais sont plus généralement des petits ouvrages de rétablissement (dalot, buse) qui permettent globalement d'assurer sans trop de difficultés une transparence minimale pour une grande partie des animaux allant de la taille d'un renard jusqu'aux plus petites espèces de la microfaune.

3- Passage "exceptionnel" toute faune : Passage à faune de très grande dimension (> 50m) dont l'objectif est de reconstituer (ou préserver si tunnel ou viaduc) au mieux les habitats et si possible la structure du paysage initialement détruits (ou traversés) le plus souvent par une infrastructure linéaire de transport (route/autoroute, voie ferrée, canal). Cette reconstitution permet de rétablir (ou de maintenir) une connectivité maximale pour un maximum de cortèges faunistiques et floristiques. Comme indiqué dans le guide passages à faune (Cerema 2021) p. 102, ce type de passage est préconisé dans le cas d'enjeux importants de continuité écologique :

- Natura 2000 et/ou importance nationale,
- entre ou au sein de réserves naturelles (RNN, RNR), de parcs nationaux et/ou de vastes massifs forestiers (>2000 ha) et/ou dans le cas de continuités écologiques avec zone de transition vitale pour le maintien de populations de grands mammifères à enjeux (exemple le Lynx).

4- Passage "remarquable" toute faune : Passage à faune de grande dimension (25-50m) dont l'objectif est de reconstituer au mieux les habitats et si possible la structure du paysage initialement détruits (ou traversés) le plus souvent par une infrastructure linéaire de transport (route/autoroute, voie ferrée, canal).

Comme indiqué dans le guide passages à faune (Cerema 2021) p. 102, ce type de passage est préconisé :

- dans le cas d'enjeux de continuité écologique d'importance régionale et/ou d'enjeux importants de continuité au sein d'une ZNIEFF de type 1 et/ou d'un vaste massif boisé (>500 ha) et/ou de continuités écologiques avec enjeux importants pour les espèces protégées et patrimoniales ;
- dans le cas de corridors d'intérêt local avec déplacement de cervidés,
- et/ou massif forestier d'intérêt (< 500 ha).

5- Passage "ordinaire" toute faune : Passage à faune de dimension moyenne (20-25 m) dont l'objectif est de reconstituer au mieux les habitats et si possible la structure du paysage initialement détruits (ou traversés) le plus souvent par une infrastructure linéaire de transport (route/autoroute, voie ferrée, canal). Comme indiqué dans le guide passages à faune (Cerema 2021) p. 102, ce type de passage est préconisé pour reconstituer ou préserver un corridor local, sans déplacement de cerfs.

6- Ouvrage de talweg sec : Ce sont généralement des petits ouvrages de type buses, conduits ovoïdes, dalots*, d'une hauteur généralement inférieure à 1 m. Ces ouvrages sont utilisés pour rétablir les petits écoulements naturels temporaires ou liés à l'assainissement, sans toutefois qu'il s'agisse des eaux de ruissellement des chaussées (polluées).

7- Passage "supplémentaire" toute faune : Passages à faune de dimension restreinte mais suffisante pour une utilisation par la plupart des groupes faunistiques (largeur ≥ 7m).

Ces ouvrages sont préconisés dans le cas :

- d'aménagement de grandes sections, où les enjeux sont faibles, afin d'assurer une transparence minimale à l'infrastructure,
- en complémentarité d'autres passages de plus grande taille, dans les vastes habitats très diversifiés (ex : moyenne montagne, bocage, ...).

En termes de niveau d'enjeu de continuité écologique, ces ouvrages sont préconisés dans les cas suivants :

- habitat ordinaire avec absence totale de transparence sur plus de 3 km,
- habitat ordinaire avec absence de passage toute faune sur plus de 5 km mais présence de passage petite faune,
- vastes habitats très diversifiés en complément d'autres passages toute faune (respectant déjà les recommandations générales).

Déclinaison opérationnelle des orientations des SRCE du Grand Est sur le sujet de la transparence écologique

Focus sur la RN4

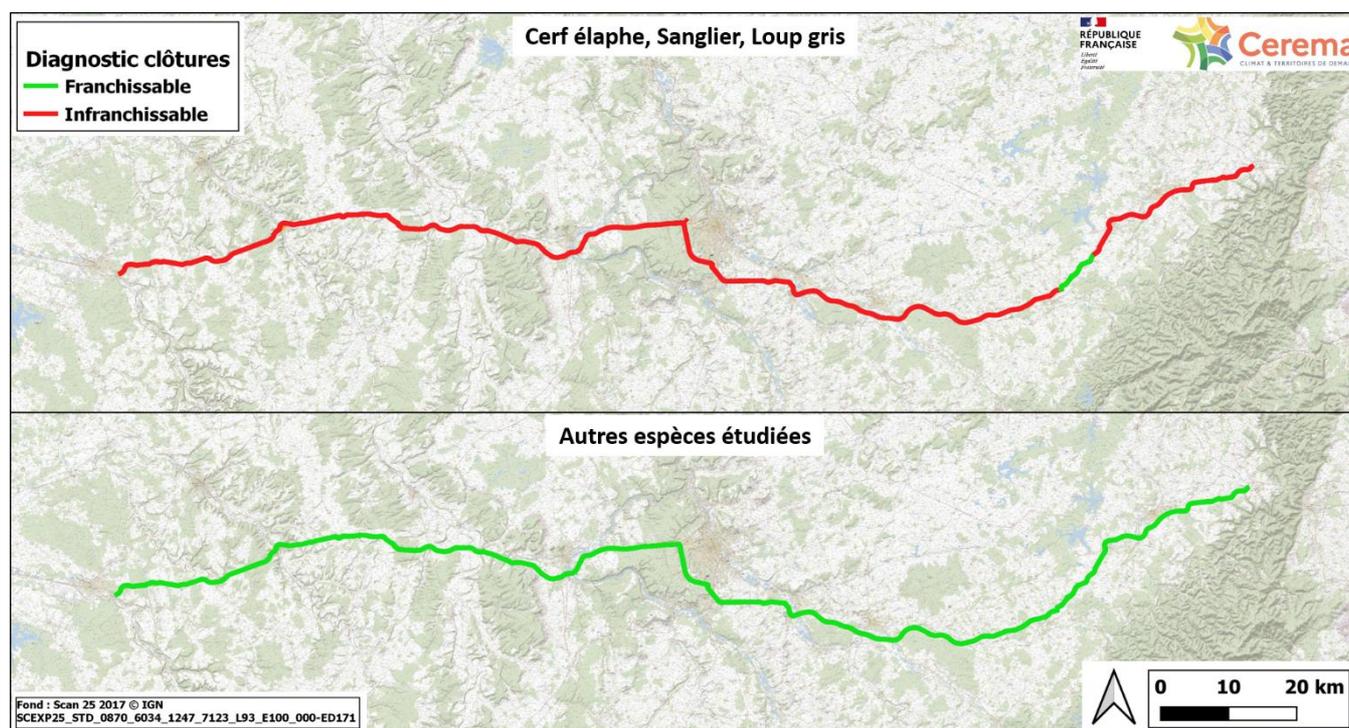
Juin 2023

2.6 Résultats : application de la démarche globale d'évaluation de la transparence écologique sur la RN4 en Lorraine

2.6.1 Diagnostic « clôtures » (1¹⁰)

L'analyse des données sur la franchissabilité des clôtures sur la base du **Tableau 2** (p. 27), associée à une vérification avec les données de collisions (voir 2.6.3), nous permet d'identifier deux « grands » scénarios pour les espèces étudiées (**Figure 21**)² :

- **Scénario 1 – Cerf, Sanglier et Loup gris** : L'ensemble du linéaire, en dehors de la section Gogney-Saint Georges (2 voies non clôturées), peut être considéré comme infranchissable (clôtures hermétiques) ;
- **Scénario 2 – Toutes les autres espèces** : l'ensemble du linéaire est franchissable pour une partie des individus au moins (clôture au moins en partie perméable).



2.6.2 Diagnostic « trafic routier / obstacles » (2)

Pour rappel, dans un premier temps, cette analyse est réalisée indépendamment de la précédente (clôtures). Le cumul des diagnostics étant abordé dans l'évaluation finale (2.6.5).

Sur la base des caractéristiques du linéaire de route, tels que définis dans le paragraphe 2.5.4.2 et le tableau 3 (p.29) (3 types de route sur le linéaire selon le trafic routier, le nombre de voies et la vitesse de circulation), on retrouve trois groupes d'espèces (**Figure 22**) :

- Les espèces de grande taille et les plus mobiles, ongulés et grands carnivores, qui sont potentiellement capables de franchir les chaussées sur l'ensemble du linéaire, bien que des collisions plus ou moins nombreuses puissent avoir lieu (comme en témoigne l'analyse présentée au paragraphe 2.6.3) ;

¹⁰ Les numéros renvoient aux étapes de la Figure 10.

2.6.3 Diagnostic « collisions » (3)

Les données de collisions collectées sont, dans l'ensemble hétérogènes. Une comparaison des effectifs obtenus par espèces / taxons, entre la base de la DIRE et celles des associations, nous montre des différences importantes (Figure 21).

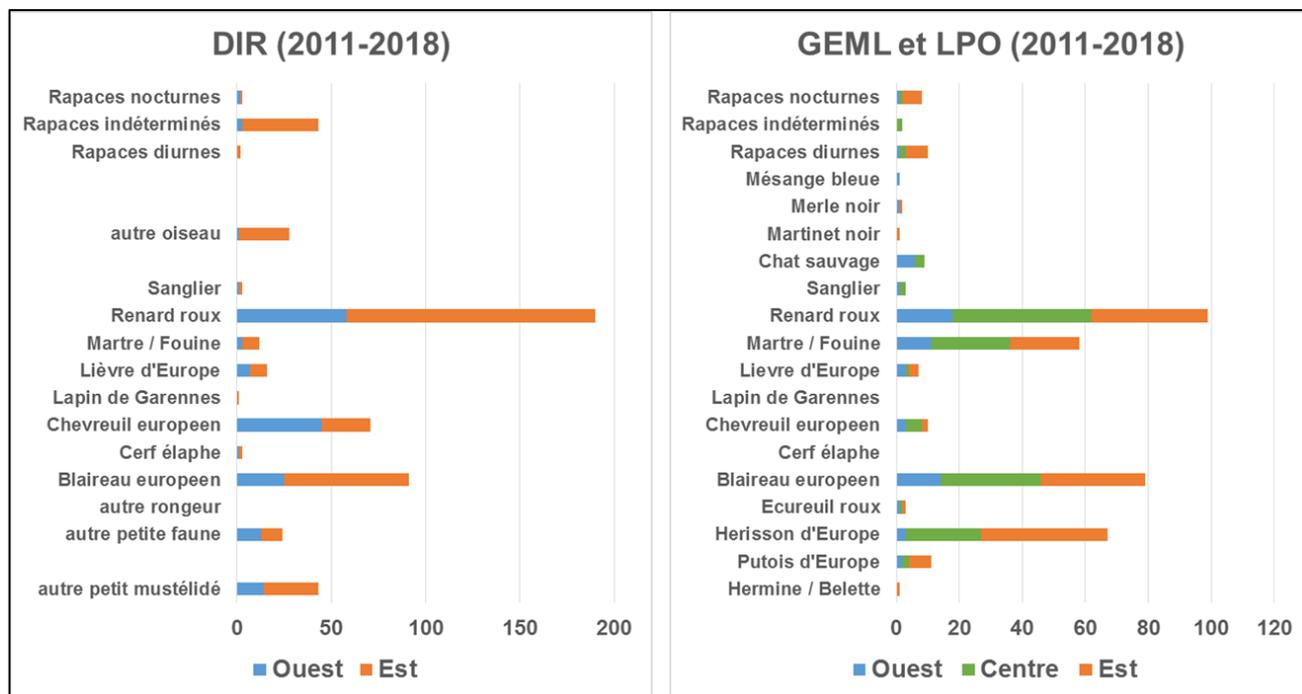


Figure 23 : Comparaison des effectifs de collisions par espèces / taxons d'oiseaux et de mammifères entre la base de données de la DIRE et celles des associations (LPO et GEML)

Comme indiqué précédemment, l'analyse n'a pu porter que sur les mammifères. Pour ces derniers, parmi les différences notables entre les bases de données, on peut citer :

- La non distinction du Chat forestier, de l'Ecureuil roux et du Hérisson dans les données DIRE,
- Des effectifs de Martre / Fouine nettement plus importants dans la base du GEML que dans la base de la DIRE,
- A l'inverse, des effectifs du Chevreuil plus importants dans la base de la DIRE.

Globalement la « petite faune » semble peu notée par la DIRE. A l'inverse, les Chevreuils doivent être systématiquement ramassés par les agents et ils sont donc notés, tandis qu'ils sont moins détectables par les naturalistes une fois les cadavres retirés par les patrouilleurs.

A l'inverse, notons quelques similitudes dans les effectifs des deux sources de données (DIRE et GEML), pour :

- Le Renard roux,
- Le Blaireau,
- Le Lièvre d'Europe,
- Le Sanglier.

Parmi les espèces les plus détectables (grande taille), il faut noter le très faible effectif obtenu en 8 ans pour le Cerf élaphe et le Sanglier, ce qui semble indiquer que les clôtures sont plutôt efficaces pour stopper ces deux espèces ou que ces dernières approchent peu l'infrastructure lorsqu'elles sont présentes localement.

Après avoir réalisé un travail d'homogénéisation et de « nettoyage » des données (voir le paragraphe 2.5.4.3), plusieurs points noirs de collision faune-véhicule ont été identifiés sur le linéaire concerné.

Ces points noirs ne concernent que trois espèces pour lesquelles des données suffisantes étaient exploitables dans les deux bases (DIRE et GEML) (**Figure 24**) : le Blaireau (4 points noirs localisés), le Renard roux (10 points noirs localisés) et le Chevreuil (4 points noirs localisés).

Les points noirs obtenus pour le Blaireau et le Renard semblent coïncider, tandis que ceux du Chevreuil se trouvent sur des segments de route différents et uniquement dans la partie Ouest du linéaire.

A première vue, ces points noirs coïncident peu avec les zones à enjeux identifiées par le SRCE au croisement de la RN4. D'autres facteurs, non liés aux continuités écologiques doivent expliquer ces zones accidentogènes pour la faune.

Ce résultat n'est pas surprenant, bien qu'un lien soit souvent établi entre la localisation des points noirs de collisions routières et celle des continuités écologiques. En effet, les collisions ne se produisent pas forcément au croisement de corridors et de nombreux autres facteurs peuvent expliquer l'emplacement d'une zone accidentogène pour la faune (**Seiler 2003**) :

- Facteurs liés aux espèces, à leur écologie et aux comportements individuels : occurrence et abondance des animaux de part et d'autre des routes en raison de conditions propices localement (zones d'alimentation, de reproduction...), comportement des individus liés à des éléments de leur habitat non pris en compte dans les continuités écologiques, dynamique des populations locales ;
- Facteurs liés à l'infrastructure : type, largeur des chaussées, présence d'obstacles à la traversée (DBA, glissières), emplacement et efficacité des clôtures, absence de passages à faune adaptés et facilement accessibles, trafic routier important aux horaires d'activité de l'espèce ;
- Facteur liés aux usagers de la route : vitesse des conducteurs, visibilité, temps de réaction...

Pour ces raisons et comme le confirment nos résultats, il faut considérer les collisions comme un élément qui s'ajoute à d'autres pour identifier les enjeux de la TVB et non comme un élément central.

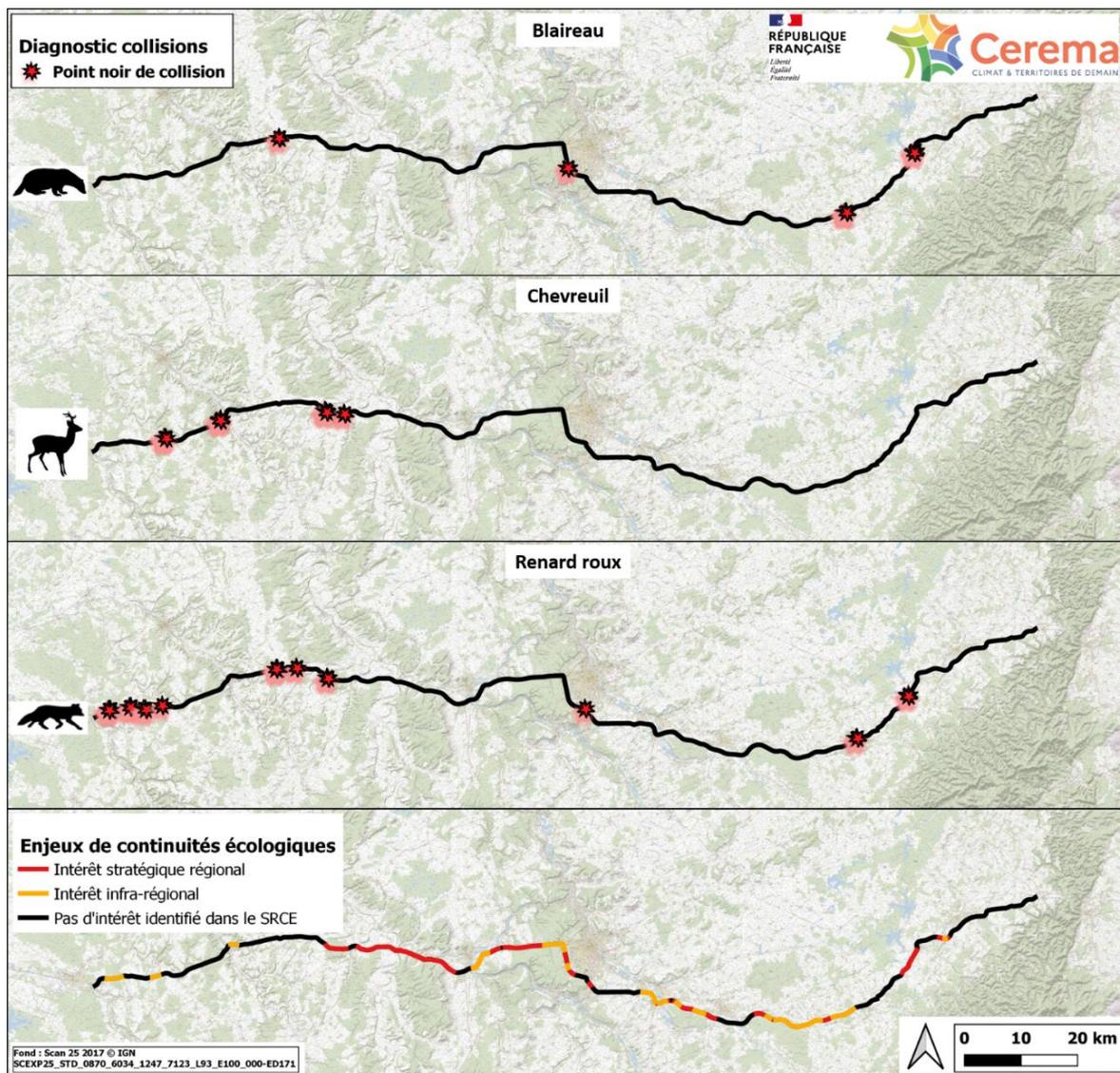


Figure 24 : Distribution spatiale des points noirs de collision identifiés sur le linéaire étudié et comparaison avec les zones perméabilité du SRCE au croisement avec le linéaire de route

2.6.4 Diagnostic « passages à faune » (4)

2.6.4.1 Recensement des ouvrages

Un total de 192 ouvrages d'art a été recensé sur le linéaire étudié (**Figure 25**). Seule une partie de ces ouvrages (70) a pu faire l'objet d'un diagnostic de terrain.

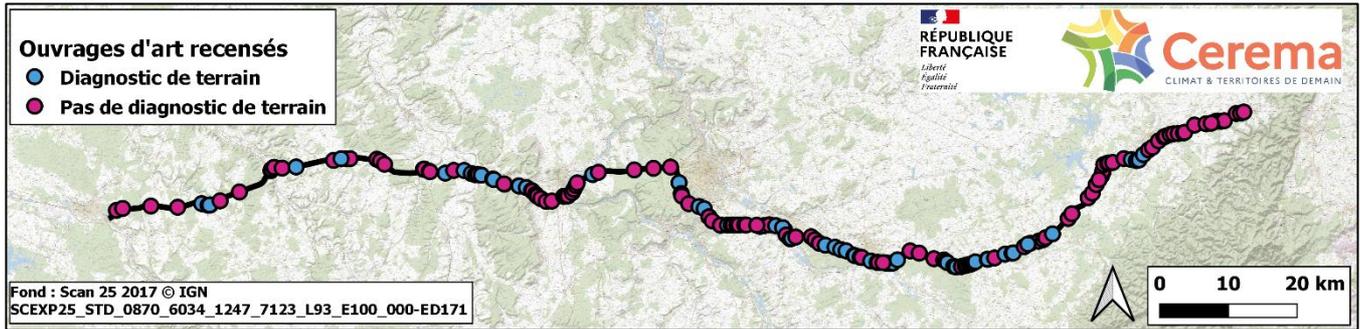


Figure 25 : Localisation des 192 ouvrages d’art recensés sur le linéaire étudié

2.6.4.2 Approche multi-espèces : calcul de l’IFG

L’indice de fonctionnalité globale (IFG) a été calculé pour les 192 ouvrages d’art. Les notes obtenues sont comprises entre 6,25 et 76,85 (/100), avec une distribution quasi normale des données (Figure 24, Figure 25). Plusieurs exemples sont illustrés sur la Figure 28 et la Figure 29. En complément, des fiches ouvrage, ainsi qu’un tableau récapitulatif, sont fournies en annexe de ce rapport.

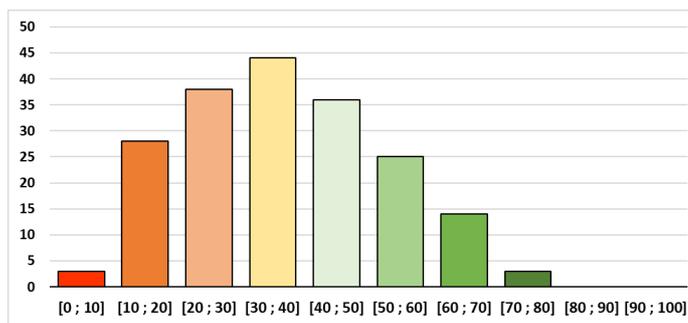


Figure 26 : Distribution des valeurs des IFG calculés sur les 192 ouvrages d’art

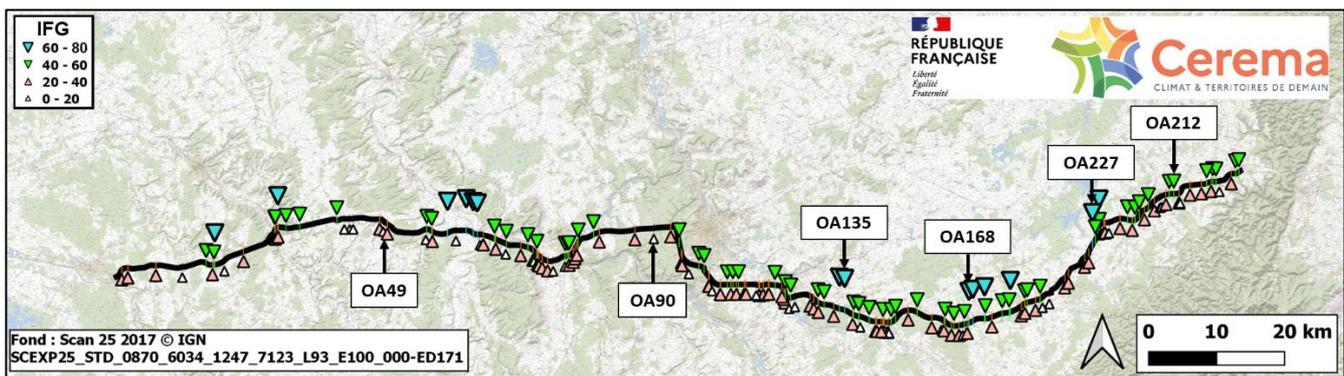


Figure 27 : Cartographie des valeurs de l’IFG des ouvrages sur le linéaire étudié

NB : Les numéros « OA49 » (...) correspondent aux ouvrages illustrés sur les pages suivantes

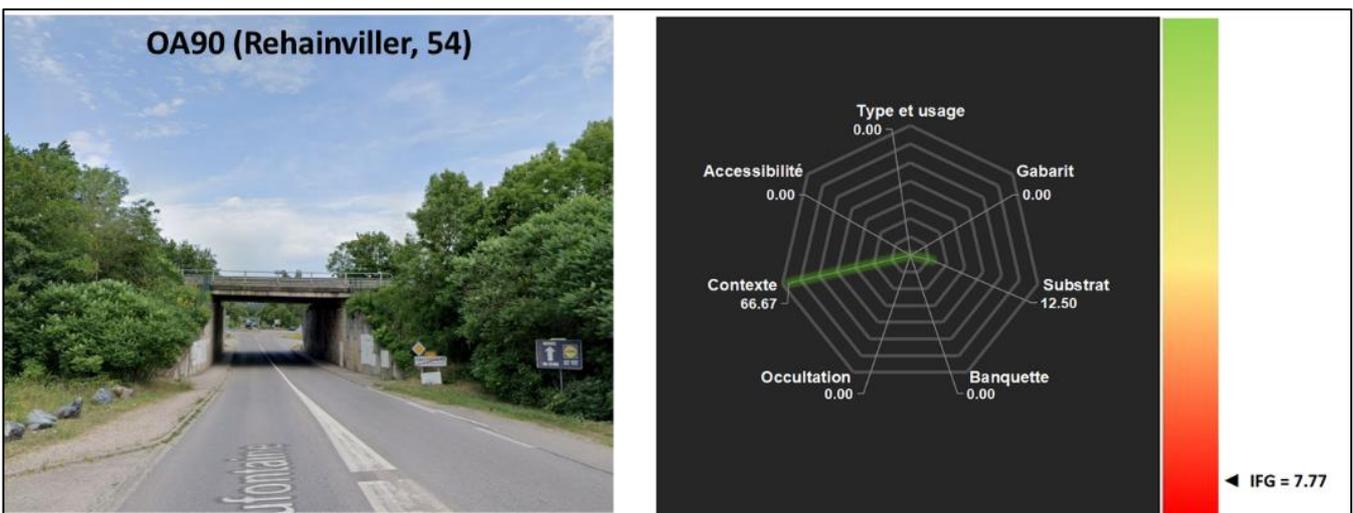
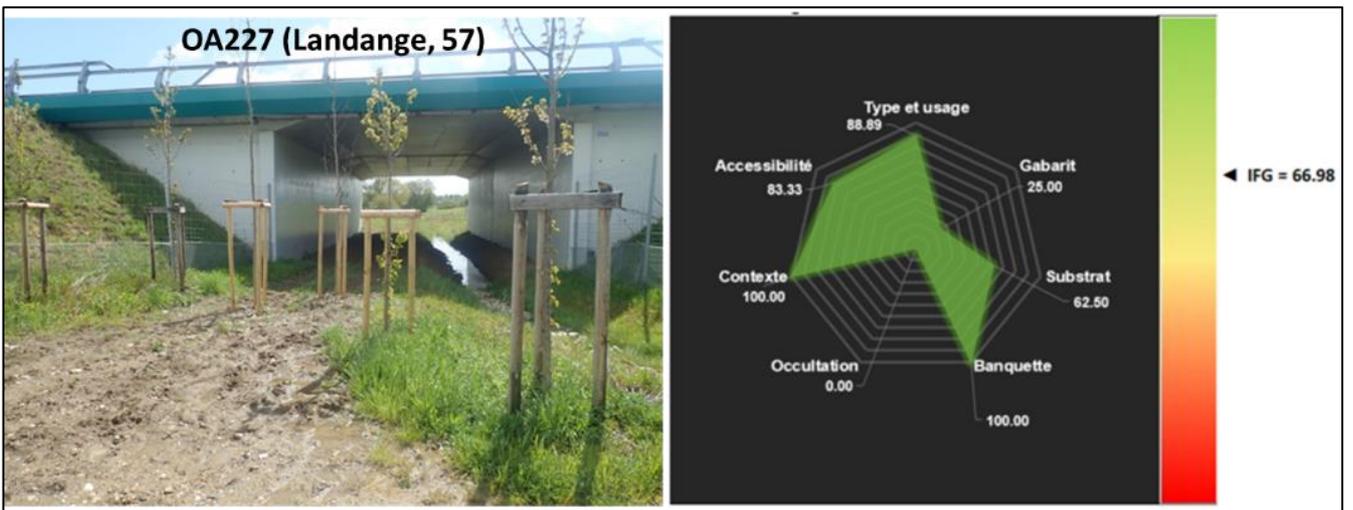


Figure 28 : Exemples d'IFG obtenus pour plusieurs passages inférieurs et évaluation des critères de notation associés

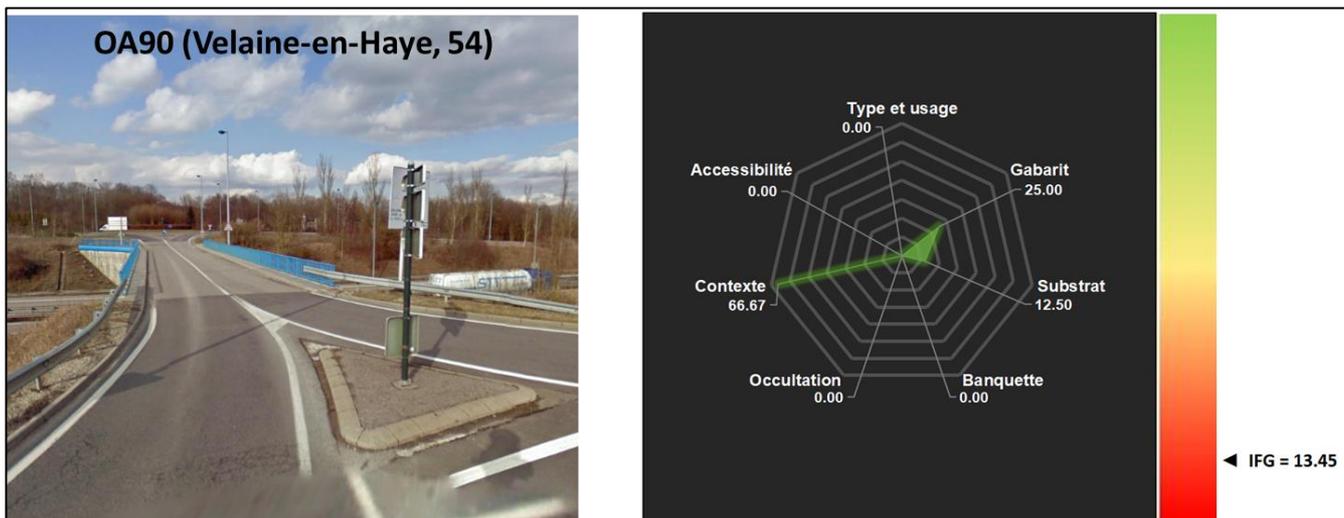
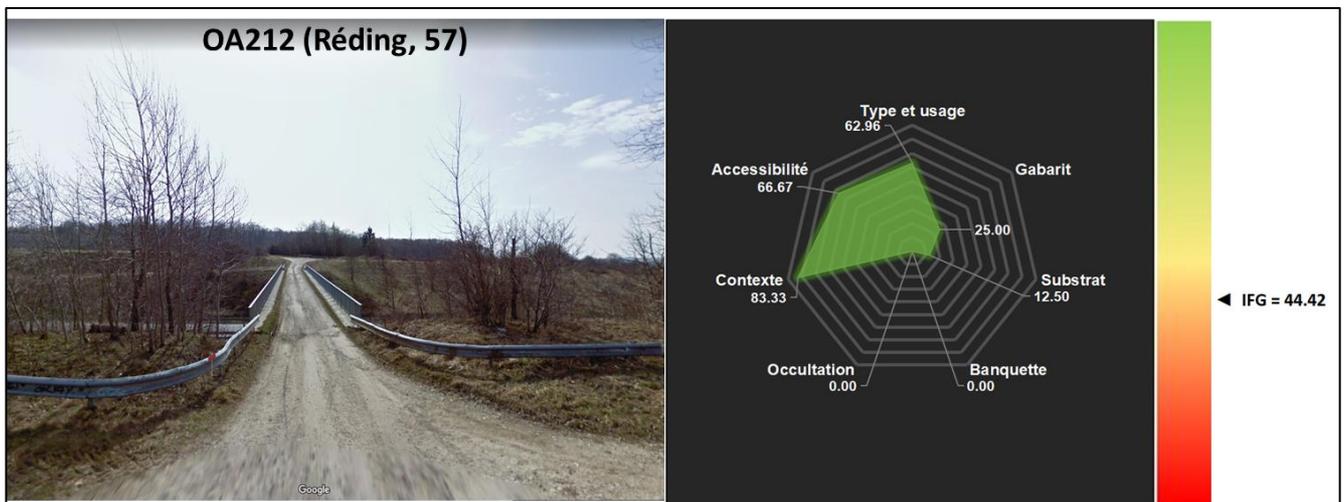
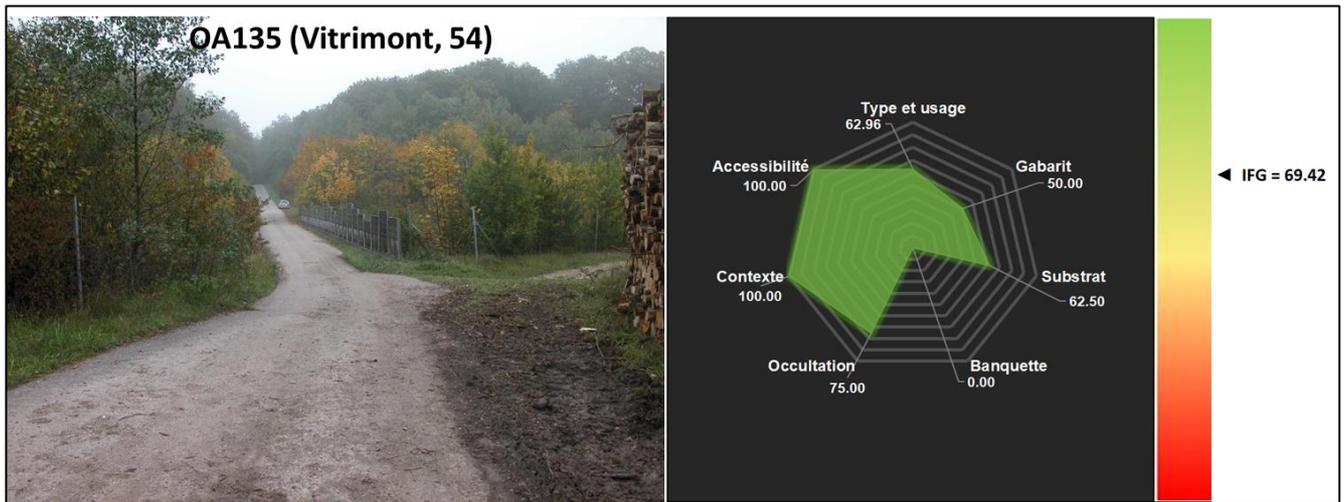


Figure 29 : Exemples d'IFG obtenus pour plusieurs passages supérieurs et évaluation des critères de notation associés

L'IFG semble être un bon indicateur de la fonctionnalité potentielle des ouvrages pour la faune.

Sur la base de cet indice, on constate que **seule une quinzaine d'ouvrages sur les 192 recensés, s'avèrent relativement fonctionnels** et peuvent permettre à une majorité de taxons (vertébrés pris en compte) de franchir l'infrastructure.

Les passages supérieurs fonctionnels sont quasi absents sur le linéaire étudié. A titre d'exemple, la meilleure notation pour ces passages supérieurs est celle obtenue par l'OA135 (IFG = 69,42 / 100), illustré ci-dessus (**Figure 29**). Il s'agit d'un pont permettant le rétablissement d'un chemin forestier. Aucun passage spécifique supérieur n'existe sur la RN4.

Concernant les passages inférieurs, quelques-uns obtiennent un IFG relativement élevé (mais toujours inférieur à 80 / 100). L'indice le plus élevé est obtenu par l'OA168 (IFG = 76,85 / 100), illustré ci-dessus (**Figure 28**). Il s'agit d'un ouvrage de décharge hydraulique d'environ 15 mètres de largeur, avec une végétation abondante et situé dans un contexte relativement propice à son utilisation par la faune.

L'OA227 (IFG = 66,98) est illustré à titre de comparaison (**Figure 28**). Il s'agit d'un ouvrage dédié à la faune et au rétablissement d'un cours d'eau sur la section Saint-Georges / Héming, qui vient d'être requalifiée en 2x2 voies. Cet ouvrage a fait l'objet d'un suivi par le Cerema en 2021-2022, à l'aide d'un dispositif rigoureux de piégeage photographique. Il apparaît fonctionnel pour la plupart des mammifères (petites et moyennes espèces), mais il est très peu utilisé par les ongulés : seuls quelques passages d'un même chevreuil sur un an de suivi et aucun pour le Sanglier et le Cerf, pourtant présents à proximité. Il faut noter que les ongulés mettent en général quelques années avant d'utiliser les ouvrages, lorsqu'ils viennent d'être créés. Cependant, le gabarit de ce passage à faune (largeur de 7 mètres et hauteur de 4 mètres, pour une longueur de traversée d'environ 25 mètres) et peut-être l'absence de parapet d'occultation masquant le trafic routier, sont sans doute des facteurs limitant son utilisation par ces mammifères.

Globalement, certains ouvrages existants pourraient être améliorés en créant des banquettes ou en modifiant le substrat / la végétalisation de ces dernières, mais aussi en posant des parapets d'occultation permettant de réduire les nuisances sensorielles occasionnées aux animaux par le trafic routier. Mais le gabarit de la majorité de ces ouvrages semble limiter leur utilisation pour les espèces les plus exigeantes (ongulés en particulier).

2.6.4.3 Approche espèce-centrée : évaluation de l'accessibilité et de la fonctionnalité potentielle pour chaque espèce

Pour chaque espèce étudiée, nous avons retenu les ouvrages « utilisables » c'est-à-dire ceux appartenant à au moins l'une des deux catégories suivantes (telles que décrites dans le tableau 4) :

- *Ouvrage optimal* pour le franchissement par l'espèce considérée ;
- **OU** *Ouvrage susceptible d'être utilisé* en fonction des conditions locales et du gabarit.

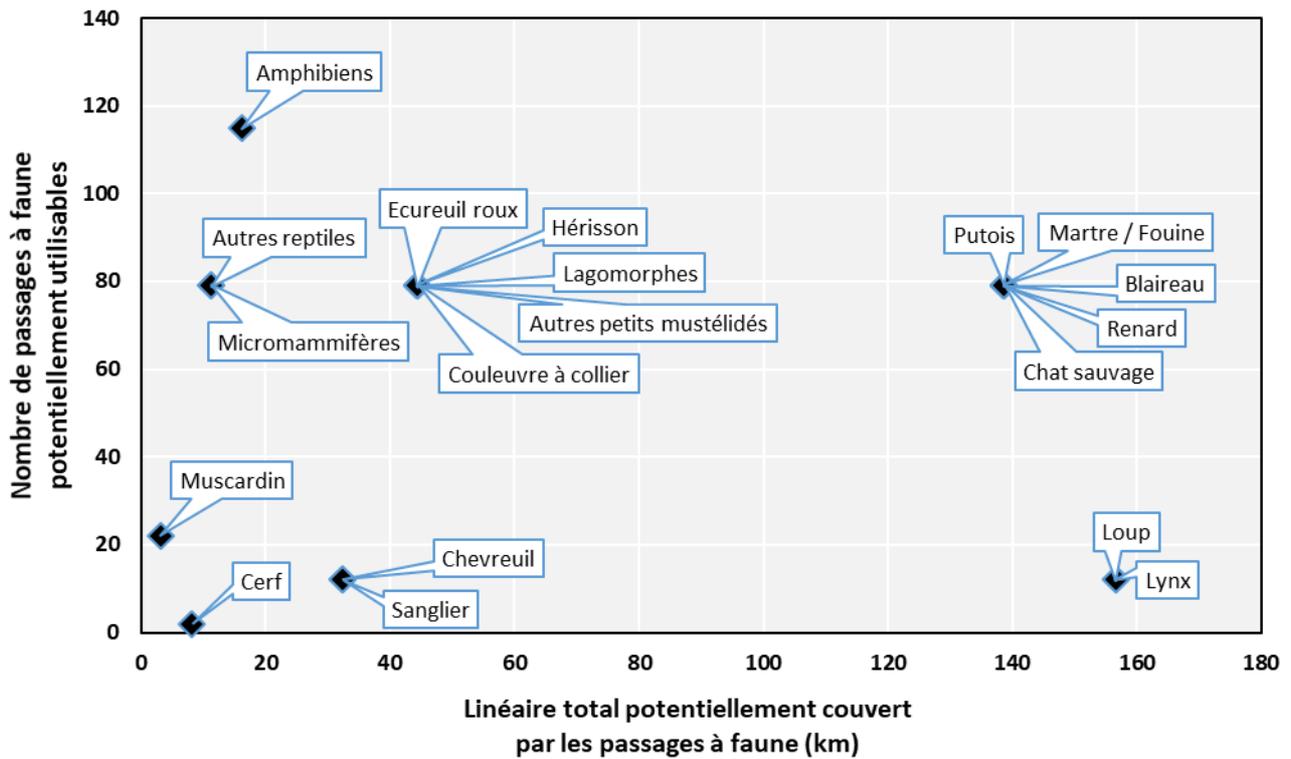


Figure 30 : Relation entre le nombre de passages à faune potentiellement utilisables et le linéaire total potentiellement couvert par les passages à faune (selon les capacités de déplacement des espèces)

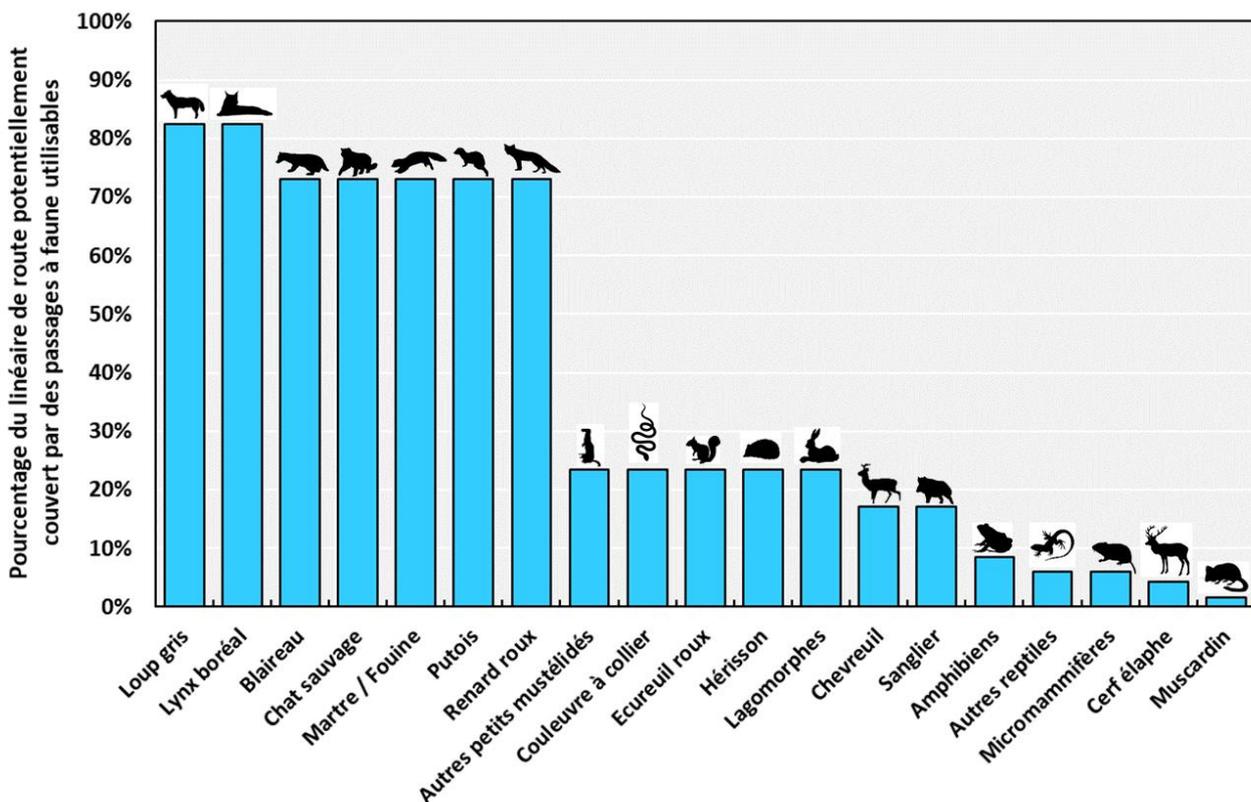


Figure 31 : Pourcentage du linéaire de route potentiellement couvert par des passages à faune utilisables, pour chaque espèce, en lien avec leur capacité de déplacement

Les figures en pages suivantes présentent les résultats obtenus. Globalement, les grandes espèces auront plus de facilité à rejoindre la plupart des ouvrages d'art, mais le nombre d'ouvrages qu'elles peuvent utiliser est moins important que pour les petites espèces qui sont généralement moins exigeantes. Il est donc intéressant d'évaluer le linéaire de route « couvert » par les ouvrages utilisables pour chaque espèce ou groupe d'espèces.

Par exemple, pour le Loup gris et le Lynx boréal (**Figure 32**), seuls 11 ouvrages d'art sur 192 sont considérés comme utilisables sur le linéaire étudié, mais les capacités de déplacement de ces deux grands carnivores latéralement à la route sont importantes (groupe fonctionnel 4 : 15 000 m) et ils sont donc potentiellement capables d'accéder à la plupart de ces ouvrages en se déplaçant latéralement à la route. Ainsi, pour ces deux espèces, les 11 ouvrages couvrent potentiellement 82% du linéaire total de la route (linéaires en orange sur la **Figure 32**).

A l'inverse, pour les espèces du groupe fonctionnel 1 (**Figure 35**), dont les capacités de déplacement latéralement à la route sont les plus faibles (50 m), de nombreux ouvrages sont potentiellement utilisables (79 / 192 pour les micromammifères et 115 / 192 pour certains amphibiens), mais leurs capacités de déplacement limitent fortement l'accès à ces ouvrages. Pour ces espèces, les ouvrages ne rendent franchissable que 6 à 8% du linéaire de route étudié (linéaires en jaune sur la Figure 35).

Enfin, le Cerf est l'espèce évaluée la plus exigeante vis-à-vis des passages à faune (**Figure 33**). Sur le linéaire, seuls 2 ouvrages sur 192 sont « susceptibles d'être utilisés » et, en tenant compte des capacités de déplacement latéralement à la route pour cette espèce (Groupe 3 : 2000 m), les deux ouvrages « couvrent » seulement 4 % du linéaire de route étudié (linéaire en vert sur la Figure 33). Notons que seul un de ces deux ouvrages utilisables se trouve dans l'aire de répartition du Cerf élaphe selon les données de l'OFB.

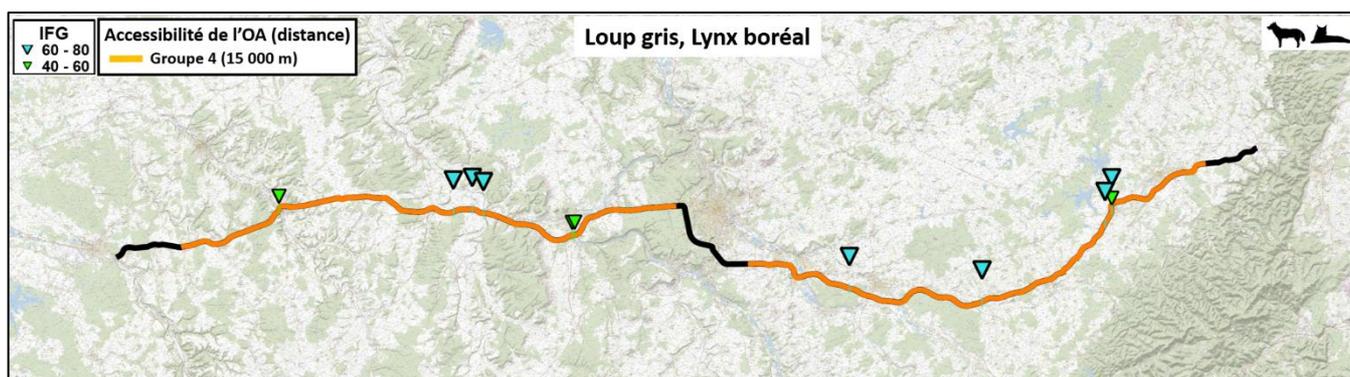


Figure 32 : Localisation et accessibilité des ouvrages d'art potentiellement utilisables pour les espèces du **Groupe 4** : (capacité de déplacement : 15 000 m)

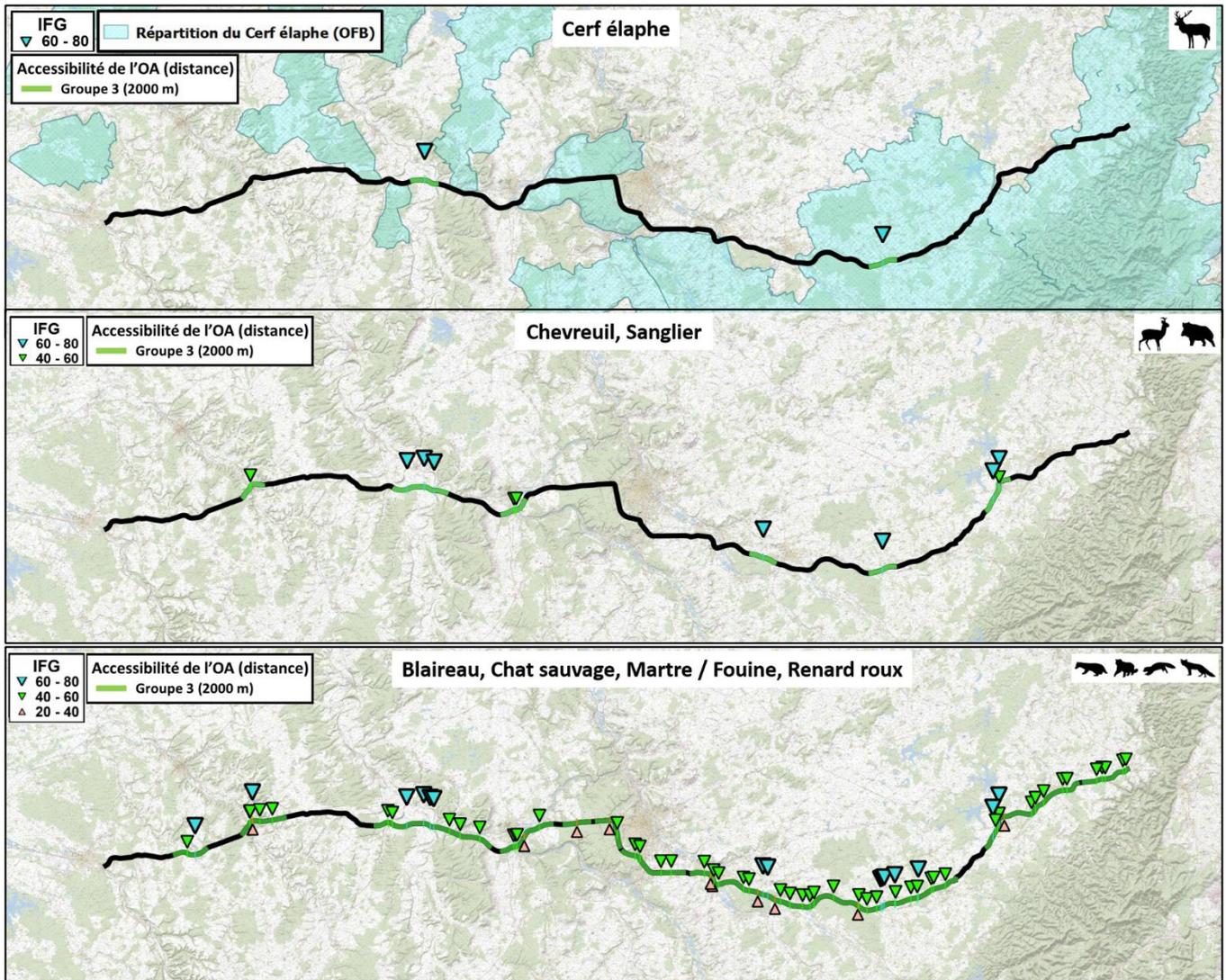


Figure 33 : Localisation et accessibilité des ouvrages d'art potentiellement utilisables pour les espèces du **Groupe 3** (capacité de déplacement : 2000 m)



Figure 34 : Localisation et accessibilité des ouvrages d'art potentiellement utilisables pour les espèces du **Groupe 2** (capacité de déplacement : 300 m)

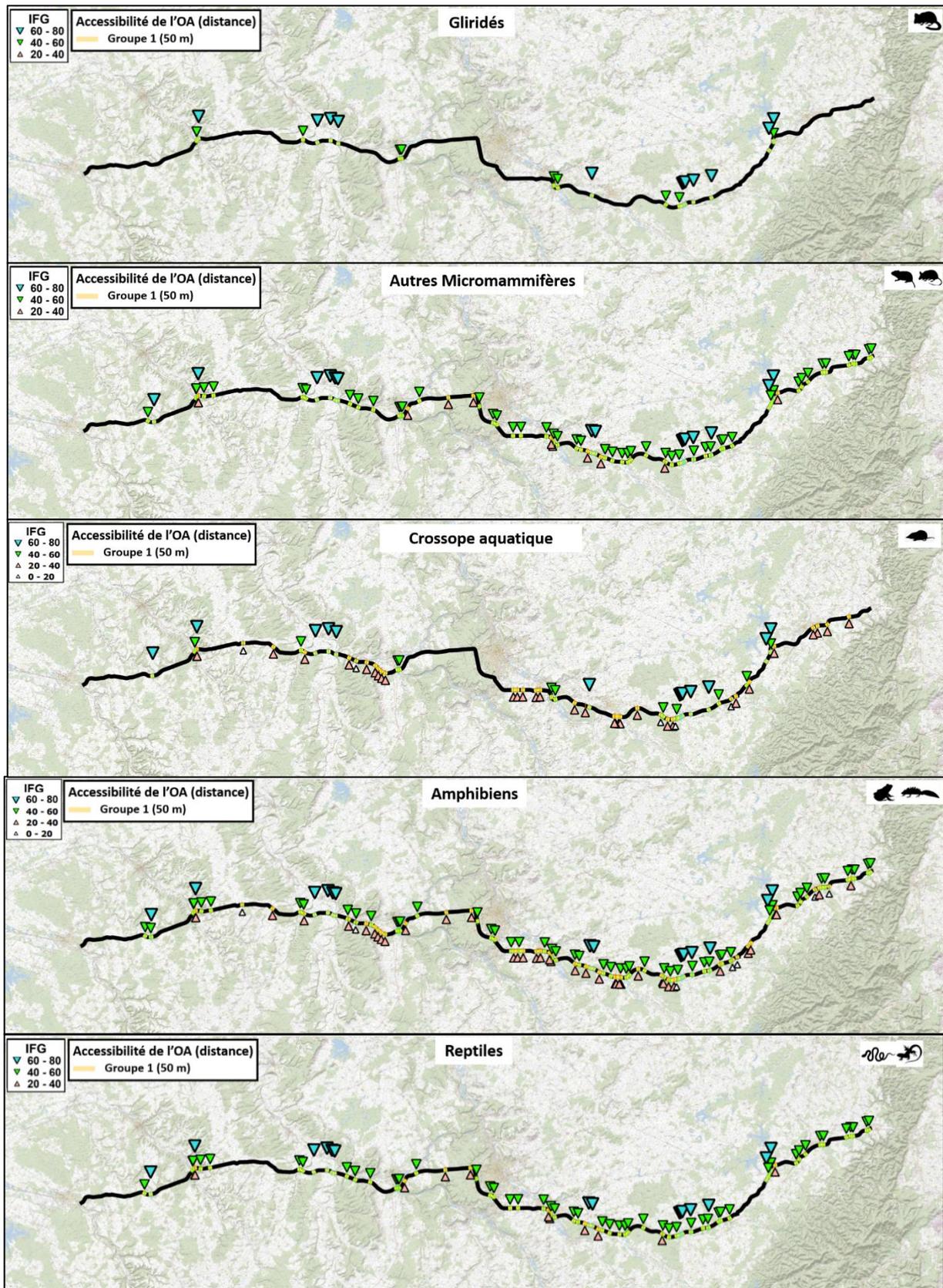


Figure 35 : Localisation et accessibilité des ouvrages d'art potentiellement utilisables pour les espèces du **Groupe 1** (capacité de déplacement : 50 m)

2.6.5 Synthèse des résultats : évaluation de la transparence globale et des enjeux

La synthèse des diagnostics ① à ④ est réalisée en suivant le schéma décisionnel présenté en page 19 (**Figure 10**) pour chaque espèce et chaque segment de route de 50 m (travail réalisé sur QGIS).

2.6.5.1 Synthèse des effets de l'infrastructure par taxon

Les effets potentiels de l'infrastructure sont très variés selon l'espèce considérée (**Figure 36**).

Pour certaines un effet barrière (segments de route non franchissable) est probable sur une grande partie du linéaire, soit en raison :

- D'une clôture hermétique associée à un faible nombre de passages à faune fonctionnels et accessibles (Cerf élaphe, Sanglier) ;
- D'une clôture perméable associée à un trafic routier et des caractéristiques de l'infrastructure rendant la traversée quasi impossible en raison du risque de mortalité trop élevé (petite faune).

Pour d'autres espèces, la majorité du linéaire a un effet « filtre potentiel » : possibilité de franchir la clôture mais risque de mortalité potentiellement élevé (cas du Lynx, du Chat sauvage, de la Martre / Fouine et des petits mustélidés). Et pour d'autres espèces, un effet « filtre » est avéré lorsque des points noirs de collisions sont identifiés, confirmant la mortalité importante localement (cas du Chevreuil, du Blaireau et du Renard). Dans ces deux cas, l'infrastructure est potentiellement franchissable mais elle peut impacter fortement les populations en fonction de la mortalité engendrée.

Enfin notons le cas particulier du Loup gris, pour qui la clôture est jugée globalement hermétique, mais dont les 11 passages à faune potentiellement utilisables permettent *a priori* de rendre l'infrastructure franchissable sur une grande partie du linéaire en tenant compte de ses capacités de déplacement importantes.

2.6.5.2 Hiérarchisation des enjeux

Sur la base de la démarche et du barème à points présentés dans le paragraphe 2.5.3.2 (Tableau 5), les enjeux des espèces ont été cumulés et un enjeu multi-spécifique a été obtenu par segment de 50 mètres, en rapport avec les zones de perméabilité du SRCE (intérêt « stratégique régional » ou « infra-régional »).

La **Figure 37** présente la synthèse de ces enjeux globaux sur le linéaire étudié et une comparaison avec les corridors et zones de perméabilité du SRCE de Lorraine.

Cette synthèse des enjeux permet de localiser les tronçons de l'infrastructure les plus concernés par des effets sur les espèces (linéaires de l'infrastructure en « enjeu fort » de rétablissement de la transparence écologique, en rouge).

Les enjeux les plus importants sont retrouvés sur 12 secteurs, au franchissement des principales vallées et côtes, mais aussi de grands continuums (ensemble de prairies, de milieux thermophiles ou de milieux forestiers).

Le **Tableau 6** décrit les milieux structurants (en lien avec les sous-trames du SRCE de Lorraine), qui se situent au droit de ces linéaires de route à enjeu fort de rétablissement de la transparence écologique.

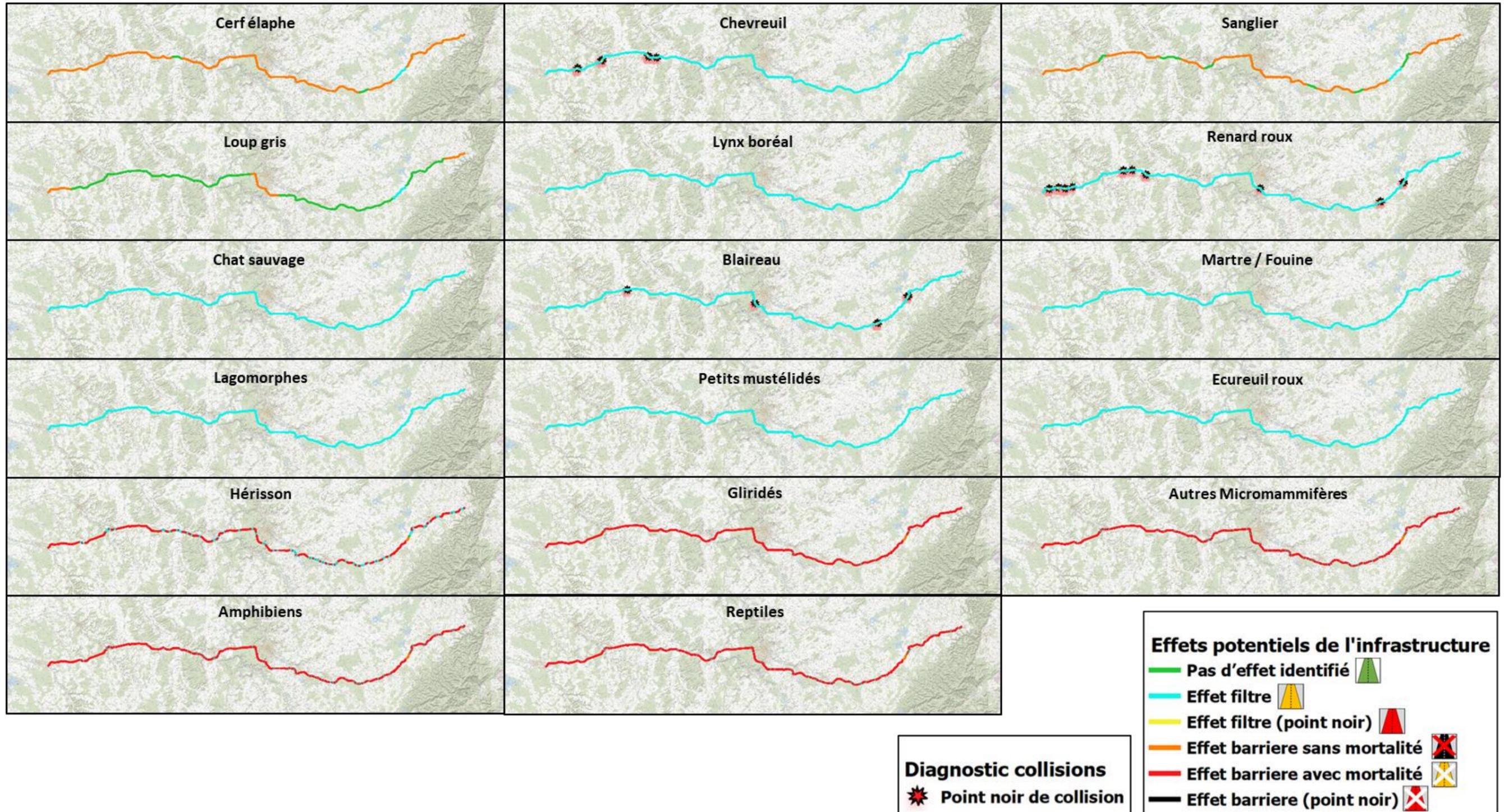


Figure 36 : Evaluation de la transparence écologique et des effets potentiels de l'infrastructure sur les différentes espèces visées

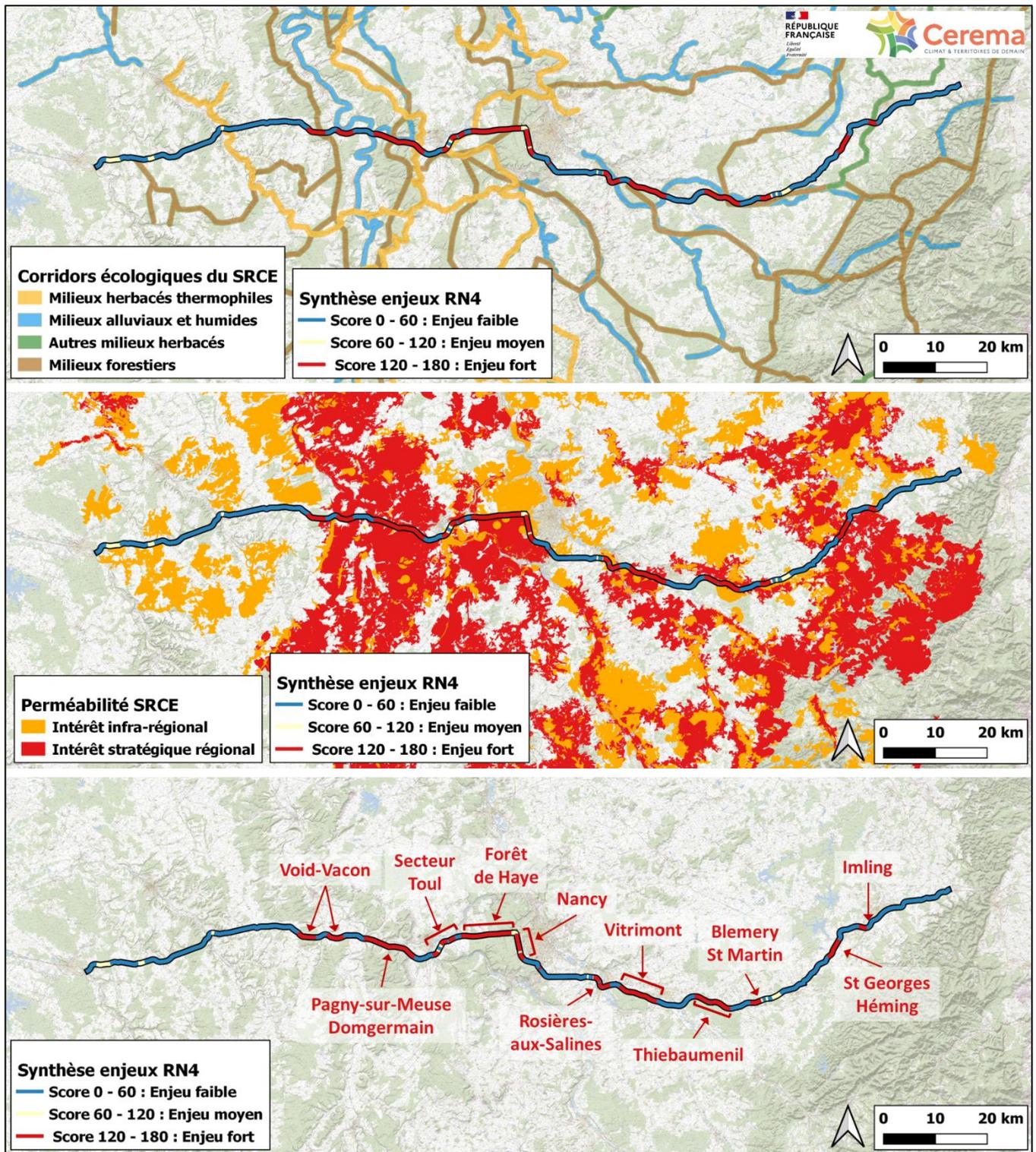


Figure 37 : Cartographie des enjeux multi-spécifiques de restauration de la transparence écologique sur le linéaire après cumul des enjeux espèces

Tableau 6 : Milieux structurants des zones à enjeux forts identifiées

Secteur	Milieux structurants (sous-trame du SRCE de Lorraine)			
	Milieux thermophiles	Milieux alluviaux et humides	Autres milieux herbacés	Milieux forestiers
Void-Vacon		X		X
Pagny-sur-Meuse / Domgermain		X	X	X
Toul	X		X	
Forêt de Haye				X
Nancy				X
Rosières-aux-Salines		X	X	
Vitrimont				X
Thiebaumenil		X	X	X
Blemery / St Martin		X	X	
St Georges / Héming			X	
Imling			X	

3 Pistes d'actions pour l'amélioration de la transparence écologique du linéaire étudié

A l'issue de ce diagnostic multithématique, des propositions d'actions sont présentées ci-dessous. Ces actions concernent trois des thèmes précédents :

- Les clôtures, en lien avec le volet « collisions »,
- La prise en compte des obstacles à la traversée (DBA),
- Les passages à faune.

Les actions sur ces volets doivent être abordées de manière complémentaire.

3.1 Diagnostic et actions sur les clôtures

Comme indiqué précédemment, il ne nous a pas été possible d'exploiter finement les données sur les clôtures sur le linéaire étudié. Nous avons donc considéré le linéaire comme étant homogène, ce qui n'est pas le cas en réalité.

La principale action à mener sur les clôtures pourrait viser à rechercher les points d'entrée possibles pour la faune vers les chaussées, qui sont susceptibles d'expliquer les collisions observées : échangeurs, effet « bout de clôture » (**Jaeger et Spanowicz 2020**). Ce diagnostic pourrait être réalisé en priorité sur les linéaires concernés par les points de conflits identifiés au 2.5.3 et illustrés sur la Figure 22 (p.43). Cependant, ces points de conflit ne concernent que la moyenne ou grande faune. Or il peut exister une mortalité de la petite faune non prise en compte dans le cas présent. Ce type de diagnostic spécifique serait donc intéressant à réaliser sur l'ensemble du linéaire, avec une attention particulière au niveau des tronçons croisant les zones de perméabilité du SRCE.

Le Guide passage à Faune apporte les éléments techniques pour réaliser ce type de diagnostic et il fournit des solutions pour permettre à la faune de circuler, en leur permettant si possible d'accéder aux dépendances, tout en limitant les risques de collision (Cerema 2021). Voir notamment la Partie III / Fiche technique 21, intitulée « Comment permettre l'accès des dépendances à la faune tout en assurant sa protection ? Les clôtures et barrières », pp. 227-253.

Des éléments de ce guide technique sont repris ci-après.

- **Recherche des sections de grillages abimés, non enterrés ou non brochés**

Un diagnostic des linéaires concernés pourrait être opportun afin de vérifier l'état des clôtures et de repérer les éventuels défauts de pose ou défaillances d'entretien, qui constituent les principales sources de dysfonctionnement de ces dispositifs.

Quelques exemples courants de défauts de pose à rechercher sur les linéaires concernés, sont illustrés ci-dessous (**Figure 38 A, B**). La correction de ces défauts peut être réalisée soit en brochant le grillage, soit en ajoutant un renfort à la base, enterré et replié.

- **Implantation des clôtures au droit des échangeurs et des ouvrages**

Les échangeurs représentent des points d'entrée vers les chaussées pour la faune, de même que les raccords de clôtures au niveau des ouvrages d'art (**Figure 38, C, D**).

Le Chevreuil et le Renard roux, par exemple, sont connus pour pénétrer sur les emprises en exploitant ces failles du dispositif. Pour limiter ces accès et la mortalité associée, il convient de supprimer ou d'« atténuer » au maximum les extrémités des sections clôturées :

- en raccordant si possible la clôture à une structure de franchissement pour la faune (pont, viaduc, autre ouvrage fonctionnel),
- en prolongeant d'au moins 500 m les clôtures de part et d'autre des ouvrages de franchissement,
- sur les échangeurs : en prolongeant la clôture le long des voies d'accès (**Figure 39**).

Déclinaison opérationnelle des orientations des SRCE du Grand Est sur le sujet de la transparence écologique
Focus sur la RN4

- **Inspection des voies d'accès aux emprises et des franchissements de fossés**

Les voies d'accès aux emprises (portails, portillons) et les franchissements de fossés, sont aussi des points d'entrée fréquents vers les emprises, pour la petite faune en particulier (**Figure 38 D, E**).

Différents dispositifs existent pour limiter ces accès (voir les exemples illustrés dans le guide passage (p. 234-237 en particulier) :

- exemples pour les accès aux emprises : « jupe » en caoutchouc sous les portails, seuil en béton, marche au niveau des portillons,
- exemples pour les franchissements de fossés : grille amovible, ouvrage bétonné.

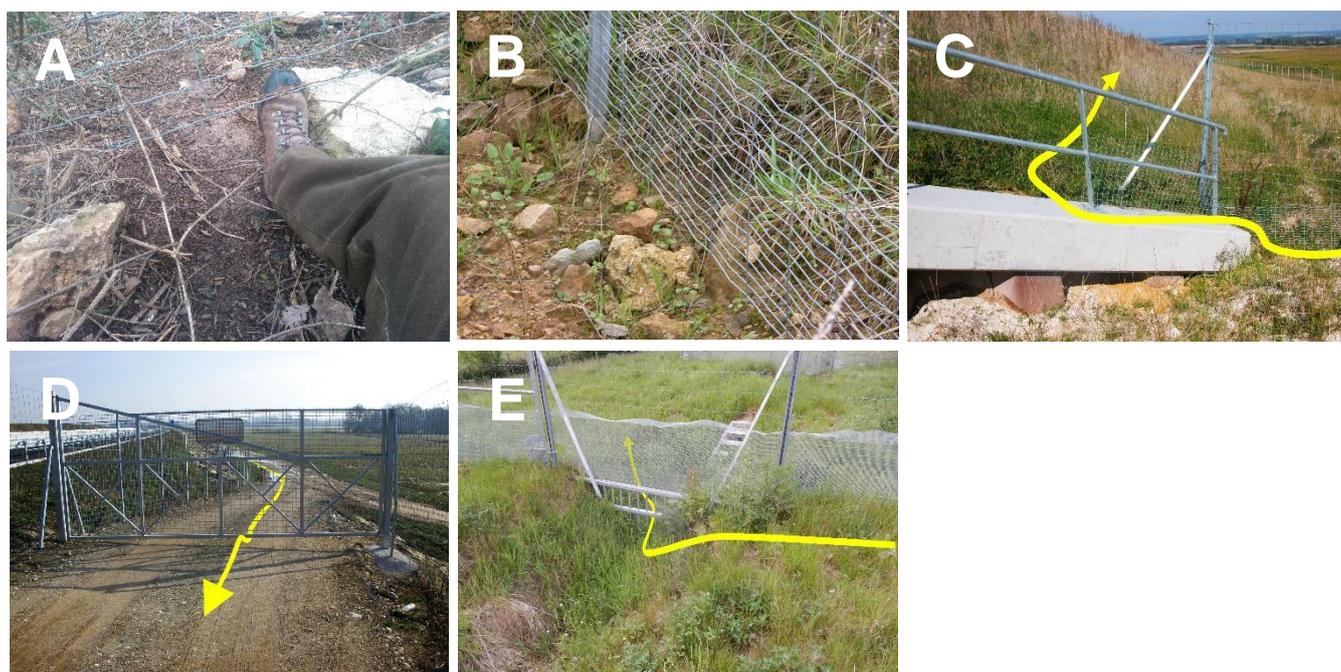


Figure 38 : Exemples de défauts de pose ou d'étanchéité des clôtures (Source : Guide passage à faune ; Cerema, 2021)

- A, B : Points d'entrée en pieds de clôtures non enterrées et non brochées
- C : Raccord de grillage laissant un passage
- D : Passage possible sous un portail
- E : Passage possible pour la petite faune au niveau d'un franchissement de fossés



Figure 39 : Exemple d'implantation des clôtures au droit d'un échangeur afin de limiter l'accès aux emprises pour la faune (Source : Guide passage à faune ; Cerema, 2021)

- **Etudier l'opportunité de mettre en place des dispositifs échappatoires**

Même en améliorant l'étanchéité des clôtures, ces dernières sont rarement totalement efficaces. Par ailleurs, dans certains cas, ce sont les animaux eux-mêmes qui créent des ouvertures dans les clôtures (cas du Sanglier par exemple). Ces animaux peuvent alors se retrouver piégés sur les emprises et risquent d'y occasionner des collisions.

Des dispositifs échappatoires peuvent être mis en place pour permettre aux animaux de quitter les emprises, dans les secteurs les plus problématiques. Des exemples de dispositifs sont présentés dans le guide passages à faune (Cerema, 2021 : p. 240-243). Le choix du type de dispositif et son emplacement sont à définir en fonction du contexte.

Pour davantage d'informations sur le sujet des dispositifs échappatoires, voir également le projet exploratoire ITTECOP Escape XXL, qui présente un état des lieux sur ce sujet : <https://www.ittecop.fr/fr/tous-les-projets/recherches-2020/projets-exploratoires-ou-incubatoires-2020/item/720-escape-xxl>

3.2 Problématique des DBA

Les DBA (séparateurs doubles en béton armé) constituent des barrières pour bon nombre d'espèces et sont susceptibles d'augmenter les risques de collisions. La petite faune, souvent capable de franchir les clôtures « grande faune », est la plus concernée par cette problématique.

Les glissières métalliques s'avèrent moins impactantes et sont donc, si possible, à privilégier, en particulier au niveau du terre-plein central. Mais dans certains cas, l'utilisation des DBA est préférée.

Lorsque les DBA sont utilisées sur le terre-plein central, plusieurs mesures complémentaires peuvent être prises pour réduire leur impact sur les collisions pour la petite faune :

- mise en place d'une clôture plus hermétique (grillage soudé à maille de 6 mm, avec bavolet), en supplément de la clôture à mailles progressives, pour limiter l'accès aux chaussées pour la petite faune ;
- création d'ouvertures type assainissement (30 cm x 6-8 cm) dans les DBA, tous les 3 m (entraxe minimum autorisé), ou éventuellement (si possible) des « interruptions de terre-plein central » protégées par des glissières de sécurité. Cette seconde solution est réglementée et elle peut complexifier le dispositif de sécurité, pour laisser aux petits animaux atteignant éventuellement les chaussées, une chance de traverser ;
- mise en place de séparateurs simples en béton adhérent (GBA) en bordure de chaussées (dans ce cas toujours sur les deux côtés).

3.3 Actions sur les passages à faune

Le diagnostic réalisé sur l'ensemble du linéaire permet d'envisager deux types d'interventions sur les tronçons de routes pour permettre à la faune de franchir l'infrastructure, en fonction des enjeux locaux et du type d'ouvrages éventuellement existants.

Si des ouvrages d'art existent, il est généralement possible de les rendre plus fonctionnels pour que la faune puisse les utiliser afin de franchir l'infrastructure (travaux de requalification). Dans le cas inverse (absence d'ouvrages ou présence d'ouvrages ne pouvant être utilisés ou améliorés), la création d'un passage à faune dédié peut être envisagée, en fonction des enjeux.

3.3.1 Requalification d'ouvrages d'art existants

Des propositions d'actions sont présentées de manière synthétique sur les ouvrages existants qui nous semblent être les plus pertinents à requalifier.

Dans un premier temps, nous avons sélectionné l'ensemble des ouvrages localisés sur les linéaires classés en « enjeu fort » de rétablissement des continuités écologiques à l'issu du diagnostic établi (segments en rouge sur la **Figure 37** et sur la **Figure 40**).

Sur ces linéaires qui cumulent des enjeux multi-spécifiques de rétablissement de transparence écologique et un enjeu identifié dans le SRCE, 60 ouvrages ont été dénombrés. Parmi eux, 35 s'avèrent très peu propices à la réalisation d'une requalification (ouvrages de rétablissement de routes ou situés dans un contexte très défavorable). Ainsi, les 25 ouvrages restant nous semblent les plus à même de faire l'objet de travaux afin de permettre à un maximum d'espèces de les utiliser pour franchir l'infrastructure (**Figure 40**).

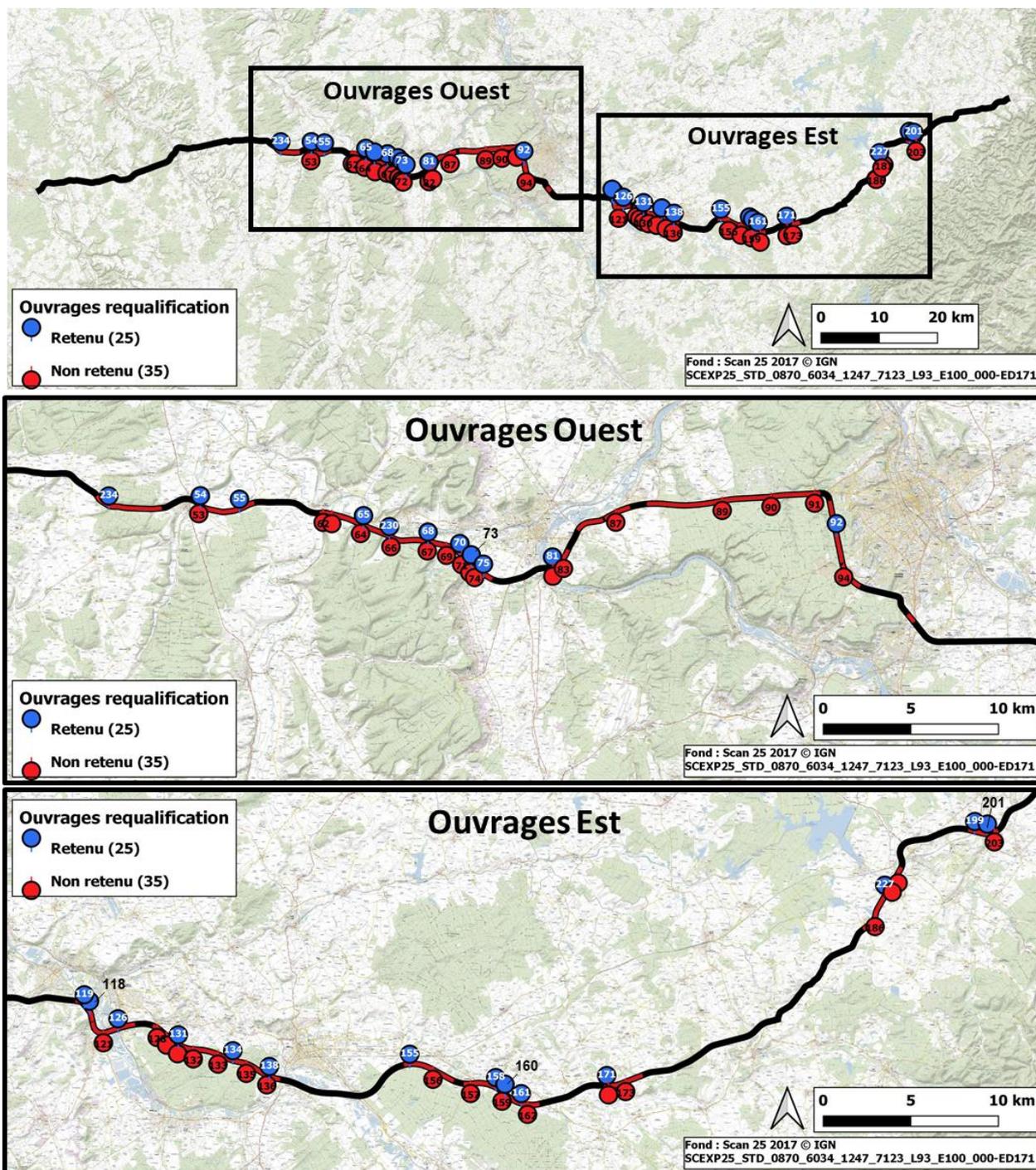


Figure 40 : Localisation des ouvrages situés sur les linéaires à enjeux forts de rétablissement de la transparence écologique (en bleu, ouvrages retenus pour une requalification et en rouge, ouvrages non retenus)

Tableau 7 : Actions proposées sur les 25 ouvrages sélectionnés

OA	Commune	Dpt	Type	Voie desservie / usage	Actions proposées
OA54	VOID-VACON	55	Inférieur	fossé	A préciser en fonction des potentialités de l'ouvrage (visite de terrain nécessaire) : possibilités d'aménagement de banquettes ?
OA55	VOID-VACON	55	Inférieur	Canal de la Marne au Rhin Ouest	Peu de possibilités d'aménagement. Amélioration des banquettes et végétalisation des accès
OA65	LAY-SAINT-REMY	54	Inférieur	Val de l'Âne	Adoucir les berges, notamment aux débouchés de l'ouvrage, installer des buses plus grandes sous le chemin côté sud, création d'une ou deux banquettes dans le passage, clôturer la RN4
OA68	CHOLOY-MENILLOT	54	Inférieur	Rigole d'Alimentation du Canal de la Marne au Rhin	Aménager les débouchés de l'ouvrage (adoucir les pentes, installer une banquette, renforcer la végétalisation, clôturer la RN4)
OA70	CHOLOY-MENILLOT	54	Inférieur	Le Petit Ingressin	A préciser en fonction des potentialités de l'ouvrage (visite de terrain nécessaire) : possibilités d'aménagement de banquettes ?
OA73	CHOLOY-MENILLOT	54	Inférieur	Rigole d'Alimentation du Canal de la Marne au Rhin	Aménager les débouchés de l'ouvrage (adoucir les pentes, installer une banquette, renforcer la végétalisation, clôturer la RN4)
OA75	DOMGERMAIN	54	Inférieur	fossé	A préciser en fonction des potentialités de l'ouvrage (visite de terrain nécessaire) : possibilités d'aménagement de banquettes ?
OA81	CHAUDENEY-SUR-MOSELLE	54	Inférieur	sentier (ancienne voie ferrée)	Peu de possibilités d'aménagement. Maintenir une végétalisation sur l'ancienne voie ferrée
OA92	LAXOU	54	Supérieur	Chemin rural (forestier)	Peu de possibilités d'aménagement (passerelle étroite).
OA118	ROSIERES-AUX-SALINES	54	Inférieur	Chemin rural	Etudier la possibilité de pose d'un andain pour la petite faune, en fonction de l'usage de l'ouvrage. Communiquer auprès des usagers / riverains de l'ouvrage et installer des panneaux explicatifs.
OA119	ROSIERES-AUX-SALINES	54	Inférieur	Chemin rural	Etudier la possibilité de pose d'un andain pour la petite faune, en fonction de l'usage de l'ouvrage. Communiquer auprès des usagers/ riverains de l'ouvrage et installer des panneaux explicatifs.
OA126	ROSIERES-AUX-SALINES	54	Inférieur	canal d'alimentation	Peu de possibilités d'aménagement
OA131	HUDIVILLER	54	Inférieur	Ruisseau de la Voivre	A préciser en fonction des potentialités de l'ouvrage (visite de terrain nécessaire) : possibilités d'aménagement de banquettes ?
OA134	VITRIMONT	54	Inférieur	Chemin rural (agricole) / Ruisseau de Clos Pré	Visite et entretien des aménagements déjà réalisés (andain en particulier).
OA138	REHAINVILLER	54	Inférieur	La Meurthe / Chemin rural	Peu de possibilités d'aménagement
OA155	MONCEL-LES-LUNEVILLE	54	Inférieur	ruisseau intermittent	A préciser en fonction des potentialités de l'ouvrage (visite de terrain nécessaire) : possibilités d'aménagement de banquettes ?
OA158	BENAMENIL	54	Inférieur	fossé	A préciser en fonction des potentialités de l'ouvrage (visite de terrain nécessaire) : possibilités d'aménagement de banquettes ?
OA160	BENAMENIL	54	Inférieur	ruisseau intermittent	Recréer le lit du ruisseau (non bétonné), pose de parapets d'occultation pour favoriser l'utilisation par les ongulés. Aménagement éventuel des accès (végétalisation)
OA161	BENAMENIL	54	Inférieur	ruisseau intermittent	A préciser en fonction des potentialités de l'ouvrage (visite de terrain nécessaire) : possibilités d'aménagement de banquettes ?
OA171	BLEMEREY	54	Inférieur	ruisseau de l'Etang	Pose de parapets d'occultation pour favoriser l'utilisation par les ongulés. Aménagement éventuel des accès (végétalisation). Déplacement des clôtures des bassins ?
OA199	IMLING	57	Inférieur	ruisseau de Gondrexange, voie ferrée	Peu de possibilités d'aménagement
OA201	IMLING	57	Inférieur	la Sarre, D42	Création d'une haie longeant la D42 pour obtenir un écran.
OA227	LANDANGE	57	Inférieur	chemin rural + ruisseau	Ajouter un parapet d'occultation pour réduire les nuisances liées au trafic
OA230	FOUG	54	Inférieur	L'Ingressin	A préciser en fonction des potentialités de l'ouvrage (visite de terrain nécessaire) : possibilités d'aménagement de banquettes ?
OA234	MENIL-LA-HORGNE	55	Inférieur	le Mazelin	A préciser en fonction des potentialités de l'ouvrage (visite de terrain nécessaire) : possibilités d'aménagement de banquettes ?

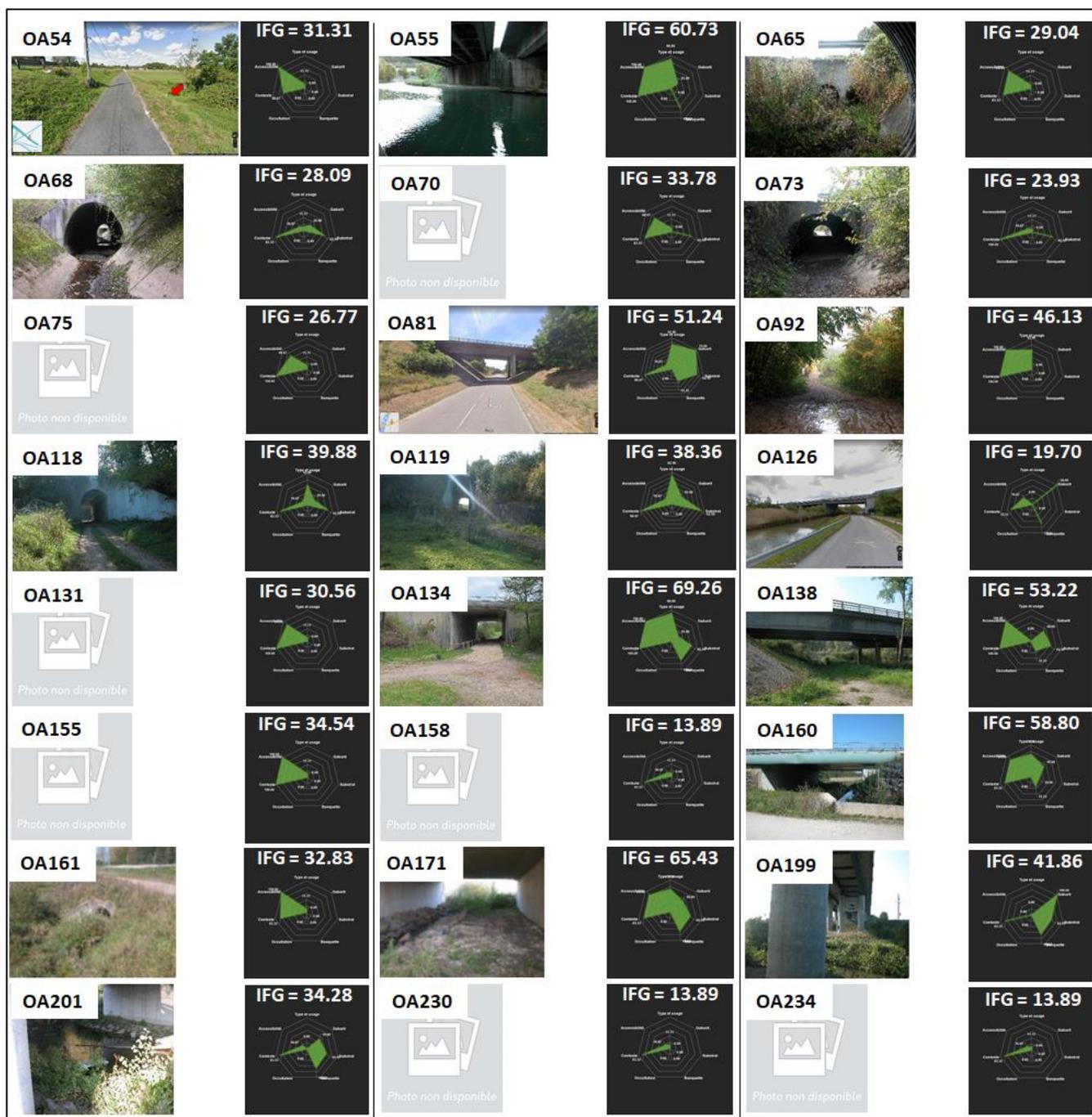


Figure 41 : Illustration et valeur de l'IFG des ouvrages d'art du tableau 7

NB : l'OA227 est illustré p.48

3.3.2 Proposition de nouveaux ouvrages dédiés

Sur la base des enjeux multi-spécifiques identifiés et des possibilités de requalification d'ouvrages présentées dans le paragraphe précédent, nous avons recherché les secteurs à enjeux qui resteraient difficilement franchissables.

A l'échelle du linéaire de route étudié, il ressort que l'infrastructure est globalement peu franchissable par la grande faune (ongulés en particuliers).

En nous basant sur l'espèce la plus exigeante, à savoir le Cerf élaphe, pour laquelle l'effet principal de l'infrastructure est celui d'une barrière (clôture infranchissable et seulement deux ouvrages qualifiés d'« utilisables »), plusieurs secteurs à enjeux sont proposés pour la création de passages à faune (type écopont) :

- PAF1 : secteur situé sur la commune de Foug (54), au niveau des côtes de Meuse ;
- PAF2 : secteur situé sur l'A31, à l'ouest de Nancy sur la commune de Champigneulle (54), dans la traversée de la Forêt de Haye, au niveau des côtes de Moselle ;
- PAF3 : secteur situé juste à l'est de Lunéville, sur la commune de Thiébauménil (54), au niveau de la vallée de la Vezouze.

Ces trois secteurs croisent des corridors majeurs du SRCE, en particulier pour les milieux forestiers.

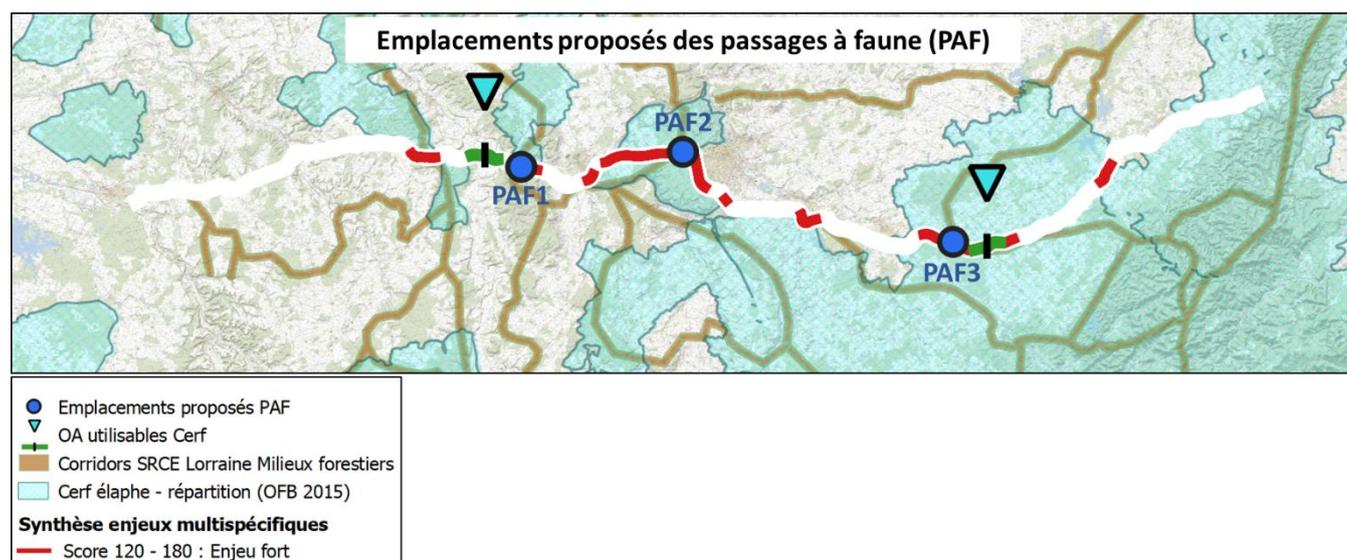


Figure 42 : Localisation des trois secteurs proposés pour la création de passages à faune (PAF1, 2 et 3)

Des études de terrain seraient nécessaires pour préciser la faisabilité de ces ouvrages selon le contexte. Le **Tableau 8** donne une description de l'emplacement et du contexte de ces trois secteurs.

En complément, une vue de ces emplacements est illustrée sur les **Figures 43 à 45**.

Tableau 8 : Emplacement des passages à faune proposés sur les zones à enjeux

OA	Commune	Dpt	Toponyme IGN	Route	Points positifs et négatifs sur le plan écologique	Faisabilité technique
PAF1	FOUG	54	Bois Moncel, Pont de Savonnières	N4	<p>☺ Ce passage à faune permettrait de rétablir une continuité interrompue au niveau du continuum forestier des côtes de Meuse.</p> <p>☹ Un passage potentiellement utilisable par le Cerf existe à environ 6 km vers l'ouest (OA58). Cependant cet ouvrage est hors contexte forestier.</p>	La N4 est très encaissée entre deux parois rocheuses, ce qui semble se prêter à l'installation d'un pont. Le contexte rappelle celui du passage à faune du col de Saverne.
PAF2	CHAMPIGNEULLES	54	Les Baraques, Forêt de Haye	A31	<p>☺ Secteur à fort enjeu de rétablissement de la continuité écologique, qui s'avère totalement interrompue autour de Nancy. Il n'existe aucun ouvrage propice à la grande faune au niveau des Côtes de Moselle, sur l'axe Nancy / Toul. Aucun passage à faune utilisable par le Cerf n'existe au niveau des Côtes de Moselle.</p>	La D400 longe l'A31, ce qui augmente potentiellement la longueur de traversée. Le contexte foncier est possiblement complexe avec des terrains privés et une Forêt de protection.
PAF3	THIEBAUMENIL	54	Champ Hocquard	N4	<p>☺ L'emplacement est stratégique pour la faune forestière, dont le Cerf, car il permettrait de rétablir la continuité entre le massif forestier de Mondon au sud de la N4 et celui de Parroy au nord.</p> <p>☹ Un passage potentiellement utilisable par le Cerf existe à environ 5 km vers l'est (OA168). Cependant cet ouvrage est hors contexte forestier.</p>	La D400 longe la N4, ce qui augmente potentiellement la longueur de traversée, qui plus est dans un contexte relativement plat.



Figure 43 : Vue de l'emplacement proposé pour le passage à faune PAF1 (N4 à Foug, 54)



Figure 44 : Vue de l'emplacement proposé pour le passage à faune PAF2 (D400 et A31 à Champigneulle, 54)



Figure 45 : Vue de l'emplacement proposé pour le passage à faune PAF3 (N4 à Thiébauménil, 54)

4 Conclusion et perspectives

Dans le cadre de cette étude, une approche intégrative a été développée afin d'analyser les enjeux de rétablissement de la transparence écologique d'une infrastructure de transport : la RN4 entre Saint-Dizier et Phalsbourg (traversée de la Lorraine).

L'application de diagnostics successifs a permis d'évaluer les effets de l'infrastructure sur la faune terrestre :

- Effet « filtre » lié à une mortalité par collision lorsque les espèces peuvent franchir les clôtures, en supposant qu'une partie d'entre eux parvient à traverser la route,
- Effet « barrière » lorsque l'infrastructure est totalement infranchissable (clôture hermétique, mortalité trop importante, pas de passage à faune fonctionnel accessible).

Ces effets sont très différents d'une espèce à l'autre en raison des capacités locomotrices de ces dernières et de leurs comportements variés face à l'infrastructure et aux ouvrages d'art.

Cette démarche, bien que théorique, est basée sur l'expérience et l'analyse des données de terrain (collisions, suivis de passages à faune), mais aussi sur les données de la bibliographie (accessibilité et fonctionnalité des passages à faune).

La synthèse permet de localiser les secteurs à enjeux de restauration des continuités écologiques sur la base des espèces prises en compte et des corridors écologiques identifiés dans le SRCE de Lorraine.

En se basant sur ces résultats, un programme d'actions pourrait désormais être mis en place pour améliorer la transparence écologique de cette infrastructure.

Les actions proposées concernent, selon les espèces et les secteurs ciblés :

- Un diagnostic fin et des actions sur les clôtures,
- La prise en compte de la problématique des DBA, qui constituent des obstacles et qui peuvent augmenter les collisions localement,
- Des actions sur les ouvrages d'art existants (requalification, aménagements légers...),
- La création de passages à faune sur les secteurs aux enjeux les plus forts et où la transparence écologique ne peut pas être améliorée par les autres actions.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Allaback, M. L., et D. M. Laabs. 2002. Effectiveness of road tunnels for the Santa Cruz Long-Toed Salamander. *TRANSACTIONS OF THE WESTERN SECTION OF THE WILDLIFE SOCIETY* 38/39:5-8.
- Billon, L. 2019. Note d'analyse de la répartition des collisions faune/véhicules DIR Est. Données récoltées de 2011 à 2018.
- Billon, L., J. Amsallem, R. Sordello, et S. Vanpeene. 2017. Bilan technique et scientifique sur l'élaboration des Schémas régionaux de cohérence écologique. Représentation cartographique de la TVB.
- Bissonette, J. A., et W. Adair. 2008. Restoring habitat permeability to roaded landscapes with isometrically-scaled wildlife crossings. *Biological Conservation* 141:482-488.
- Bowman, J., J. A. G. Jaeger, et L. Fahrig. 2002. Dispersal Distance of Mammals Is Proportional to Home Range Size. *Ecology* 83:2049.
- Cerema. 2015. SRCE et Infrastructures linéaires de transport. Mutualisation des expériences.
- Cerema. 2018. Critères éco-éthologiques à prendre en compte pour la restauration des continuités écologiques au droit des ouvrages de franchissement d'infrastructures de transport. Disponible sur Cerema doc : <https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/22039/criteres-eco-ethologiques-a-prendre-en-compte-pour-la-restauration-des-continuites-ecologiques-au-dr>
- Cerema. 2019a. Clôtures routières et ferroviaires & faune sauvage. Critères de choix et recommandations d'implantation. Disponible sur Cerema Doc : <https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/15905/clotures-routieres-et-ferroviaires-faune-sauvage-criteres-de-choix-et-recommandations-d-implantation>
- Cerema. 2019b. Étude COMparative de deux METHodes de Relevé des collisions entre la faune et le trafic COMERCAR – Projet exploratoire ITTECOP. <https://www.ittecop.fr/fr/recherches-2017-cat/exploratoires-incubatoires/comercar>
- Cerema. 2020. Retour d'expérience à visée méthodologique sur la démarche d'intégration des trames vertes et bleues dans le SRADDET Grand Est. Disponible sur Cerema doc : <https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/2450/retour-d-experience-a-visee-methodologique-sur-la-demarche-d-integration-des-trames-vertes-et-bleues>
- Cerema. 2021. Les passages à faune. Préserver et restaurer les continuités écologiques, avec les infrastructures linéaires de transport. Collection : Références. Cerema, Bron. Disponible sur Cerema doc : <https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/20803/les-passages-a-faune-preserver-et-restaurer-les-continuites-ecologiques-avec-les-infrastructures-lin>
- CETE de l'Est. 2012. Enjeux environnementaux du réseau de la DIR Est. Etat des lieux 2011. District de Nancy.
- Claireau, F., Y. Bas, S. J. Puechmaille, J. F. Julien, B. Allegrini, et C. Kerbiriou. 2019. Bat overpasses: An insufficient solution to restore habitat connectivity across roads. *Journal of Applied Ecology* 56:573-584.
- Colino-Rabanal, V. J., et M. Lizana. 2012. Herpetofauna and roads: a review. *Basic and Applied Herpetology*.
- D'Amico, M., S. Périquet, J. Román, et E. Revilla. 2016. Road avoidance responses determine the impact of heterogeneous road networks at a regional scale. *Journal of Applied Ecology* 53:181-190.
- Dodd, C. K., W. J. Barichivich, et L. L. Smith. 2004. Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological Conservation* 118:619-631.
- Ecosphère, et Région Lorraine. 2014. Schéma Régional de Cohérence Ecologique. Volume 2. Elaboration de la Trame Verte et Bleue.
- Forman, R. T. T., et L. E. Alexander. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual review of ecology and systematics*:207-C2.
- Forman, R. T. T., D. Sperling, J. A. Bissonette, A. P. Clevenger, C. D. Cutshall, V. H. Dale, L. Fahrig, R. L. France, C. R. Goldman, K. Heanue, J. Jones, F. Swanson, T. Turrentine, et T. C. Winter. 2002. *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Pre.
- Girardet, X. 2018. Restauration de la connectivité écologique : proposition méthodologique pour une localisation optimisée des passages à faune. Pages 28-30 in X. Girardet et C. Clauzel, éditeurs. Graphab : 14 réalisations à découvrir. UBFC / ThéMA / arp.astrance / CNRS.
- van der Griff, E. A., V. Biserkov, V. Simeonova, et M. P. Huijser. 2009. Restoring ecological networks across transport corridors in Bulgaria. Pages 552-567 *Proceedings of the 2009 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET)*. North Carolina State University, Raleigh, Duluth, Minnesota, United States.

- Jaeger, J. A. G., et L. Fahrig. 2004. Effects of Road Fencing on Population Persistence. *Page Conservation Biology*.
- Jaeger, J. A. G., et A. Spanowicz. 2020. Wildlife can be saved from becoming roadkill with a new tool that finds the best locations for fences. *The Conversation*.
- l'Atelier des Territoires, et Ingérop. 2012. Programme de restauration et d'amélioration des continuités écologiques sur le réseau de la DIR Est en Lorraine.
- Malo, J. E., F. Suárez, et A. Díez. 2004. Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Page Journal of Applied Ecology*.
- Matos, C., S. O. Petrovan, P. M. Wheeler, et A. I. Ward. 2019. Short-term movements and behaviour govern the use of road mitigation measures by a protected amphibian. *Animal Conservation* 22:285-296.
- McDonald, W., et C. C. St Clair. 2004. Elements that promote highway crossing structure use by small mammals in Banff National Park. *Journal of Applied Ecology* 41:82-93.
- McGregor, R. L., D. J. Bender, et L. Fahrig. 2008. Do small mammals avoid roads because of the traffic? *Journal of Applied Ecology* 45:117-123.
- Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. 2018. Plan biodiversité.
- ONEMA. 2015. ICE. Informations sur la continuité écologique. Protocole de terrain pour l'acquisition des données. *Page Guide technique*.
- van der Ree, R., J. A. G. Jaeger, E. A. van der Grift, et A. P. Clevenger. 2011. Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: Road ecology is moving toward larger scales. *Resilience Alliance*.
- Seiler, A. 2003. The toll of the automobile : wildlife and roads in Sweden. *Swedish University of Agricultural Sciences*.
- Sordello, R., L. Billon, J. Amsallem, et S. Vanpeene. 2017. Bilan technique et scientifique sur l'élaboration des Schémas régionaux de cohérence écologique. Méthodes d'identification des composantes de la TVB. *Centre de ressources TVB*.
- Spellerberg, I. F. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Page Global Ecology and Biogeography Letters*.
- Testud, G., C. Fauconnier, D. Labarraque, T. Lengagne, Q. Le Petitcorps, D. Picard, et C. Miaud. 2020. Acoustic enrichment in wildlife passages under railways improves their use by amphibians. *Global Ecology and Conservation* 24:e01252.
- Testud, G., et C. Miaud. 2018. From Effects of Linear Transport Infrastructures on Amphibians to Mitigation Measures. *Page Reptiles and Amphibians. InTech*.
- Vanpeene-Bruhier, S., et J. Amsallem. 2014. Schémas régionaux de cohérence écologique : les questionnements, les méthodes d'identification utilisées, les lacunes. *Sciences Eaux & Territoires* 14:2-5.
- Vanpeene, S., R. Sordello, J. Amsallem, et L. Billon. 2017. Bilan technique et scientifique des Schémas régionaux de cohérence écologique. Méthodologies d'identification des obstacles et d'attribution des objectifs.



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

