



HAL
open science

Analyse diachronique de dossiers de demandes de dérogations d'espèces protégées dans le cadre de différents projets routiers dans l'Allier

Philippe Bourgogne

► **To cite this version:**

Philippe Bourgogne. Analyse diachronique de dossiers de demandes de dérogations d'espèces protégées dans le cadre de différents projets routiers dans l'Allier. Sciences de l'environnement. 2019. dumas-02449066

HAL Id: dumas-02449066

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02449066>

Submitted on 22 Jan 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

<p>Année universitaire : 2018 - 2019</p> <p>Spécialité : Génie de l'environnement</p> <p>Spécialisation (et option éventuelle) : Préservation et aménagement des milieux - Écologie quantitative</p>	<p>Mémoire de fin d'études</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage</p> <p><input type="checkbox"/> de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage</p> <p><input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)</p>
--	---

Analyse diachronique de dossiers de demandes de dérogations d'espèces protégées dans le cadre de différents projets routiers dans l'Allier

Par : Philippe BOURGOGNE



© Biotope

Soutenu à Rennes le 20/09/2019

Devant le jury composé de :

Président : Jaques HAURY

Maître de stage : Etienne HUBERT

Enseignant référent : Ivan BERNEZ

Autres membres du jury : Pascal Brérat DREAL Bretagne

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation

«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»

disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



Remerciements

J'aimerais tous d'abord remercier toute l'équipe de Biotope AURA de m'avoir accueillie et accompagnée durant ces 6 mois de stages au sein de cette très belle équipe. Un grand merci particulier à mon maître de stage, Étienne Hubert, pour sa maîtrise naturaliste et rédactionnel de dossiers réglementaire qu'il a essayé de me transmettre durant ce stage. Même si je ne suis pas encore à ta hauteur, j'ai pu grâce à toi m'améliorer fortement dans ces domaines. Un merci également à mes collègues qui m'ont accompagné sur le terrain et qui ont su répondre à mes questions tout au long de ce stage.

Je remercie également, Ivan Bernez, mon tuteur de stage qui a su répondre à mes questions et m'accompagner dans la rédaction de ce rapport. J'en profite pour élargir mes remerciements à l'ensemble de l'équipe pédagogique qui m'a accompagné tout au long de cette spécialisation et qui m'a permis d'arriver jusqu'ici aujourd'hui. Également, un grand merci à l'ensemble des GE et PAM-EQ avec qui j'ai passé de très bons moments et appris énormément durant cette année.

Enfin, un merci particulier pour ma mère qui m'a aidé dans la relecture du rapport.

Sommaire

INTRODUCTION	3
1. Un développement important des Infrastructures de Transport Terrestre (ITT) en France ..	3
2. Impacts des infrastructures routières sur la biodiversité.	3
3. Prise en compte de la biodiversité dans les projets d'aménagement	4
MATERIELS ET METHODES	6
1. Notions de dossiers de demande de dérogations	6
2. Zone d'étude et comparaison générale des différents projets choisis pour l'analyse.....	6
3. Méthode d'analyse	8
4. Limites méthodologiques.....	10
RESULTATS.....	11
1. Comparaison des enjeux écologiques des projets	11
2. Comparaison des mesures.....	15
3. Impact brut des projets et mesures compensatoires.....	18
4. Avis des autorités environnementales	19
5. Bilans des suivis écologiques en phase travaux et exploitation (CSO et A719).....	20
DISCUSSION	21
1. Inventaires et comparaison des enjeux des espèces	21
2. Des impacts des projets à une gestion adaptée en phases de conception et d'exploitation	24
3. Mesures préconisées en phase travaux, de compensation et de suivi.....	29
CONCLUSION	32
REFERENCE.....	34
ANNEXES	43

Table des illustrations et des annexes

Figures

Figure 1 : Localisation des différents projets routiers analysés dans l'Allier.....	7
Figure 2 : Présentation du nombre d'espèces contactées par groupe taxonomique dans les différents projets analysés	12
Figure 3 : Régression linéaire simple de l'évolution dans le temps de l'indice de prospection par hectare (ha) selon les différents projets	13
Figure 4 : Projection du cercle de corrélation des variables des deux premières dimensions d'une ACP..	16
Figure 5 : Graphique des individus de l'ACP projetée dans les deux dimensions étudiées.....	17
Figure 6: Bilan des impacts et mesures de compensations par projets	18

Tableaux

Tableau 1: Historique des différents projets et maître d'ouvrage responsable du projet.	7
Tableau 2 : Présentation des caractéristiques générales de différents projets d'aménagement routier situé dans l'Allier	11
Tableau 3 : Bilan des inventaires écologiques des différents projets analysés.....	12
Tableau 4 : Bilan des espèces protégées à enjeux moyens à majeurs présents selon leurs enjeux dans les différents projets analysés.....	14
Tableau 6 : Bilans des commentaires principaux de l'autorité environnement (AE), du CSRPN Auvergne Rhône-Alpes et du CNPN.....	19

Annexes

Annexe I : Objectifs permettant d'être éligible à une dérogation à la protection des espèces protégées (article L411-2, 4° du code de l'environnement.).....	43
Annexe II : Exemple de la démarche à effectuer pour déterminer si un dossier est soumis à une demande de dérogation espèce protégée en région Ile de France.	44
Annexe III: Contenu d'un dossier de demande de dérogation espèces protégée dans le cadre d'un projet....	45
Annexe IV : Nom commun et latin des espèces présentées dans le dossier	46
Annexe V : Détails des protocoles de déterminations des enjeux selon les projets.	48
Annexe VI : Année de publication des documents de références des Listes Rouges Régionales et Nationales par taxon	49
Annexe VII : Mesures d'évitement et de réductions de la phase de conceptions présentée dans le dossier CNPN.....	50
Annexe VIII : Mesures de réductions de la phase travaux présentés dans le dossier CNPN	51
Annexe IX : Mesures de réductions de la phase d'exploitation présentée dans le dossier CNPN	53
Annexe X : Bilan des mesures compensatoires proposées pour chaque projet dans les dossiers CNPN	54

Annexe XI : Mesure d'accompagnement proposée dans les dossiers CNPN des différents projets analysés	55
Annexe XII : Mesures de suivis proposées dans les dossiers CNPN des différents projets analysés56
Annexe XIII: Bilans des années et instances ayant donné leurs avis sur les dossiers des différents projets analysés57
Annexe XIV : Bilan des suivis écologiques effectués dans le cadre des projets CSO et A71958

Liste des abréviations

A719 : Projet de l'A719 entre Gannat et Vichy

ACP : Analyse à Composante Principale

AE : Autorité environnementale

Blvd : Troisième tranche du projet de boulevard urbain de Vichy

CNO : Contournement Nord-Ouest de Vichy

CNPN : Conseil National de Protection de la Nature

CSO : Contournement Sud-Ouest de Vichy

CSRPN : Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel

DREAL : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

ERC : Eviter, Réduire, Compenser

ITT : Infrastructures de Transport Terrestre

LOTI : loi d'orientation des transports intérieurs

LPO : Ligue de Protection des Oiseaux

LRN : Liste Rouge Nationale

LRR : Liste Rouge Régionale

PNA : Plan national d'Action

RD : route départementale

RN7 : Projet de déviation de Villeneuve-sur-Allier

SDRN : schémas directeurs routiers nationaux

SRADT : schémas régionaux d'aménagement et de développement du territoire

Introduction

1. Un développement important des Infrastructures de Transport Terrestre (ITT) en France

Dans les années 1950, face aux besoins de reconstruction et à l'intensification prévisible des échanges par l'avènement du marché commun, l'État lance un vaste programme de construction d'autoroutes (Vie Publique 2005). Dans un pays tel que la France, doté d'institutions centralisées, le rééquilibrage du territoire est progressivement vu comme une priorité nationale. Parmi les mesures mises en œuvre, la modernisation des infrastructures de transport est une constante qui se traduit concrètement par le lancement de grands travaux routiers (Bérion *et al.* 2007). À partir de la fin des années 1980, la construction d'axes transversaux évitant Paris est programmée par les schémas directeurs routiers nationaux (SDRN), documents d'orientation de la politique de la route prévue par la loi d'orientation des transports intérieurs (LOTI), visant la complémentarité des différents réseaux routiers et autoroutiers et le respect des contraintes d'aménagement du territoire. Pour faciliter la recherche de la complémentarité entre les différents réseaux routiers, la loi d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire du 25 juin 1999 prévoit l'établissement de schémas régionaux d'aménagement et de développement du territoire (SRADT), documents d'orientation établis par la région après avis des départements, définissant les objectifs à moyen terme de localisation des infrastructures pour le territoire régional (Vie Publique 2005). Les infrastructures sont généralement considérées comme favorisant le développement économique et social d'un territoire (Bérion *et al.* 2007; Kpemoua 2016). Cependant, des avis divergent à ce propos, le doute sur l'automatisme des effets positifs des grands ouvrages de transport est apparu en France au cours des années 1970, soit dix à quinze ans après le démarrage de la construction du réseau autoroutier (Bérion *et al.* 2007). Par ailleurs, la qualité de l'offre de transport reste un argument de compétitivité économique et territoriale important (Rietveld & Vickerman 2003). De plus, l'encombrement routier continue à progresser malgré le développement des ITT. Entre 2006 et 2017, l'encombrement routier en milliers d'heures par kilomètre de file de circulation a doublé (Azuar *et al.* 2018).

Les infrastructures routières risquent donc d'augmenter encore. D'ici 2050, l'infrastructure routière mondiale devrait avoir augmenté d'environ 60% par rapport aux niveaux de 2010 (Dulac 2013).

2. Impacts des infrastructures routières sur la biodiversité.

Les ITT marquent les territoires qu'elles traversent. Elles induisent des effets notables sur l'économie et l'aménagement locaux, sur les paysages, sur la santé des populations, sur les usages locaux de la nature (agriculture, sylviculture, chasse) ainsi que sur la biodiversité. Elles sont en interaction directe et forte avec la biodiversité du fait de leurs dimensions importantes, de leurs usages et des effets indirects qu'elles induisent (Vandeveld 2013). Plus largement, l'artificialisation des sols dans le cadre de l'aménagement du territoire et plus généralement les pressions anthropiques sur les milieux naturels a des effets directs sur le déclin de la biodiversité (Butchart *et al.* 2010). En France, plus de 1000 ha de sols naturels ou semi naturels s'artificialisent chaque année et 73 % des habitats naturels seraient dans un état de conservation défavorable (Observatoire National de la Biodiversité 2018). Les transports ont été identifiés comme l'une des dix principales pressions sur la biodiversité (Maxwell *et al.* 2016). Plusieurs impacts des ITT

sont démontrés (Clevenger *et al.* 2003; Vandavelde *et al.* 2012). Tout d'abord, des impacts directs tels que la destruction d'habitats, la fragmentation des milieux, la dégradation de l'habitat et l'artificialisation des sols (Iuell 2003; de Redon 2008). Par ailleurs, des impacts indirects sont également démontrés tels que le développement de nouvelles zones d'activités (Forman *et al.* 2003), la destruction par collision et le dérangement occasionné pour la faune (Forman & Alexander 1998; Ceia-Hasse *et al.* 2018), la dispersion des espèces exotiques (Gelbard & Belnap 2003) ou enfin l'épuisement de population (Beebee 2013; Teixeira *et al.* 2017). Les espèces ayant une vie lente et de vastes domaines vitaux seraient particulièrement touchées par les routes (Rytwinski & Fahrig 2013; Ceia-Hasse *et al.* 2018). Les effets des routes ne sont pas linéaires et dépendent des caractéristiques fonctionnelles de l'espèce et des contextes route-habitat (Medinas *et al.* 2019). Ces impacts vont bien au-delà de l'emprise même, près de 20% de la superficie des pays industrialisés seraient affectés par les impacts négatifs des routes et autoroutes (Forman *et al.* 2003). Cependant, les infrastructures routières pourraient également avoir des intérêts potentiels pour la biodiversité. En effet, il a été montré qu'elles pouvaient favoriser des corridors potentiels, voire être des refuges dans certains paysages très artificialisés (Le Viol 2009; Penone *et al.* 2012; de Redon *et al.* 2015).

D'un point de vue écologique, il est admis que les effets négatifs des ITT dépassent très largement leurs effets positifs et qu'ils ont été longtemps ignorés, au nom du développement économique et de la compétitivité (Vandavelde *et al.* 2012). Au vu des enjeux, il devient nécessaire que les gestionnaires d'ITT rendent leurs réseaux le plus respectueux possible des écosystèmes traversés (Boitani *et al.* 2007; Finka *et al.* 2019).

3. Prise en compte de la biodiversité dans les projets d'aménagement

Des instruments d'action publique émergent pour intégrer ce type d'enjeux à l'aménagement du territoire. C'est le cas de la séquence Eviter-Réduire-Compenser (ERC) qui a pour but d'annuler les impacts négatifs de projets, plans et programmes, relatifs à l'aménagement du territoire, sur l'environnement (Bigard 2018). Cette séquence est apparue en 1976 en France dans la loi pour la protection de la nature et constitue un instrument qui a pour but de concilier aménagement et environnement dans un système qui recherche un nouveau modèle de développement n'opposant plus l'économie et la nature. Elle a été précisée et développée par les réglementations et documents de cadrages suivant :

- La réglementation sur les études d'impacts (Loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature et le décret d'application associé du 12 octobre 1977, confirmée par la directive européenne 85/337/CEE) ;
- La réglementation sur les sites Natura 2000 (article L 414 1 et 2 du Code de l'environnement, suite à la transposition des directives européennes « Oiseaux » 79/409/CEE et habitats-faune-flore 92/43/CEE) ;
- La réglementation relative aux espèces protégées (article L 411 du Code de l'environnement) ;
- La réglementation sur la trame verte et bleue nationale (article L 371-1 et suivants du code de l'environnement, codifiés suite à la loi dite Grenelle 2) ;

- Une doctrine sur la séquence « ERC » (2012) (MEDDE 2012) ;
- Les lignes directrices sur la séquence (2013) (Albertini *et al.* 2013) ;
- Un socle législatif et réglementaire rénové par la loi biodiversité en 2016 ;
- Le Guide d'aide à la définition des mesures ERC 2018 (Alligand *et al.* 2018) ;
- Le Guide d'aide au suivi des mesures ERC 2019 (Thievent *et al.* 2019) ;
- Un guide d'instruction des dérogations aux interdictions visant les espèces protégées (dossier CNPN) (art. L411-2 du code de l'environnement) (Chatelain 2019).

Ces documents ont permis de donner un cadre à la mesure ERC ainsi que de pallier les difficultés de compréhension dans une volonté d'avoir une application homogène au niveau national.

On note donc qu'aujourd'hui les ITT sont très présents en France et continuent à se développer. Or ils ont de forts impacts sur la biodiversité. Ces impacts sont récemment pris en compte dans la séquence ERC pour rendre ces ITT moins impactantes pour la biodiversité. La qualité des mesures ERC dépend donc de la vertu des infrastructures en matière de biodiversité. On se demande donc : quels sont les enjeux et mesures ERC à appréhender pour un nouveau projet d'infrastructure ? Y a-t-il eu une évolution dans le temps de la prise en compte de la biodiversité dans les projets d'aménagement routier dans l'Allier ? Est-il possible de conclure à des mesures minimales à mettre en place pour un projet routier ?

Afin de répondre à ces problématiques, les hypothèses suivantes ont été identifiées :

- Les projets routiers analysés dans l'Allier présentent des enjeux écologiques proches et proportionnels à la taille du projet ;
- On observe une évolution temporelle de la prise en compte de la biodiversité dans les projets concernant l'évaluation des enjeux écologiques et des mesures mises en place ;
- Les avis des autorités environnementales permettent d'identifier les points les plus sensibles des dossiers CNPN ;
- Des mesures présentes dans tous les dossiers peuvent être considérées comme universelles et donc être mises en place pour tous les projets d'infrastructures routiers.

Nous allons dans ce rapport nous concentrer sur des dossiers de projets routiers qui ont lieu dans le département de l'Allier. Cette zone d'étude est particulièrement intéressante, car plusieurs projets routiers ont été effectués depuis ces 10 dernières années dans une zone restreinte. Ces projets ont été choisis par leurs proximités géographiques, leurs chronologies ainsi que leurs types. En effet, ce sont tous des projets routiers qui ont eu lieu dans l'Allier durant ses 10 dernières années. Nous nous concentrons ici sur l'analyse des dossiers CNPN, car ceux-ci sont disponibles publiquement et donc plus facilement accessibles. Pour répondre à ces problématiques, nous avons tout d'abord comparé les caractéristiques écologiques des projets. Nous avons ensuite comparé les mesures ERC mises en place. Enfin, ont été analysés les avis des autorités environnementales et les bilans des suivis écologiques.

Matériels et méthodes

1. Notions de dossiers de demande de dérogations

Afin de comprendre l'évolution de la prise en compte des espèces protégées dans les projets d'aménagement routiers, les dossiers étudiés sont des dossiers de demande de dérogations espèces protégées. La loi de protection de la nature 1976 a fixé les principes et les objectifs de la politique de protection de la faune et de la flore sauvages en France. Cette loi a conduit à déterminer les espèces protégées en droit français, qui sont les espèces animales et végétales figurant sur les listes fixées par arrêtés ministériels, en application du code de l'environnement (article L. 411-1 et 2). Le code de l'environnement et ces arrêtés prévoient l'interdiction de porter atteinte aux spécimens de ces espèces et pour certaines, à leurs habitats de reproduction et de repos. Ils s'imposent à tout responsable de projet, activité à buts scientifiques ou projet d'aménagement.

Il est possible, dans certaines conditions, de solliciter une dérogation à la protection des espèces. L'article L.411-2 du Code de l'environnement instaure la possibilité de déroger à l'interdiction de porter atteinte aux espèces protégées. Les articles R.411-1 à R.411-14 du Code de l'environnement et l'arrêté ministériel du 19 février 2007 précisent les conditions de demande de dérogation et d'instruction du dossier. Ainsi, trois conditions sont strictement nécessaires pour qu'une dérogation soit accordée :

- Que le projet corresponde à l'un des 5 cas mentionnés au 4° de l'article L. 411-2 (Annexe I). Dans les dossiers étudiés ici, cela correspond au cas concernant les projets d'intérêts publics majeurs ;
- Qu'il n'y ait pas d'autre solution satisfaisante ayant un moindre impact ;
- Que la dérogation ne nuise pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle.

Les détails de la démarche à effectuer pour déterminer si un dossier est soumis à une demande de dérogation espèce protégée sont présentés dans l'Annexe II. Tout dossier de demande de dérogation comprend généralement 8 parties détaillées en Annexe III (Chatelain 2019). Un avis est sollicité auprès d'une instance consultative, qui diffère selon le type de demande. Pour les projets d'aménagements soumis à étude d'impact, un avis simple du Conseil national de la protection de la nature (CNPN) et de l'Autorité environnementale (AE) (par rapport à l'étude d'impact) a lieu. Pour les autres demandes, un avis simple du Conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN) est effectué, sauf cas particulier dispensé d'avis. Concernant les projets d'aménagements (soumis ou non à étude d'impact), ils font l'objet d'une consultation du public parallèlement à toutes les demandes de dérogation.

2. Zone d'étude et comparaison générale des différents projets choisis pour l'analyse

Les projets analysés dans cette étude sont situés dans le département de l'Allier dans deux zones principales (Villeneuve-sur-Allier et Vichy). Cinq projets de différents types (autoroute, route et boulevard), de différentes tailles et construits à différentes périodes ont été analysés (Figure 1). Le projet de RN7, Déviation de Villeneuve-sur-Allier (RN7) est le seul projet dans la zone de Villeneuve-sur-Allier.

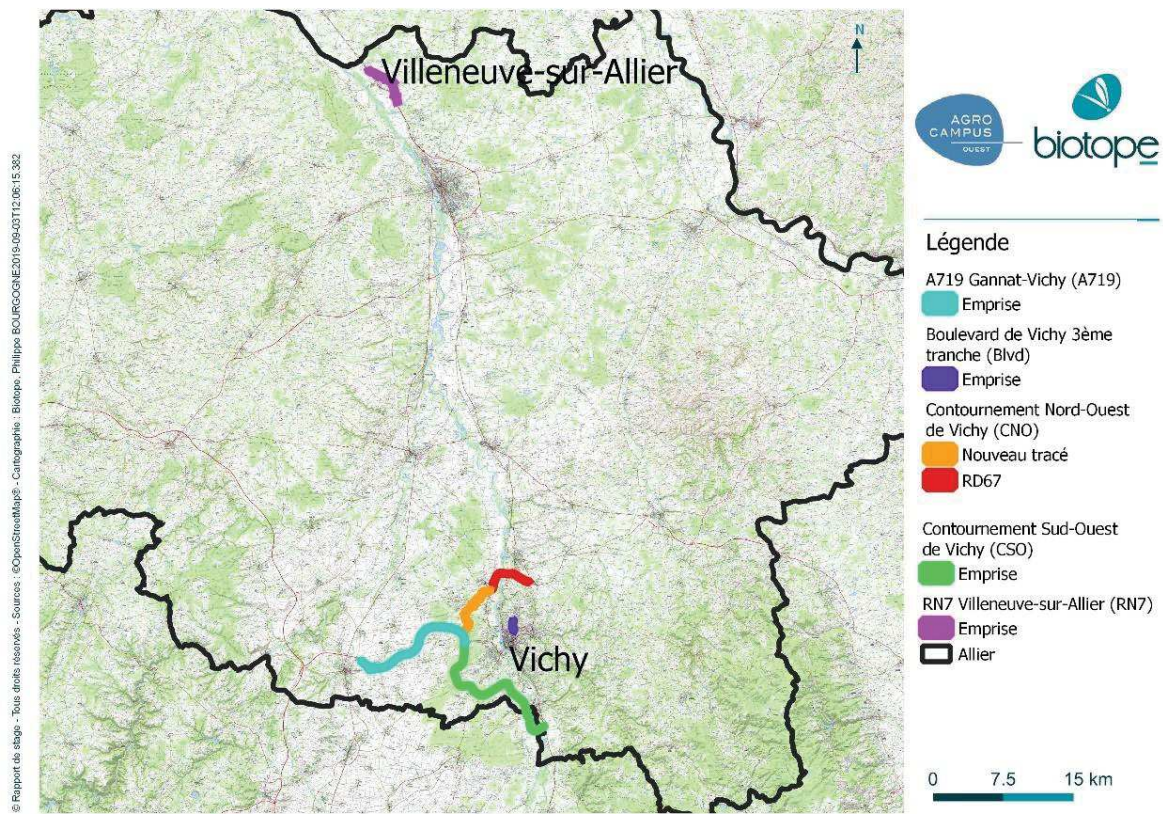


Figure 1 : Localisation des différents projets routiers analysés dans l'Allier

Les quatre autres projets constituent tous une amélioration de la desserte de la ville de Vichy. Le projet le plus ancien est celui de l'A719 Gannat / Vichy (A 719) qui est un projet d'autoroute entre Gannat et Vichy. Un premier tronçon de cette autoroute a été ouvert en 1997. Nous étudions ici seulement son prolongement entre Gannat et Vichy qui a été finalisé en janvier 2015 afin de désenclaver l'agglomération de Vichy (Tableau 1). Deux autres projets concernent le contournement Ouest de Vichy. Le projet CSO a été conçu en deux temps. Les travaux ont démarré en 2011 et la livraison était prévue pour fin 2013. Cependant le projet a été arrêté à la suite d'un non-respect des contraintes environnementales. Une nouvelle phase d'inventaire et de reprise du dossier a été mise en place afin de permettre la reprise des travaux dans les règles en 2014 pour une ouverture début 2016. Dans notre étude nous séparerons donc le projet de CSO en deux dossiers CNPN, le premier dossier à l'origine de la première autorisation (CSO 1) et le second dossier après la mise à jour des inventaires et des mesures environnementales qui a abouti à l'autorisation de 2013 (CSO 2).

Tableau 1: Historique des différents projets et maître d'ouvrage responsable du projet.

	A719	CSO	Bld	RN 7	CNO
Étude préliminaire faune flore	2003-2004	2004 et 2006	2011	2009 et 2011	2001 et 2002 et 2012
Inventaire supplémentaire	2010 / 2011	2011 et 2013	2017 / 2018	2012	2018 / 2019
Date dossiers finaux	12/04/2012	05/10/2013	01/2019	20/06/2014	NA
Mise en service	Janvier 2015	Février 2016	Mi 2020	Début 2020	2025
Maître d'ouvrage	APRR	Conseil Général de l'Allier	Vichy Communauté	DREAL Auvergne-Rhône-Alpes	DREAL Auvergne Rhône Alpes

Le projet CNO quant à lui est une route en projet reliant l'A719 et le giratoire des départementales 6 et 67, dit « de la Goutte », sur la commune de Saint-Rémy-en-Rollat. Il comprend aussi la réutilisation de la RD 67, ouverte à la fin des années 1990, jusqu'au rond-point de Creuzier-le-Neuf. Six variantes ont été étudiées, la variante sélectionnée est en cours d'étude d'impact. Le dépôt du dossier CNPN est prévu courant d'année 2020. Enfin, le dernier projet analysé ici est le projet d'aménagement de la troisième tranche du boulevard urbain de Vichy sur les communes de Vichy et Cusset (liaison nord) (Blvd). Cette troisième tranche fait partie d'un projet de boulevard Est en zone urbaine consistant à fluidifier la circulation routière autour des communes de Vichy et de Cusset. Les tranches 1 et 2 ont été respectivement inaugurées en 2013 et 2017. Seule la troisième tranche dont les travaux ont commencé mi 2019 est intégrée dans cette analyse. On note que la plupart des projets sont portés par des maîtres d'ouvrage différents. Chaque maître d'ouvrage peut avoir une sensibilité environnementale ainsi qu'une prise en considération des conseils des bureaux d'études spécifiques qui peuvent influencer la qualité des dossiers.

3. Méthode d'analyse

a. Comparaison des caractéristiques générales et des enjeux écologiques des projets

Les caractéristiques globales des projets et les enjeux écologiques ont été extraits des dossiers de demande de dérogation espèces protégée (CNPN) respectifs aux projets. Pour chaque projet, les dossiers finaux ont été utilisés (Tableau 1) sauf pour le projet CSO comme développé précédemment. Pour le projet de CNO, le dossier CNPN n'étant pas finalisé, l'état initial du dossier d'étude d'impact (volet milieux naturels) a donc été utilisé (version 15, juillet 2019). Pour les caractéristiques générales des projets, les critères principaux sélectionnés ont été : le type de projet, la longueur du projet (km), la surface d'emprise (ha), la surface d'aire d'étude (ha) (élargie/rapprochée) et le coût des infrastructures. Concernant les surfaces d'emprise, celles-ci n'étant pas toujours disponibles pour tous les projets, elles ont été calculées sous QGIS (*Equipe de développement de QGIS* 2019). Les aires d'études présentées dans les dossiers CNPN ont été géoréférencées sous QGIS puis redessinées pour calculer ensuite leurs surfaces. Pour certains projets, une aire d'étude élargie et rapprochée a été différenciée comme présenté dans les dossiers CNPN.

Concernant les données sur les inventaires, les données proviennent également des dossiers CNPN. Les nombres globaux d'espèces n'étant pas toujours disponibles directement, ils ont parfois été extraits des annexes ou d'extrapolation des listes d'espèces. Les nombres d'espèces présentes dans le département de l'Allier ont été extraits des bilans des inventaires 2016 et 2017 de la LPO Auvergne (Belenguier *et al.* 2016; Vrignaud & Duboc 2017; Préservons la nature 2019). Sachant que pour l'Allier, ne sont pas comptabilisés les crustacés, les hétérocères, les coléoptères et les poissons dû à un manque de disponibilité des données. Il faut garder à l'esprit que ce nombre ne correspond pas à un nombre total d'espèces présentes dans l'Allier, mais à un nombre d'espèces déterminées sur le département durant ces deux années. Afin d'alléger le document, l'ensemble des noms latins des espèces présentées dans ce rapport sont développé en Annexe IV.

Des indices de prospection par hectare ont été calculés en prenant le ratio entre le nombre de jours de prospection indiqués dans les dossiers CNPN sur la surface de l'aire d'étude rapprochée. Les dossiers

ont ensuite été classés par années. L'année 2012 étant l'année du projet le plus ancien (A719), elle a été considérée comme l'année de référence (année 0). Les autres projets ont donc été classifiés par rapport à l'année de leurs dossiers CNPN. Une régression linéaire simple de l'indice de prospection par ha selon l'année du projet a ensuite été réalisée.

Enfin, une comparaison des espèces à enjeux écologiques supérieurs ou égaux à moyen selon les projets a été effectuée. Un enjeu écologique est une valeur attribuée à une espèce. Il est défini d'après plusieurs critères tels que les statuts de rareté et menace à différentes échelles géographiques. Les méthodologies d'évaluation des enjeux écologiques utilisés pour chaque projet sont très différentes selon les dossiers CNPN (Annexe V). Les enjeux écologiques peuvent varier entre nul, négligeable, faible, moyen, fort et très fort. Concernant le projet A 719 seul l'enjeu national et régional a été pris en compte dans l'analyse. L'évaluation propre de chaque dossier a été laissée telle quelle, il faut donc prendre ces différences en compte lors de l'analyse des comparaisons. Afin de pouvoir comparer les espèces qui apparaissent dans les différents dossiers, lorsqu'une espèce apparaît avec un enjeu important dans plusieurs projets, celle-ci est notée dans les autres projets si elle a été identifiée même si son enjeu est faible. Enfin, un référencement des listes rouges nationales (LRN) et régionales (LRR) a été effectué afin d'analyser un éventuel impact de ces listes rouges sur l'évaluation des enjeux écologiques dans les différents projets (Annexe VI).

b. Comparaison des mesures

Dans chaque dossier CNPN sont présentées des mesures d'Évitement de Réduction, de Compensation, d'Accompagnement et de Suivis. Les mesures d'Évitement ont été séparées en trois groupes de mesure (phase de conception, de travaux et d'exploitation). Afin d'homogénéiser la façon de présenter les mesures, cette catégorisation a été utilisée pour tous les projets. Pour chaque type de mesures, un tableau présentant les mesures proposées en fonction des projets a été effectué (Annexe VII, VIII, IX, X, XI et XII). Chaque mesure a également été comparée avec les mesures présentées dans le Guide d'aide à la définition des mesures ERC du Cerema (Alligand *et al.* 2018). Ensuite, pour chaque type de mesures, ont été calculés le nombre total de mesures et le nombre de mesures uniques pour chaque projet. Les mesures uniques correspondent aux mesures qui sont proposées seulement dans le dossier CNPN d'un projet. L'ensemble de ces données ainsi que la surface des aires d'étude et d'emprise, du nombre d'espèce protégée ou non inventoriée ont été intégrées dans une Analyse à Composante Principale (ACP). L'ACP a été fait avec Rstudio (R Core Team 2017) et particulièrement le package Rcmd et le plugin FactoMineR (Le *et al.* 2008; Fox & Bouchet-Valat 2017). Un graphique des éboulis a tout d'abord été effectué pour sélectionner le nombre de dimensions à analyser. Ici l'ensemble de l'information est regroupé dans les deux premières dimensions. Ensuite l'ACP a été effectuée en intégrant en variable illustrative l'année des projets. Seules les variables avec un \cos^2 supérieur à 0,7 ont été affichées dans l'ACP. Enfin pour le projet CNO, les données n'étant pas disponibles concernant les mesures, ce projet n'a pas été intégré dans cette analyse.

c. Impacts bruts des projets et mesures compensatoires

Outre les mesures proposées pour chaque projet, les impacts bruts du projet sont identifiés ainsi que les mesures compensatoires nécessaires. Une comparaison de ces impacts bruts et de ces mesures a été

effectuée dans le cadre de ce rapport afin d'appréhender les spécificités de ces paramètres selon les différents projets dans le temps.

d. Avis des autorités environnementales

Comme développé dans la partie notion de dossier de demande de dérogations, chaque projet selon son importance peut être soumis à évaluation environnementale par différents organismes : le CNPN, le CSRPN et l'autorité environnementale. Bien que les avis de l'autorité environnementale diffèrent un peu des autres, car portant sur le dossier d'étude d'impact et non sur les dossiers CNPN ils ont été pris en compte afin d'avoir un ensemble plus important d'avis. L'ensemble des avis de ces trois organismes pour chaque projet ont été étudiés. Ces avis ont été récupérés soit en interne par Biotope pour les projets CSO et A719 soit via la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes pour le projet RN7 et Blvd. Concernant le projet CSO tous les avis n'ont pas pu être récupérés, car certains avis du CNPN ne sont pas disponibles en ligne due à une ancienneté trop importante du projet. Pour chaque avis, les remarques ont été catégorisées en trois groupes : remarques générales sur le dossier ou projet, remarques sur les inventaires et remarques sur les mesures. Dès qu'une remarque était similaire pour plusieurs projets, elle était notée pour tous les projets qui la concernaient.

e. Bilans des suivis écologiques

Les projets A719 et CSO ont été finalisés respectivement en 2015 et 2016. Un suivi écologique a été effectué sur les deux projets à partir du début des travaux. Pour notre analyse nous avons utilisé le bilan intermédiaire 2010/2015 des suivis écologiques de l'A719 réalisé par Biotope et le bilan 2013/2018 des suivis écologiques de CSO réalisé par le bureau d'étude Sciences environnement (Biotope 2016; Sciences Environnement 2018). Pour chaque taxon étudié, les commentaires et remarques principales ont été sélectionnés afin d'avoir un point de vue sur l'évolution des espèces présente et sur l'efficacité des mesures mises en place.

4. Limites méthodologiques

Les limites méthodologiques de ce projet sont tout d'abord le fait que seuls cinq projets ont été analysés. Ils ne sont donc pas représentatifs de tous les projets nationaux et permettent d'avoir une vision qualitative et non quantitative. De plus, ces projets bien que dans la même zone géographique sont très différents étant donné leurs types (autoroute, route et boulevard) et dû à leurs tailles (de 1,5 km à 18,6 km). Ces différences peuvent avoir un impact sur les inventaires effectués et sur la mise en place de mesure. Par ailleurs, tous les dossiers CNPN analysés n'étaient pas toujours rédigés de la même façon. Des spécificités de rédactions et de précision variaient entre les projets limitant parfois la comparaison entre les projets. Enfin, concernant les enjeux écologiques des différents projets, chaque projet a utilisé une méthodologie spécifique de détermination des enjeux écologique avec des critères spécifiques. Il est donc important de garder un avis critique sur la comparaison de ces enjeux.

Résultats

1. Comparaison des enjeux écologiques des projets

a. Contexte écologique global

Les projets étudiés dans cette analyse ont des caractéristiques spécifiques qui vont pouvoir influencer l'analyse (Tableau 2). Le nombre de voies, la longueur du projet, la surface d'emprise par exemple. Ces caractéristiques peuvent avoir une influence sur les inventaires du projet ainsi que sur la qualité du dossier CNPN. On observe que le projet avec la plus grande longueur et la surface d'emprise la plus importante est le projet A719 suivi de CSO, RN7, CNO puis Blvd.

Tableau 2 : Présentation des caractéristiques générales de différents projets d'aménagement routier situé dans l'Allier, NA correspond à une absence de disponibilité des données

	A719	CSO	Blvd	RN 7	CNO
Type de projet	2x2 voies	2x1 voie	2 x 1 voies, bandes plantées, piste cyclable	2*2 voies	2x1 voies
Longueur du projet (km)	14	18,6	1,5 km (1 de réaménagement de voie et 0,5 de nouveau tracé)	7	6,5 km (2x1) + 5,5km (Homogénéisation de la RD67)
Surface d'emprise (ha)	95	62	1,22	49	25
Surface d'aire d'étude (ha) (élargie/rapprochée)	4500 / 488	1900	69 / 24	450	2170 / 245
Coût	100 millions d'euros	80 millions d'euros	NA	56 millions d'euros	60 à 70 millions d'euros

Afin de pouvoir comparer correctement les différents projets, il est important de connaître le contexte écologique des projets et de la zone géographique qui les concerne, ici l'Allier. Nous observons une diversité d'espèces animales et végétales inventoriées assez variable selon les projets (Tableau 3). La diversité inventoriée est la plus faible pour le projet Blvd alors qu'elle est la plus forte pour le projet CNO. On observe que le projet CSO malgré sa taille importante a une diversité animale assez faible. La mise à jour des inventaires du projet CSO permet une précision des inventaires et notamment une augmentation du nombre d'espèces animales présentes ainsi qu'une diminution des espèces animales protégées. Seul le projet CNO est concerné par la présence d'une espèce végétale protégée. Comparé aux données de l'Allier, une proportion de plus de 50 % d'espèces animales inventoriées a été trouvée pour CNO alors qu'elle est que de 12% pour Blvd. Pour les espèces végétales, la proportion est plus faible, les projets les plus riches ont seulement 23 % de la diversité végétale de l'Allier. Sachant que concernant les données du nombre d'espèces animales de l'Allier, ne sont pas comptabilisés les crustacés, les hétérocères, les coléoptères et les poissons dû à un manque de disponibilité des données. Le projet de RN 7 se distingue des autres par rapport à son faible nombre d'espèces végétales par rapport au nombre d'espèces animales.

Tableau 3 : Bilan des inventaires écologiques des différents projets analysés (NA correspond à des données non disponibles ou non trouvées). * sources des données de l'Allier : (Belenguier, Brugerolle, Riols 2016; Vrignaud, Duboc 2017; Préservons la nature 2019).

	A719	CSO 1	CSO 2	Blvd	RN 7	CNO	Allier
Nombres espèces animales	250	200	209	64	221	291	541*
Nombres espèces végétales	508	NA	NA	293	264	509	2177*
Nombre espèces animales protégées	101	102	99	36	104	131	NA
Nombre espèces végétales protégées	0	0	0	0	0	1	NA

Pour se rendre compte des différences d'inventaires entre les projets, une comparaison a été faite selon les taxons d'espèces animales (Figure 2). Cette comparaison montre tout d'abord que les oiseaux et les insectes ont été les plus inventoriés que les autres groupes peu importe les projets. Les plus grosses différences entre les projets concernent le nombre d'espèces d'insectes, de poissons et de chiroptères inventoriées. Les inventaires complémentaires de CSO ont entraîné une augmentation globale du nombre d'espèces inventoriées et principalement concernant les groupes des chiroptères, des poissons, des amphibiens et des insectes. À propos du nombre d'espèces protégées, le pourcentage moyen d'espèces protégées sur le nombre d'espèces inventoriées est de 66 %. Par rapport aux données de l'Allier, les inventaires des projets présentent un pourcentage d'espèce de reptiles et d'amphibiens inventorié presque équivalent aux nombres d'espèces présent dans l'Allier. Concernant les insectes, les mollusques et les oiseaux, ce pourcentage est plus faible. Sachant que les nombres déterminés pour le département de l'Allier correspondent aux nombres d'espèces identifiées dans les années 2016 et 2017 dans l'Allier sur faune Auvergne.

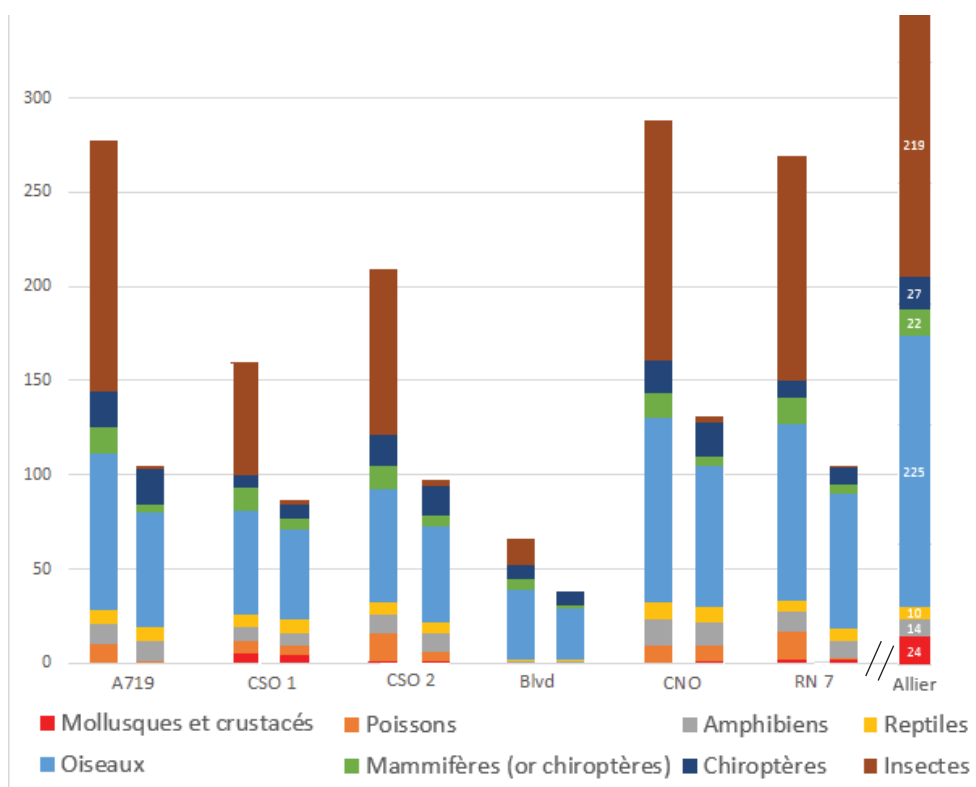


Figure 2 : Présentation du nombre d'espèces contactées par groupe taxonomique dans les différents projets analysés (la première colonne correspond au nombre d'espèces et la seconde au nombre d'espèces protégées)

Afin de comparer les efforts de prospections entre les différents projets, un indice de prospection par hectare a été calculé. Une régression linéaire simple a été faite pour observer si depuis les dix dernières années il y a eu une évolution de l'effort de prospection dans les projets (Figure 3). On observe que les deux projets avec l'indice d'effort de prospection le plus important sont les projets de CNO et Blvd qui sont les deux projets les plus récents. On obtient un coefficient de corrélation de 46 %, ce qui est assez faible, mais la droite montre une augmentation dans le temps de l'indice de prospection par ha. Il est à noter que même après les inventaires complémentaires, le projet de CSO a un indice de prospection bien plus faible que les autres projets.

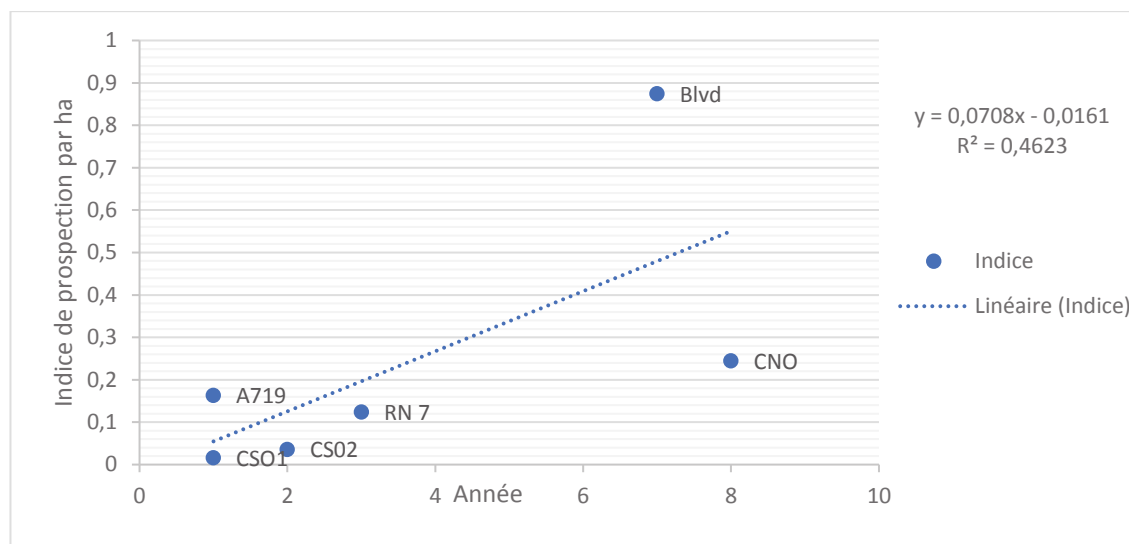


Figure 3 : Régression linéaire simple de l'évolution dans le temps de l'indice de prospection par hectare (ha) selon les différents projets

b. Espèces protégées et à enjeux moyens ou forts

Nous allons ici étudier les espèces qui ont des enjeux égaux ou supérieurs à moyen (Tableau 4). Nous allons principalement nous concentrer sur les espèces aux plus forts enjeux et sur les espèces inventoriées dans plusieurs projets. Cependant ces espèces peuvent avoir des enjeux différents selon les projets. Par exemple, le cuivré des marais est un papillon considéré à enjeux forts pour l'A719 et à enjeux moyens pour CNO. À propos des insectes, seuls l'Agriion de mercure et le Grand capricorne sont présents dans une majorité des dossiers. Concernant le projet CSO, on distingue une grande différence entre les deux dossiers. Des espèces présentes dans le premier ne sont pas présentes dans le second et inversement. De plus, pour certaines espèces présentes dans les deux dossiers, les enjeux ont pu avoir été réajustés comme pour le milan noir qui est passé d'un enjeu moyen à fort et l'Alouette lulu qui est passée d'un enjeu majeur à fort. Une différence d'enjeux entre les projets est observée dans tous les groupes, cela concerne vingt espèces (Cuivré des marais, Écrevisse à pattes blanches, Grande alose, Saumon atlantique, Triton crêté, le Triton palmé, la Loutre d'Europe, le Castor d'Eurasie, le Chat forestier, la Bondrée apivore, le Milan noir, le Bruant jaune, la Pie-grièche écorcheur, la Caille des blés, l'Alouette lulu, le Murin de Bechstein, la Barbastelle d'Europe, le Murin à oreilles échancrées, le Grand murin et le Murin à moustaches). Cela montre une forte disparité des classifications d'enjeux pour les mêmes espèces selon les projets et dans le temps. Bien que légèrement variable, globalement, les espèces aux enjeux les plus forts le sont dans tous les dossiers comme l'écrevisse à pattes blanches, la grande alose, le sonneur à ventre jaune, la rainette verte, la loutre d'Europe, le

castor d’Eurasie l’alouette lulu, le bruant jaune et le Murin de Bechstein par exemple. Seul l’azuré du serpolet espèce à enjeu majeur et identifié seulement sur le projet CSO 2 se distingue.

Tableau 4 : Bilan des espèces protégées à enjeux moyens à majeurs présents selon leurs enjeux (violet : majeurs et très fort, rouge : forts, vert : moyens, noir : faibles, mais espèces à enjeux pour les autres projets, à titre de comparaison) dans les différents projets analysés.

Groupe	A719	CSO 1	CSO 2	Blvd	RN 7	CNO
Insectes	Agrion de mercure ; Cuivré des marais	Agrion mercure, Grand capricorne	Azuré du serpolet, Agrion de mercure, Grand capricorne	NA	Pas d'enjeu d'écrit (Grand capricorne, l'Écaille chinée)	Cuivré des marais, Agrion de Mercure, Grand capricorne,
Mollusques et crustacés	0	Écrevisse à pattes blanches, Mulette épaisse	0	NA	Pas d'enjeu d'écrit	Écrevisse à pattes blanches (hors emprise)
Poissons	Truite de rivière, chabot	Grande alose, lamproie marine, saumon atlantique, vandoise, bouvière	Grande alose, lamproie marine, saumon atlantique, vandoise, bouvière	NA	Pas d'enjeu d'écrit (Lamproie marine)	Grande alose, Saumon atlantique, Lamproie marine (hors emprise)
Amphibiens	Sonneur à ventre jaune et triton crêté, rainette verte et crapaud calamite, grenouille rousse, triton palmé	Sonneur à ventre jaune, Crapaud commun, Grenouille agile, Grenouille rousse, Grenouille verte, Salamandre tachetée, Triton palmé	Sonneur à ventre jaune, Crapaud commun, Crapaud calamite, Grenouille agile, Salamandre tachetée, Triton palmé	Triton palmé	Pas d'enjeu d'écrit (Rainette verte, Triton crêté, crapaud calamite, triton palmé)	Sonneur à ventre jaune, Rainette verte et triton crêté, Grenouille rousse, triton palmé
Reptiles	Couleuvre verte et jaune	Couleuvre helvétique, coronelle lisse, couleuvre vipérine	Couleuvre helvétique, coronelle lisse	NA	Pas d'enjeu d'écrit Cistude d'Europe	Cistude d'Europe (hors emprise), couleuvre vipérine
Mammifères (or chiroptère)	Chat forestier, écureuil roux, loutre d'Europe	Chat forestier, Loutre d'Europe, Castor d'Eurasie, Muscardin, Musaraigne aquatique	Loutre d'Europe, Castor d'Eurasie, chat forestier	NA	Pas d'enjeu d'écrit	Loutre d'Europe et le castor d'Eurasie, Chat forestier
Avifaune						
Cortège des milieux boisés	Enjeu fort à moyen (Milan noir)	Enjeu fort à moyen (Bondrée apivore, milan noir)	Enjeu fort moyen (Bondrée apivore, Milan noir)	Enjeu faible (Verdier d'Europe)	Pas d'enjeu d'écrit	Enjeu moyen (Bondrée apivore, milan noir)
Cortège des milieux semi-ouvert	Enjeu fort à moyen (Pie-grièche écorcheur, bruant jaune)	Enjeu moyen (Pie-grièche écorcheur)	Enjeu moyen (Pie-grièche écorcheur)	Enjeu faible (Chardonneret élégant, Fauvette des jardins)	Pas d'enjeu d'écrit	Enjeu moyen (Bruant jaune, Pie-grièche écorcheur)
Cortège des milieux ouvert	Enjeu fort à moyen (Édicnème criard, caille des blés Alouette lulu)	Enjeu majeur à moyen (Alouette lulu, Édicnème criard)	Enjeu fort à moyen (Alouette lulu)	Enjeu faible	Pas d'enjeu d'écrit	Enjeu moyen (Caille des blés, Alouette lulu)
Milieux bâtis	Enjeu faible	Enjeu faible	Enjeu faible	Enjeu faible	Pas d'enjeu d'écrit	Enjeu faible

Groupe	A719	CSO 1	CSO 2	Blvd	RN 7	CNO
Cortège des milieux humides	Enjeu faible	Enjeu faible	Enjeu faible	Enjeu faible	Pas d'enjeu d'écrit	Enjeu faible
Chiroptères						
Cortège des milieux boisés	Enjeu fort à moyen (Murin de Bechstein, Murin à oreilles échancrées, Barbastelle d'Europe)	Enjeu à fort (Barbastelle d'Europe)	Enjeu fort à moyen (Barbastelle d'Europe, Murin à oreilles échancrées, Murin de Bechstein)	NA	Pas d'enjeu d'écrit	Enjeu fort à moyen (Murin de Bechstein, Barbastelle d'Europe, Murin à oreilles échancrées)
Cortège des milieux anthropique	Enjeu fort à moyen (Grand murin, Murin à moustaches)	Enjeu majeur à fort (Petit rhinolophe, Grand murin, Pipistrelle de Kuhl)	Enjeu fort à moyen (Grand murin, Pipistrelle de Kuhl, Murin à moustaches)	NA	Pas d'enjeu d'écrit	Enjeu moyen (Grand murin, Murin à moustaches)
Chiroptère en transit	Enjeu faible	Enjeu faible	Enjeu faible	Enjeu faible	Enjeu faible	Grand Rhinolophe

Afin d'essayer de comprendre les différences d'enjeux pour les mêmes espèces selon les projets, une analyse chronologique des documents des listes rouges national (LRN) et régional (LRR) a été effectuée (Annexe VI). À propos des LRN celles-ci ont été constituées à des dates assez variables, trois étaient constituées lors de la rédaction des dossiers CSO, A719 et RN7 (mammifère, oiseaux et orthoptère). Les quatre autres ont été publiés après 2014. De plus, celle des mammifères et des oiseaux ont été respectivement mises à jour en 2017 et en 2016. Concernant les LRR la majorité de celles-ci ont été constituées en 2004 sauf pour la flore et les oiseaux respectivement constitués en 2013 et 2010. Hormis la flore de 2013, toutes ces listes existaient donc lors de la rédaction de tous les projets. Concernant Blvd et CNO, les mises à jour des listes rouges publiées depuis 2014 ont dû être prise en compte en plus des LRR initiales.

2. Comparaison des mesures

Une fois les espèces inventoriées décrites et leurs enjeux déterminés, des impacts bruts par espèces sont déterminés. Ensuite, pour les espèces ayant des impacts supérieur ou égaux à moyen des mesures d'évitement et de réduction sont proposées dans les dossiers. Ces mesures sont complétées par des mesures de Compensation, d'Accompagnement et de Suivis pour les espèces ayant des impacts après mesures (impacts résiduels) supérieurs à faibles. Nous analysons ici le nombre de mesures proposées dans les dossiers de chaque projet selon différents paramètres comme l'année du projet, la taille des aires d'études et le nombre d'espèces protégées. Pour cela une ACP a été effectuée. Concernant les deux premières dimensions, le cercle de corrélation est intéressant, car il synthétise 89 % de l'information contenue dans le jeu de données (Figure 4). Les variables bien projetées permettent d'établir des liens entre elles. Seules les variables bien projetées c'est-à-dire avec un \cos^2 supérieur à 0,7 ont été affichées. La dimension 1 est déterminée par toutes les variables présentes dans l'analyse à part Exploitation_total et seul, Suivi_seul, Nbr_especes animales et protégées ainsi que la surface d'emprise. Les variables déterminant la dimension

1 sont toutes corrélées entre elles sauf le Suivi_total qui est corrélé négativement avec les autres. La dimension 2 est quant à elle déterminée par les variables Exploitation_total, Suivi_seul, Nbr_especes animale et protégée. Ces quatre variables sont corrélées positivement entre elles. De plus, les variables les plus significativement associées avec la dimension 1 sont Compensation_total, Compensation_seul, surface_aire d'étude et Travaux_seul et total (corrélation >0,92 et p-value <0,03). Pour la dimension deux, la variable la plus significativement associée est Exploitation_total ($r^2 > 0,94$ et p.value<0,02). Par ailleurs, notre ACP révèle également que les variables Exploitation_tot, Suivi_seul, Surface_emprise et Nbr_especes_animales sont indépendantes des autres variables, il n'y a donc pas de liens entre elles. Enfin, on observe que la variable explicative année semble corrélée négativement avec les variables surface_emprise et nbr_espece_animales.

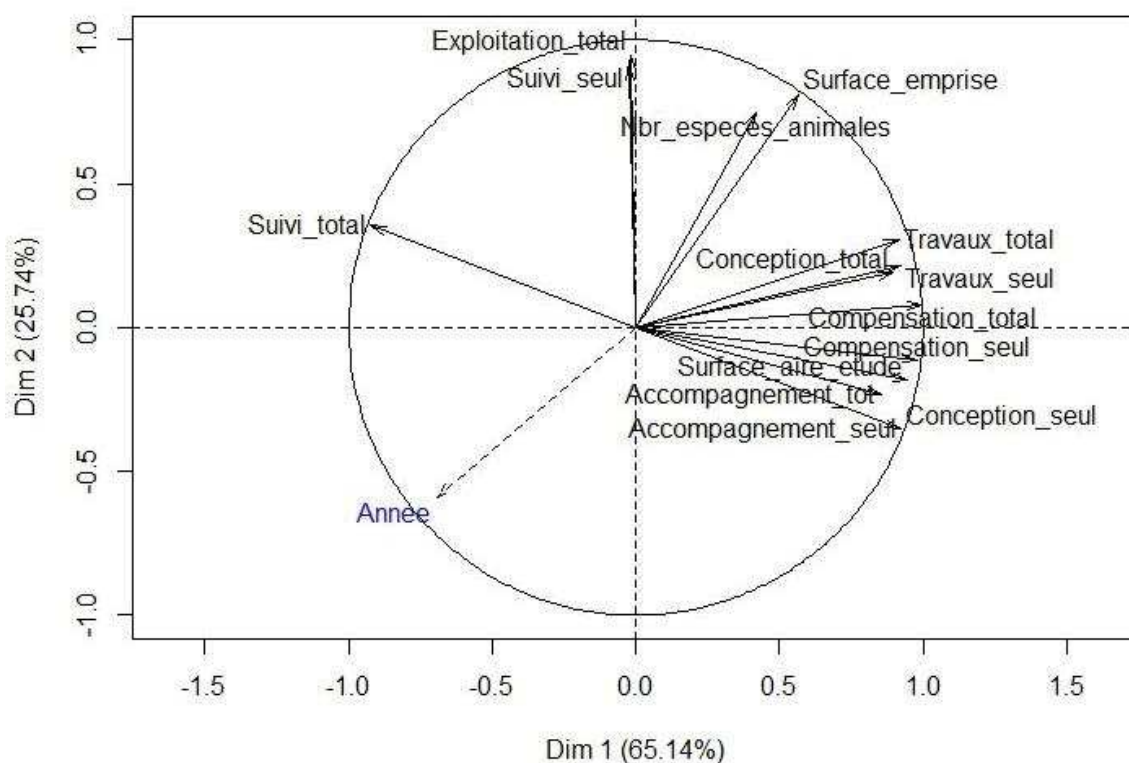


Figure 4 : Projection du cercle de corrélation des variables des deux premières dimensions d'une ACP. Seules les variables avec un \cos^2 supérieur à 0,7 ont été projetées. Seul : nombre de mesure ou le projet est le seul à proposer ces mesures, total : nombre de mesures totales proposées par projet, Conception : mesure en phase de conception, Travaux : mesure en phase travaux, Compensation : mesure de compensation ; Suivi : mesure de suivis, Accompagnement : mesure d'accompagnement.

Nous avons ensuite représenté les projets étudiés sur un graphique des individus (Figure 5). Les projets qui contribuent le plus à la dimension 1 sont RN7, Blvd, CSO1 et CSO2. Par ailleurs, l'A719 est la variable qui contribue principalement à la dimension 2. Au niveau de la représentation, les projets les mieux représentés sur la dimension 1 sont de façon décroissante : CSO 2, CSO 1, RN7 et Blvd (\cos^2 respectivement de 0,89, 0,82, 0,7 et 0,67). Concernant la dimension 2, l'A719 est le projet le mieux représenté (\cos^2 de 0,90). On peut donc dire que globalement les projets avec un nombre total de mesures en phase travaux, conception et de mesure d'accompagnement plus important sont CSO 1 et 2. Par ailleurs, ils sont également caractérisés par une grande aire d'étude et un nombre de mesures en phase travaux,

conception et de mesures d'accompagnement et de compensation supérieurs aux autres projets. Cependant, ce sont les projets avec le moins de mesures de suivis. Le projet de RN7 est caractérisé à l'inverse des projets CSO 1 et 2 avec un plus grand nombre de mesures de suivis, mais un nombre global de mesures totales et seules plus faible. Le projet Blvd quant à lui est caractérisé par un nombre d'espèces identifiées et une surface d'emprise plus faible que les autres projets avec un nombre important de mesure de suivis. Enfin, le projet A719 est caractérisé par un nombre de mesure de suivis spécifique, de mesure en phase d'exploitation, d'un nombre d'espèces animales prospectées et d'une surface d'emprise plus importante. L'année des projets ne semble pas influencer le nombre ou le type de mesure mise en place dans les projets.

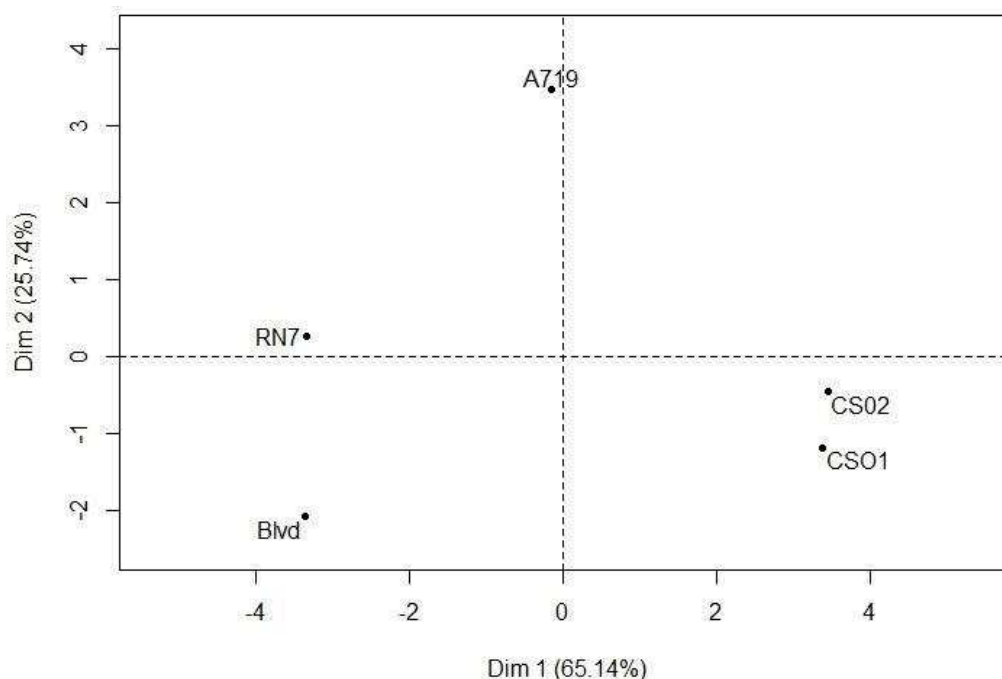


Figure 5 : Graphique des individus de l'ACP projetée dans les deux dimensions étudiées.

Outre ces caractéristiques globales des projets, certaines mesures se distinguent étant donné leurs présences dans l'ensemble des dossiers. Celles-ci sont selon les phases :

- Optimisation du tracé et adaptation des emprises et adaptation des ouvrages afin de rétablir la perméabilité de l'infrastructure (ouvrage et traitement paysager) (mesure E et R en phase de conception)
- Adaptation de la période des travaux en dehors des périodes sensibles, clôture de la zone de chantier pour supprimer l'accès aux amphibiens dans les zones sensibles et capture et déplacement des individus situés dans la zone d'emprise du projet (mesure R en phase travaux)
- Aucune mesure en phase d'exploitation
- Reboisement compensatoire, gestion écologique de boisement, aménagement ou réhabilitation de zone humide, création de mares et création de fossés (Mesure compensatoire)
- Aucune mesure d'accompagnement
- Suivi des populations d'espèces protégées et de l'efficacité des mesures (Mesure de suivis)

3. Impact brut des projets et mesures compensatoires

En dehors des mesures proposées dans les dossiers, les impacts bruts des projets et les mesures compensatoires mis en place ont été analysés. Nous analysons ici seulement les impacts et compensations déterminées en matière d'habitat et non par espèce (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). On observe que les impacts et les mesures de compensation sont très fortement variables selon les projets. Par exemple pour un impact proche en surface boisée entre le projet A719 et CSO, la compensation proposée pour le projet A719 est d'environ deux fois plus importantes que celle de CSO en termes de plantations. Les projets à plus forts impacts (CSO et A719) sont logiquement ceux avec le plus de surface de compensation. À l'inverse, la RN7, bien qu'ayant une surface d'impact en milieux ouverts forte, présente peu de mesures de compensation en matière de surface. Le projet Blvd quant à lui impacte de faibles surfaces, surfaces qui sont donc faiblement compensées, mais avec un ratio plus élevé. Le projet CSO a la particularité d'avoir une très grande surface compensatoire de zones humides. Cette surface a pour but de compenser l'impact du projet sur l'Allier. On observe une nette différence des mesures compensatoires proposées pour le projet CSO avant et après mise à jour des inventaires, notamment avec une augmentation de la surface de compensation de boisement en gestion écologique ainsi que d'une zone prairiale de 20 ha pour l'Azuré du serpolet non prévue initialement.

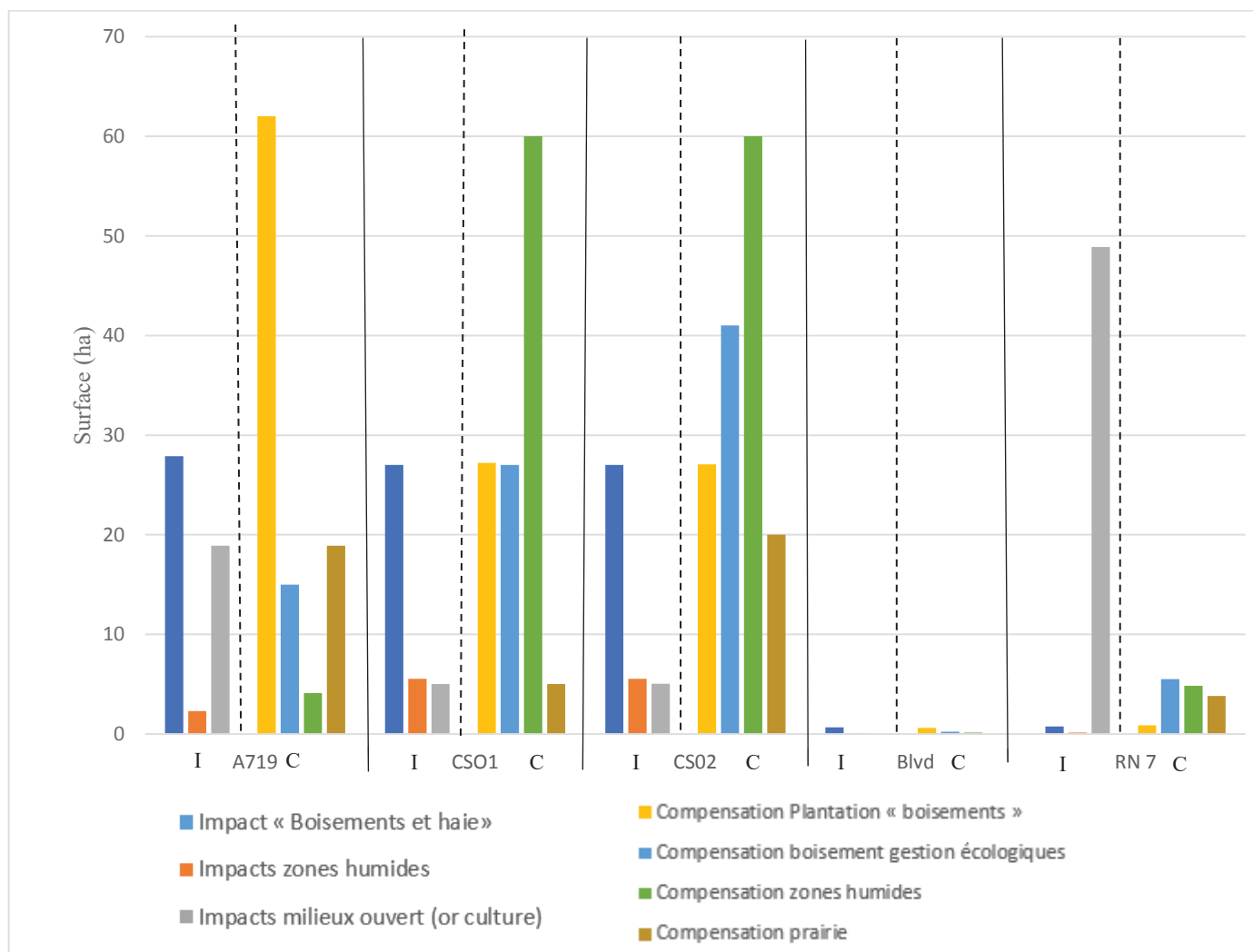


Figure 6: Bilan des impacts et mesures de compensations par projets (I : Impact ; C : compensation)

4. Avis des autorités environnementales

Tous ces dossiers de demande de dérogation sont contrôlés par l'État via des autorités environnementales. Les dates des avis des différentes autorités environnementales ont été regroupées en Annexe XIII. Les projets A719, CSO et RN7 ont tous eu des avis négatifs par le CSRPN en premier avis. Cet avis a été suivi par des avis également négatifs par le CNPN pour le projet RN7. Pour les projets A719 et RN7 après environ un an de délais et une prise en considération des remarques, ils ont obtenu des avis positifs sous conditions. Concernant le projet CSO, les avis suivants celui de 2013 n'ont pas pu être pris en compte dans cette analyse, car non disponibles sur le site du ministère de la transition écologique et solidaire où sont déposés les avis.

Concernant les avis des autorités environnementales, on peut distinguer trois types de commentaires principaux : les remarques générales sur le dossier, les remarques sur les inventaires et enfin les remarques sur les mesures mises en place (Tableau 5). À propos des remarques générales, tous les dossiers ont au moins une remarque. Les projets de l'A719 et Blvd en ont le moins avec seulement une remarque. Les remarques les plus préjudiciables semblent être le commencement des travaux en amont des autorisations ainsi qu'une justification insuffisante des solutions alternatives au tracé retenu. À propos des remarques sur les inventaires, l'A719 est le projet avec le plus de remarques sur cette thématique. À savoir que certains avis des autorités environnementales développés ici portent sur une version antérieure du dossier CNPN analysé dans ce rapport. Tous les projets ont eu au moins une remarque sur la rigueur et/ou la quantité suffisante des inventaires. Enfin, les remarques sur les mesures sont les plus importantes. Le projet RN 7 a eu le plus de commentaires sur cette thématique, suivi par l'A719 et Blvd. Tous les projets ont eu au moins comme remarque le fait que les mesures prévues étaient insuffisantes et/ou inadaptées. Sinon, le commentaire le plus redondant est la nécessité de pérenniser dans le temps les mesures de compensation.

Tableau 5 : Bilans des commentaires principaux de l'autorité environnement (AE), du CSRPN Auvergne Rhône-Alpes (Conseil Scientifique Régional du Patrimoine naturel) et du CNPN (Conseil national de la protection de la nature). Les moins représentent des avis négatifs, les + des avis positifs et les + si des avis positifs sous conditions.

	A719	CSO	Blvd	RN 7
Remarques générales sur le dossier ou projet				
Justification insuffisante des solutions alternatives au tracé retenu	X			X
Commencement des travaux en amont des autorisations		X		X
Erreur d'incohérence dans le dossier		X		X
Qualité générale du dossier		-		+
Manque une demande de dérogation pour la destruction d'habitats de reproduction et de repos			X	
Remarques sur les inventaires				
Trop grand nombre d'espèces protégées touchées	X			
Manque d'informations sur les populations d'espèces	X			
Inventaire ou protocole insuffisant	X	X	OK sauf Cuivrés des marais	X

Remarques sur les mesures				
Mesures insuffisantes et/ou inadaptées	X	X	Aménagements paysagers considérés comme sans intérêt écologique	X
Milieux de compensation proposés inappropriés	X			
Plantes invasives insuffisamment prises en compte				X
Calendrier des travaux trop imprécis				X
Nécessité d'un plan d'éclairage			X	
Nécessité de pérennisation des mesures compensatoires	X		X	X
Localisation des nichoirs trop proche de la route			X	
Nombre de passages à faune insuffisant				X
Compensation zone humide insuffisante		Ok		X
Hibernaculum non prévu autour des mares pour les amphibiens				X
Remarque sur la création de fossés pour les sonneurs à ventre jaunes inadaptés pour le CNPN	X			

5. Bilans des suivis écologiques en phase travaux et exploitation (CSO et A719)

Les projets de A719 et CSO sont les plus anciens et ont été ouverts à l'exploitation respectivement en janvier 2015 et février 2016. Des suivis écologiques durant les travaux et à la suite des travaux d'une durée de 5 ans ont été analysés pour avoir une première idée de l'impact réel des projets et des mesures compensatoires mises en place (Annexe XIV). Concernant l'Avifaune, les deux projets montrent une fluctuation des espèces inventoriées dans le temps avec de nouvelles espèces inventoriées et des espèces en diminution ou non recontactées. Sur ce groupe, aucun effet négatif spécifique n'a été identifié. À propos des chiroptères, malgré une fluctuation de l'activité des espèces durant les différentes années de suivis les projets, il ne semble pas y avoir d'impact avéré sur ce groupe. Globalement, les passages à chiroptères (hop over) de CSO et les gîtes semblent peu fonctionnels. De la même façon, les fossés mis en place pour le projet A719 pour le sonneur à ventre jaune semblent non fonctionnels.

Concernant les autres groupes, 3 espèces protégées n'ont pas été recontactées pour les deux projets. La coronelle lisse est la seule espèce présente avant travaux qui n'a plus été recontactée dans la zone des deux projets. Les passages inférieurs, les crapauds et les passages à faune semblent bien utilisés par les chiroptères, les amphibiens et les mammifères. Bien qu'utilisant les passages à faune, plusieurs cas de mortalité de chat forestier ont été avérés au niveau de CSO nécessitant la mise en place de clôtures. À propos de la mesure spécifique à l'azuré du serpolet concernant CSO, aucune observation du papillon n'a été faite dans la prairie. Cependant, une population est présente à une distance potentielle de colonisation favorable pour la colonisation de l'azuré dans cette zone. Enfin pour la création de milieux (boisement et milieux humides) la période de 5 ans n'est pas suffisante pour évaluer leur intérêt pour la faune et la flore.

Discussion

1. Inventaires et comparaison des enjeux des espèces

a. Une prise en compte de la biodiversité dès la phase de conception

Les projets analysés sont globalement assez différents les uns des autres étant donné leurs types, leurs longueurs et leurs surfaces d'emprises variables. Ceci peut entraîner une prise en compte différente de la biodiversité, en effet il est réglementairement demandé que les inventaires et les mesures ERC soient proportionnels à la sensibilité environnementale de la zone d'étude, à la nature des projets et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine (article R122-5 du code de l'environnement) (Lesueur *et al.* 2019). Globalement, les projets d'A719, CSO, RN7 et CNO sont assez proches en termes de nature des projets et d'incidences prévisibles donc la précision de leurs dossiers doit être proche. Tous les projets ont utilisé des analyses multicritères, mais à différentes échelles. Les projets A719, RN7 et Blvd ont utilisé une analyse multicritère simple pour définir le sous tracé final. Les autres projets ont, quant à eux, utilisé l'analyse multicritères pour déterminer à la fois le tracé de base et le sous tracé. Les critères de hiérarchisation des enjeux de biodiversité sont généralement d'éviter les difficultés d'ordre juridique, financier et de réputation liées aux dossiers réglementaires (Vandeveld 2013). L'aspect environnemental des analyses multicritères n'est donc qu'un critère parmi d'autres (bâti, agriculture, paysage, patrimoine culturel et le coût par exemple) (Vandeveld 2013). Cependant, depuis 2016, le maître d'ouvrage ne doit plus présenter une « esquisse » des solutions alternatives envisagées (à son projet), mais une « description » de ces solutions (Loi Biodiversité 2016). Le détail du choix du tracé doit donc être plus approfondi. La réflexion sur l'évitement au niveau de la variante doit se faire en amont et être déconnectée de la réflexion sur la réduction et la compensation.

Il semble de plus en plus que l'ensemble des projets routiers actuels importants mettent en place des analyses multicritères dès le choix du tracé initial ainsi que pour les sous tracés (Vandeveld 2013). Il est maintenant admis l'importance de prendre en compte les impacts écologiques du projet dans chaque étape du processus de construction de nouvelles infrastructures (Finka *et al.* 2019). Cependant, cette analyse basée essentiellement sur les espèces rares ou menacées est parfois critiquée. Certains acteurs ont ainsi mis en avant la nécessité de prendre en compte la nature « ordinaire », considérée comme à la base du fonctionnement des écosystèmes (Couvet 2012).

Quasiment tous les projets ont eu deux phases d'inventaires, une première phase assez générale et une seconde plus poussée pour affiner les inventaires. Ce contraste a été le plus fort pour le projet CSO qui a dû effectuer des inventaires supplémentaires, car ils étaient considérés comme insuffisants. Ceci peut être expliqué par une surface de l'aire d'étude de ce projet au minimum 4 fois plus grande que les autres projets. La qualité de l'état initial est souvent liée au calendrier, en effet une non-anticipation des inventaires naturalistes peut entraîner une qualité insuffisante de ceux-ci (Billon *et al.* 2017). C'est probablement ce qui s'est passé sur le projet CSO. Dans le cadre de CNO, la phase d'inventaire élargie a permis de définir le tracé général alors que les inventaires plus poussés ont permis de choisir les sous tracés et les mesures ERC. Dans notre analyse, seuls les projets les plus récents ont effectué des inventaires sur une zone plus large pour définir le tracé général puis plus précisément pour affiner le tracé.

b. Des inventaires variables selon les projets et les groupes d'espèces

Concernant les résultats des inventaires, il ne semble pas y avoir de spécificité dans le temps. Le nombre d'espèces animales inventoriées est seulement corrélé à la surface du projet. Le projet de CNO se distingue tout de même avec un nombre d'espèces (animaux protégés ou non) identifiées plus élevé alors que sa surface d'inventaire est la deuxième plus petite. Ceci pourrait être expliqué par une prospection plus poussée ou une zone géographique plus riche par exemple. La zone géographique étant proche des projets A719 et CSO l'hypothèse d'un résultat d'une prospection plus poussée est plus probable. Une corrélation positive a été montrée entre les efforts de prospection et la période des projets. Il est difficile de savoir si cette augmentation des prospections est due à une augmentation de la rigueur des services instructeurs, à une volonté interne du bureau d'étude et du maître d'ouvrage de ce projet ou à un effet observateur. Ceci pourrait expliquer en partie le fait que plus d'espèces ont été déterminées pour le projet de CNO. Cela montre que des efforts de prospection plus importants permettent de trouver un nombre d'espèces plus importantes sur des surfaces similaires.

Par ailleurs, la qualité des études sur les atteintes à la biodiversité est largement dépendante des compétences des bureaux d'études spécialisés faune / flore responsables du suivi écologique (Lavaloux & Féménias 2011). Or les bureaux d'étude semblent avoir fortement progressé dans la conduite des inventaires (Billon *et al.* 2017). Une augmentation de l'effort d'inventaire et une augmentation en compétence des bureaux d'études pourrait donc avoir des impacts importants sur la prise en compte de la biodiversité dans ce type de projet. En effet, la biodiversité semble être de plus en plus prise en compte dans les projets récents (Vandeveldt *et al.* 2012). L'état initial est la base de toute la démarche ERC, son importance est donc primordiale (Billon *et al.* 2017). Cependant, bien qu'il est observé une amélioration qualitative globale des dossiers CNPN ces dix dernières années, les inventaires de la faune et de la flore restent encore perfectibles (Billon *et al.* 2017). Les bureaux d'études sont d'ailleurs critiqués sur l'hétérogénéité de leurs compétences, alors que les inventaires naturalistes constituent leur point fort, l'analyse des impacts est souvent déficiente. Pour garantir des inventaires suffisants et conformes aux attentes des autorités environnement, il est préconisé d'effectuer un précafrage des inventaires avec la DREAL (Billon *et al.* 2017).

Plus précisément, concernant les groupes inventoriés, logiquement, les groupes avec le nombre d'espèces le plus important dans l'Allier sont les groupes avec le plus d'espèces inventoriées dans le cadre des projets. Cela concerne principalement les insectes et les oiseaux. Le groupe des insectes se distingue avec une proportion du nombre d'espèces protégées plus faible que les autres groupes par rapport au nombre d'insectes présents dans l'Allier et à son nombre inventorié. Les efforts de prospection pour ce groupe doivent donc être plus importants pour permettre l'observation d'espèces protégées. Les groupes des reptiles, des chiroptères et des amphibiens se distinguent par le fait que l'ensemble des espèces indigènes françaises soient protégées. Concernant les amphibiens et les reptiles, cela peut être expliqué par le fait qu'ils soient particulièrement menacés (Stuart *et al.* 2004). Globalement il ne semble pas y avoir d'évolution dans le temps spécifique aux

différents groupes. Les mollusques, crustacés aquatiques et poissons sont présents plus sporadiquement dans les différents projets dus au fait que ceux-ci sont dépendants des cours d'eau. Leurs observations sont donc fortement déterminées par la présence et la qualité des cours d'eau présents sur les zones d'étude. Cependant, certains groupes comme les bryophytes, les mollusques, les poissons, les écrevisses et les insectes ne sont pas suffisamment pris en considération d'après le CNPN (Billon *et al.* 2017). Si jamais certains groupes ne sont pas considérés, ce choix doit être clairement justifié.

Enfin, pour la plupart des projets, la bibliographie sur les espèces présentes dans la zone joue un rôle important sur la prise en compte des espèces. En effet, certaines espèces sont difficiles à détecter, il est donc tout à fait possible qu'une espèce présente ne soit pas observée à un moment donné malgré des inventaires spécifiques. De plus, la biologie de certaines espèces est encore peu connue et peut donc limiter leur découverte lors de prospections. Cette spécificité est souvent prise en compte dans les différents projets en intégrant des espèces protégées non inventoriées, mais potentiellement présentes dans la zone d'étude étant donné leur écologie et leur présence aux alentours. Cependant, au vu des évolutions entre les deux dossiers de CSO, l'ajout d'espèces potentiellement présentes pourrait entraîner l'intégration d'espèces en réalité absentes de la zone d'étude. Inversement, toutes les espèces présentes ne sont pas forcément référencées au niveau local dans la bibliographie, par exemple l'Azuré du serpolet pour le projet CSO. La bibliographie peut donc être une source importante de données, mais ne doit pas se substituer à des inventaires complets. Bien que non analysée ici, une bibliographie locale importante et bien prise en compte dans les études réglementaires semble impacter la prise en compte de la biodiversité. Celle-ci doit donc être impérativement prise en compte dans tous les dossiers CNPN (Billon *et al.* 2017).

c. Espèces à enjeux et facteurs influençant les variations d'enjeux dans le temps

Une fois les inventaires réalisés, les résultats de ceux-ci vont influencer les dossiers. Les espèces à enjeux ont une importance particulière dans ces dossiers. Les groupes à enjeux les plus forts sont globalement les amphibiens et les chiroptères des milieux boisés et anthropiques. Le Sonneur à ventre jaune se distingue des autres espèces, car présent dans 3 projets sur 4 de la zone de Vichy. Cette espèce semble donc avoir un enjeu particulier dans cette zone et doit donc être considérée en tant que telle. Les autres espèces à enjeux spécifiques à la zone étudiée semblent être l'Ecrevisse à pattes blanches, le Grand murin et le Chat forestier. Concernant le Chat forestier, celui-ci était présent dans la zone de Vichy avant les projets d'A719 et de CSO. Cependant, malgré la traversée de certains individus dans les passages à faune, celui-ci n'a pas été observé dans la zone de CNO et semble être impacté directement au niveau de CSO par des cas de mortalité réguliers. Pour certaines espèces comme le Chat forestier, les routes et leurs abords peuvent devenir des pièges écologiques, car les individus attirés risquent davantage d'être tués (Bernes *et al.* 2017).

Pour l'ensemble des espèces à enjeux, des variations d'enjeux parfois importants ont été observées pour les mêmes espèces. Ceux-ci peuvent être expliqués par différents critères. Tout d'abord, les projets n'ont pas les mêmes définitions et méthodes d'analyse des enjeux. Pour certains projets, l'aspect réglementaire de l'espèce ou l'intensité de l'impact rentre en compte alors que pour d'autres ce n'est pas le cas. Globalement,

les enjeux se basent principalement sur le statut des listes rouges et la fonctionnalité des connexions. Par ailleurs, l'évolution de la prise en compte de certaines espèces a pu évoluer dans le temps. En effet, l'évolution des LRR et LRN influence les enjeux des espèces. Or, ces statuts ont fortement évolué depuis les 10 dernières années. Par exemple, tous les LRR concernant la faune ont été mis à jour entre 2015 et 2017 et seulement 3 LRN existaient avant 2015. Ceci a entraîné des modifications de statuts, par exemple la grande alose qui est passé de Vulnérable (VU) en 2009 à en danger critique d'extinction (CR) en 2019. Le Sonneur à ventre jaune a quant à lui été classé VU au niveau national en 2017. Le Cuivré des marais a été classé LC au niveau régional en 2013 et le Murin de Bechtein a été classé en danger (EN) en Auvergne en 2015. Ces changements corroborent globalement avec l'évolution des enjeux de ces espèces dans les différents dossiers. Les listes rouges semblent donc avoir un impact important sur la prise en compte des espèces dans les projets d'aménagement. Par ailleurs, pour certaines espèces, cette évolution des enjeux pourrait être due à la mise en place ou à la mise à jour d'un Plan national d'Action (PNA). Par exemple, le PNA des chiroptères a été mis à jour en 2016 pour 9 ans et comprend entre autres en action n°3 l'intégration des chiroptères dans l'aménagement du territoire et le rétablissement des corridors écologiques (Tapiero *et al.* 2016). Les papillons de jour et la Loutre d'Europe ont également subis une mise à jour de leur PNA respectivement en 2018 et en 2019 (OPIE 2018; Kuhn *et al.* 2019). Ces PNA peuvent engendrer une prise en compte spécifique de ces espèces dans les projets d'aménagement en vue des connaissances écologiques apportées par ces plans. La prise en compte des plans nationaux d'action et de leurs déclinaisons régionales est donc un élément essentiel pour la réussite du dossier (Billon *et al.* 2017). Par ailleurs, la localisation des espèces par rapport aux projets peut influencer fortement l'évaluation des enjeux pour une espèce donnée. Enfin, la sensibilité du rédacteur peut également entraîner une légère variation des enjeux selon les projets. En effet, les critères pris en compte sont parfois subjectifs et peuvent donc être interprétés différemment selon les personnes.

On note donc que les enjeux des espèces peuvent varier dans le temps et selon les projets en fonction de l'évolution des LRR, des LRN, des PNA, la localisation des espèces ainsi que la sensibilité du rédacteur.

2. Des impacts des projets à une gestion adaptée en phase de conception et d'exploitation

a. Impacts et évolutions temporelles des mesures

Globalement les impacts en termes de surface et de types de milieux sont très variables selon les projets. Cela représente souvent une forte proportion de l'ensemble des habitats présents dans la zone géographique due à une emprise sur une longue distance du projet. Au niveau des différences de types de surface impactées, les projets dans la zone de Vichy semblent impacter majoritairement des zones boisées puis des milieux ouverts et humides alors que le projet dans la zone de Villeneuve impacte principalement des milieux ouverts. Ceci est très dépendant de l'utilisation du paysage. La zone autour de Vichy est donc caractérisée par des boisements assez importants pouvant influencer les mesures mises en place dans le cadre des projets. Ceci explique les fortes surfaces de compensation concernant des boisements mis en place dans les projets d'A719 et de CSO.

Par rapport aux mesures mises en place, il ne semble pas y avoir d'évolution dans le temps de celles-ci. Ceci peut être expliqué par le fait que le nombre de mesures mises en place est plus dépendant de la taille du projet que de la période de celui-ci. Logiquement, les projets impactant une plus grande surface vont nécessiter plus de mesures pour éviter, réduire et enfin compenser les impacts. Enfin, concernant les mesures de réduction en phase d'exploitation et les mesures d'accompagnement, celles-ci semblent beaucoup plus variables entre les projets que les autres types de mesures. Ceci peut être expliqué par le fait qu'elles sont plus adaptées au projet en lui-même que les autres mesures et donc plus spécifiques selon les projets. Étant donné que ces types de mesures sont dépendantes du projet, il est donc difficile d'avoir des mesures minimales à mettre en place pour ce genre de projet. De plus, contrairement aux mesures ERC, les mesures d'accompagnement ne répondent pas à une obligation réglementaire et sont proposées volontairement par le demandeur de manière à contribuer à l'augmentation de l'efficacité et à la consolidation des mesures ERC, sans pour autant s'y substituer.

On note donc que d'un point de vue quantitatif aucune variation dans le temps des mesures n'a été observée. Cependant, il faut garder à l'esprit que la qualité des mesures n'a pas été analysée ici. Au total, 8 mesures ont été retrouvées dans l'ensemble des projets. Nous allons maintenant nous concentrer sur celles-ci et évaluer leur intérêt quand cela est possible. Tout d'abord, pour les mesures en phase de conception cela concerne l'optimisation du tracé, l'adaptation des emprises et la mise en place d'ouvrage de perméabilité écologique des infrastructures. Il est maintenant admis que la séquence ERC doit s'appliquer de façon progressive, c'est-à-dire prioriser les mesures d'évitement, de réduction et enfin seulement si tous les impacts n'ont pas pu être évités ni réduits, de compensation (L. 110-1). Une bonne prise en compte des enjeux écologiques en phase de conception est primordiale à cela.

b. Une nécessité d'améliorer la perméabilité des infrastructures

Dans les mesures minimales à mettre en place, la perméabilité des infrastructures semble être un enjeu majeur. Pour cela, de nombreux ouvrages peuvent être mis en place comme des passages à faunes supérieurs, des passages inférieurs, des crapauducs et des passages spécifiques pour chiroptères (Mallard 2014). Les passages à faune sont des structures qui visent à rétablir le déplacement des animaux à travers l'axe routier afin de diminuer la mortalité et d'assurer la stabilité des populations (Mallard 2014). Les trois critères principaux d'utilisation d'un passage à faune sont son placement précis sur un axe de déplacement interrompu, des dimensions adaptées aux espèces visées et des abords d'ouvrages attractifs (SETRA 2006). Par ailleurs, l'humidité, la température, la lumière, le substrat, et le bruit peuvent influencer l'utilisation de ceux-ci (Mallard 2014). Les tailles standards de largeur des passages à petite faune sont différentes selon les espèces visées. Concernant les passages à faunes supérieurs, la largeur minimale standard est de 50 m, basée sur les fréquences d'utilisation et le comportement des espèces et une largeur de 100 m pour les installations devant être conformes à plusieurs groupes d'espèces (SETRA 2005). A propos des crapauducs les installations sont de 30-100 cm de large et ne doivent pas excéder 60m de long. Enfin pour les buses ou ouvrages hydrauliques, elles sont de 120 cm de large avec un canal central

pour l'eau et une banquette latérale hors d'eau (Vanpeene-Bruhier & Dalban-Canassy 2006). Les passages inférieurs de grands diamètres sont fréquentés plus souvent par les mammifères et très rarement par les amphibiens (Glista *et al.* 2009) d'où la nécessité de prévoir des passages spécifiques pour les amphibiens dans les zones à enjeux. De plus, la création de plusieurs passages de caractéristiques différentes serait plus efficace que d'investir dans un nombre réduit de passages spécifiques pour grande faune (Mata *et al.* 2005). La distance entre les différents passages à faune doit être idéalement au maximum tous les 100 m pour les crapauds, tous les 300m pour les passages à petite faune, tous les 600m pour les chiroptères et tous les 2 km pour les passages à grande faune (Cerema 2019a). C'est un objectif contraignant, mais réaliste si l'on tient compte des ouvrages hydrauliques et de rétablissement de voies qui peuvent pour un surcoût acceptable être transformés en passage mixte (SETRA 2006). En effet, les aménagements routiers tels que les buses et dalots peuvent être aménagés comme passages à petite faune. Cela nécessite simplement l'ajout de clôtures, la modification de l'habitat à l'entrée et l'incorporation de banquettes sèches (Mallard 2014).

Dans le cadre des suivis écologiques analysés dans cette étude, les passages à faune semblent être particulièrement efficaces. Il est cependant parfois difficile de vérifier leur efficacité pour certains groupes comme les amphibiens par exemple. En effet, les pièges photo ne semblent pas toujours efficaces. Le choix du type de piège-photo est donc important. Concernant les chiroptères, il a été montré qu'un pont supérieur correctement placé en lien avec une voie de déplacement étroite (une haie de 20m de large) pouvait efficacement restaurer la connectivité de l'habitat des chauves-souris (Claireau *et al.* 2019c). La plupart des espèces de chiroptères utilise des éléments linéaires, tels que des haies, pour se déplacer la nuit (Frey-Ehrenbold *et al.* 2013). Il est donc important que les passages spécifiques aux chiroptères soient connectés à ceux-ci. En effet, il est nécessaire de préserver les corridors aboutissant à des passages à faune et d'en assurer la pérennité (Vanpeene-Bruhier & Dalban-Canassy 2006). Pour que leur efficacité soit optimale, les corridors végétaux doivent être larges (10m minimum préconisés), denses et ininterrompus (Cerema 2018a). Une étude réalisée aux États-Unis a montré que des brèches de 5 m dans la couverture d'arbres ou d'arbustes le long des itinéraires de vol avaient un impact significatif sur les mouvements de déplacement des chauves-souris (Bennett *et al.* 2013). De plus, les passages inférieurs et les passages supérieurs seraient plus efficaces que les passages spécifiques pour les chiroptères, car ils confèrent une protection accrue aux nuisances sonores et lumineuses contrairement à ce dernier (Abbott *et al.* 2012; Claireau *et al.* 2019a; 2019c).

Les passages à faune semblent donc importants pour rétablir la connectivité des routes. Ils doivent être adaptés aux différentes espèces et placés dans des zones favorables. Cependant, ils n'empêchent pas totalement la mortalité routière, il est donc intéressant de les combiner avec des barrières au moins dans les zones à enjeux.

c. Des barrières connectées avec les passages à faune permettant une réduction de la mortalité routière

En effet, malgré les passages à faune, des taux de mortalité assez importants peuvent être observés. Les pics de mortalité semblent fortement affectés par les conditions météorologiques. Par exemple, les taux de mortalité des amphibiens et des mammifères sont supérieurs durant le printemps et l'automne, l'été pour les reptiles, de mai à août pour l'ensemble de l'avifaune et l'hiver en période pluvieuse pour les oiseaux hivernant (Vanpeene-Bruhier & Dalban-Canassy 2006; Meek 2009; Gómez-Rodríguez *et al.* 2012). De plus, les amphibiens, les reptiles et les petits passereaux sont principalement tués sur la route en fonction de leur abondance spatiale (D'Amico *et al.* 2015). Comme observé sur les suivis CSO, il semble primordial que les projets d'infrastructure routiers soient munis de clôtures combinées aux passages à faune dans les zones les plus sensibles afin de limiter l'impact direct de mortalité des routes. Par exemple, l'efficacité des passages à faune a été montrée comme contradictoire pour les petits vertébrés en cas d'absence de clôtures antidérive adéquates (D'Amico *et al.* 2015).

Les mesures de protection contre la mortalité routière doivent donc à la fois prendre en compte la période, les zones d'abondance des espèces et les zones de passages à faune. De plus, celles-ci doivent être priorisées dans les points chauds et concentrées autour des zones humides pour les amphibiens, des zones plus sèches pour les serpents, lézards et les petits passereaux et dans les zones des passages à faune (D'Amico *et al.* 2015).

Cependant, les clôtures réduisent fortement la connectivité en réduisant les mouvements au sein des populations. Ces clôtures sont aujourd'hui principalement utilisées pour les projets supérieurs ou égaux à 2 fois 2 voies, mais encore rarement pour les projets d'1 fois 1 voie. D'Amico *et al.* (2015) suggèrent la nécessité que des clôtures de protection soient largement mises en place afin de réduire de manière permanente leur nombre de victimes de la route, y compris le long des routes à faible trafic où les comportements au repos sont plus fréquents (Cable & Bruford 2008). En effet, l'utilisation de clôtures guide les animaux vers les passages et réduit très fortement la mortalité (Kenneth Dodd *et al.* 2004; Glista *et al.* 2009). Le choix du type de clôture à mettre en place doit tenir compte du contexte local et du comportement des animaux face à un obstacle. Elles doivent répondre à des critères de solidité, de dimensionnement, d'étanchéité et d'entretien régulier tout en ayant une hauteur, une taille de maille et un emplacement adapté (Vanpeene-Bruhier & Dalban-Canassy 2006; Cerema 2019b). Cependant, ces dispositifs ne sont pas forcément efficaces pour toutes les espèces, en effet, concernant les amphibiens, les espèces arboricoles telles que *Hyla sp.* semblent facilement franchir les clôtures et leur utilisation du tunnel est rare (Kenneth Dodd *et al.* 2004; Beebee 2013). D'autres dispositifs de réduction de la mortalité existent, par exemple, la réduction de la vitesse des véhicules, la signalisation et la fermeture temporaire de routes peuvent être mises en place pour limiter la mortalité routière (Glista *et al.* 2009; Beebee 2013).

d. Une gestion adaptée des dépendances

Outre les effets négatifs de celles-ci, les routes pourraient avoir des effets positifs. En effet, les abords des routes peuvent avoir un intérêt particulier pour la biodiversité en tant que couloirs ou refuges (Penone *et al.* 2012; de Redon *et al.* 2015). Par exemple, dans un contexte agricole, leurs bords peuvent servir de couloirs de dispersion et constituer le dernier refuge paysager de nombreux petits vertébrés et invertébrés (Forman & Alexander 1998; Wynhoff *et al.* 2011; Sabino-Marques & Mira 2011). Ces effets dépendent de paramètres comme les modes de gestion (fauche), les dimensions de « l'emprise verte », ou encore, la présence de haies (de Redon 2008). La gestion adaptée de la végétation en bordure des routes est donc primordiale afin d'y favoriser la biodiversité tout en limitant l'effet de piège écologique que celle-ci pourrait avoir. Le nombre d'espèces augmente de façon significative avec la largeur des bords de route (Arnold & Weeldenburg 1990). Par ailleurs, en milieu agricole, une gestion plus extensive des dépendances vertes permettrait grâce à plusieurs effets (notamment la compétition), de limiter le développement de plantes invasives, envahissantes ou indésirables des cultures, témoins de milieux remaniés et perturbés (Mason, French 2007). Cependant, les mammifères sont plus souvent tués quand le fourrage est abondant en bordure de routes, tandis que les oiseaux sont plus fréquemment tués quand la hauteur de végétation en bordure de route est basse (Ramp *et al.* 2006). La tonte deux fois par an, avec enlèvement de foin, semble être le traitement le plus bénéfique pour obtenir davantage de diversité et d'abondance d'insectes (Noordijk *et al.* 2009). Cependant, si le nombre de coupes devient trop important le nombre d'espèces diminue pour ne plus compter que quelques espèces végétales comme le ray-grass anglais et la pâquerette ainsi qu'une plus faible diversité faunistique (Peeters & Janssens 1998; Saarinen *et al.* 2005).

La création de rideaux d'arbres assez denses d'environ 6 m permettrait d'obliger les oiseaux et les chauves-souris à franchir la voie de circulation à une hauteur suffisante pour éviter les collisions (Vanpeene-Bruhier & Dalban-Canassy 2006). Cependant des études ont montré que la présence d'arbres dans les dépendances vertes pouvait augmenter le risque de mortalité pour l'avifaune ou les chiroptères (Orłowski 2008; Abbott *et al.* 2012; Guinard 2013). Concernant les chiroptères, l'utilisation de haies comme dispositif de guidage est parfois préconisée le long des emprises. Dans ce cas, elles doivent être continues et denses à leur base pour éviter que les chauves-souris quittent la structure en empruntant les trouées et se dirigent vers l'infrastructure, éloignées de minimum de 20m par rapport à l'infrastructure et constituées si possible d'essences non attractives pour les insectes côté chaussée (Cerema 2018a).

La gestion des bords de route en termes de hauteurs de végétation doit donc de manière optimale être réfléchi en tenant compte des besoins particuliers des espèces les plus sensibles vivant en bordure de route. Si la gestion est différenciée par secteurs le long du linéaire tant en termes de hauteur de végétation que de date de fauche, elle permet une diversité des conditions favorables à plusieurs groupes d'espèces successivement le long de l'infrastructure (Vanpeene-Bruhier & Dalban-Canassy 2006). Enfin, une route en déblais par rapport aux dépendances vertes permettrait de limiter la mortalité routière des oiseaux et des chiroptères, car ils auront tendance à passer au-dessus du trafic (van Bohemen 1998; Guinard 2013; Cerema 2018a).

3. Mesures préconisées en phase travaux, de compensation et de suivi

a. Mesures de réductions en phase travaux

Au niveau des mesures de réduction préconisées en phase travaux trois d'entre elles ont été proposées dans tous les projets. Tout d'abord l'adaptation de la période de travaux en dehors des périodes sensibles. Elle consiste à décaler au maximum les travaux en dehors des périodes pendant lesquelles les espèces floristiques et faunistiques sont les plus vulnérables. Il s'agit en général des périodes de reproduction, d'hibernation et d'élevage des jeunes ou la période de présence de l'espèce dans la zone du projet (cas des espèces migratrices) (Alligand *et al.* 2018). Par exemple pour les chiroptères, la période la plus propice pour entreprendre des travaux susceptibles d'engendrer une mortalité (notamment les défrichements) est en septembre/octobre (Cerema 2018a). Cependant, malgré un planning qui peut être prédéfini en amont, la phénologie des espèces est calée sur la température extérieure. Il peut donc y avoir des ajustements nécessaires du calendrier à effectuer au dernier moment pour être le plus précis possible. Dans ce cas, un suivi du chantier par un ingénieur écologue est nécessaire pour vérifier par exemple la non-présence des espèces sur le site au moment du démarrage des travaux et prévoir, le cas échéant les ajustements nécessaires. Le suivi de chantier par un ingénieur écologue n'a pas été mis en place dans tous les projets analysés ici, mais semble de plus en plus indispensable (Vandeveld *et al.* 2012). Il permet également de suivre les mesures prévues en phase chantier et de vérifier le respect des emprises chantier. À noter que ce suivi de chantier était identifié comme une mesure de réduction dans les dossiers analysés alors que le guide d'aide à la définition des mesures ERC le définit comme une mesure d'accompagnement (A6.1a) (Alligand *et al.* 2018).

Ensuite, l'ensemble des projets ont entrepris une mesure de clôture des zones sensible des chantiers pour supprimer l'accès aux amphibiens dans celles-ci. Cette mesure consiste en la mise en place d'un filet de non-retour d'environ 40 cm de hauteur permettant aux amphibiens de sortir de la zone de chantier, mais pas d'y rentrer. Certains amphibiens, comme le Crapaud calamite ou le Sonneur à ventre jaune peuvent potentiellement utiliser comme zone de reproduction des mares temporaires ou des ornières créées par le passage des engins par exemple. Cette mesure est particulièrement utile dans les zones proches de mares, car elle permet de limiter l'accès aux amphibiens et donc de limiter leur mortalité. Ceci est très souvent combiné à une mesure de capture et de déplacement des amphibiens présents dans la zone de travaux. L'intérêt est de capturer un maximum d'individus dans la zone de travaux avant le début de ceux-ci pour les déplacer dans une zone préservée puis limiter l'accès des zones de travaux. Dans l'idéal, cette opération doit se poursuivre durant 4 à 6 ans pour capturer l'essentiel de la population menacée (Cerema 2019a). L'un des enjeux est aussi de s'assurer de l'adaptation de la population à son nouvel environnement. Bien que non mis en place dans tous les projets analysés ici, ces mesures sont souvent complétées par des zones de mises en défends d'habitat ou d'espèces spécifiques présentes dans la zone de chantier et ses abords afin de limiter voire éviter son impact. Enfin, un sujet important qui revient dans presque tous les projets est la gestion des plantes envahissantes, durant et après le chantier. En effet, les terrains remaniés sont en général propices à l'installation et au développement d'espèces exotiques envahissantes (EEE). Il est donc important de mettre

en place des mesures préventives permettant de détecter leurs présences ou curatives permettant de lutter contre leur implantation et leur développement le cas échéant (Alligand *et al.* 2018).

La phase chantier est donc une phase particulièrement sensible pour les espèces. Elle nécessite donc la mise en place de mesures spécifiques telles que l'adaptation des périodes de travaux, la mise en défend de zones à enjeux, la mise en place de clôtures anti-retour pour les amphibiens, le déplacement d'individus en dehors de la zone de travaux et enfin la gestion des espèces exotiques envahissantes.

b. Mesures de compensations

Concernant les mesures de compensation, celles-ci peuvent être distinguées en trois groupes : les mesures de création/renaturation de milieux, celles de restauration/réhabilitation et enfin celles d'évolution des pratiques de gestion. Dans notre analyse, 4 mesures de compensation ont été mises en place dans tous les projets. Deux d'entre elles concernent les milieux boisés. Comme développé précédemment les milieux boisés sont fortement présents dans la zone autour de Vichy, ils entraînent donc des mesures spécifiques par rapport à ce milieu. Les deux mesures sont la création de nouveaux boisements et la gestion écologique des boisements existants. Il est à noter que plusieurs remarques des autorités environnementales appuient le fait qu'au moins une partie des mesures compensatoires en matière de boisement doivent concerner la gestion écologique de boisement actuel afin de compenser à court terme les impacts de destruction. Ce que ne permet pas la création de boisement qui mettent au moins 50 ans avant d'être à maturité. Pour délimiter ces îlots de sénescence, il est conseillé de retenir les peuplements de feuillus les plus âgés (+ de 100 ans) ou les peuplements forestiers autochtones, présentant un réseau de cavités et dans lequel des habitats connexes peuvent exister (mares, clairières, etc.). Il est souhaitable de maintenir si possible, des îlots de 3 hectares d'un seul tenant (distants de 1 à 2 kilomètres maximum) connectés entre eux par des corridors de vieux bois et quelques arbres à cavités disséminées (Cerema 2018a).

Concernant les zones humides, les deux mesures les plus fréquentes sont la création/réhabilitation de zones humides et la création de mares et de fossés. Une spécificité a eu lieu pour le projet CSO qui impactant l'Allier a du compenser son impact en rétablissant la dynamique de l'Allier. Ceci montre l'importance de la prise en compte des zones humides dans les dossiers. Concernant les mares de substitution, celles-ci devraient idéalement avoir une surface de 100 m², une profondeur de plus de 50 cm, être à moins de 25 m d'un bois, à moins de 500 m d'une population d'amphibiens connue, à moins de 275 m d'une autre mare et à plus de 100 m d'une terre cultivée (Vanpeene-Bruhier & Dalban-Canassy 2006). Par contre, les mares de substitution sont souvent adaptées aux crapauds et grenouilles, mais moins aux tritons et aux salamandres (Mallard 2014). Les caractéristiques des mares créées doivent donc être adaptées selon les espèces ciblées. En ce qui concerne les Sonneurs à ventre jaune, des fossés peuvent être adaptés pour cette espèce. Pour le projet A719, le CSRPN a identifié la création de fossés comme non favorable pour le sonneur à ventre jaune. Cependant, celui-ci affectionne les petits points d'eau dénudés de végétation et qui se réchauffent rapidement. L'espèce est particulièrement adaptée aux milieux naturels dynamiques dans lesquels de nouveaux plans d'eau apparaissent. Des fossés qui se remplissent temporairement correspondent donc bien à ses caractéristiques comme préconisées dans la notice pratique pour la conservation du Sonneur à ventre jaune (Mermond *et al.* 2010).

La surface de compensation est définie en fonction d'un ratio de compensation. Celui-ci peut varier selon les projets et évoluer en fonction des types de milieux impactés. Ceux-ci n'ont pas été spécifiquement étudiés dans cette analyse. Globalement ils semblent être variables selon les projets bien qu'une tendance semble ressortir. Cette tendance correspond à des ratios d'environ 2,5, 2 et 1 respectivement pour les boisements, les milieux humides et les milieux ouverts. Sachant que pour les boisements, est comptabilisée la compensation par plantation et par gestion écologique. Concernant le projet RN7, le ratio de 2 minimum pour les zones humides a d'ailleurs été demandé par le CSRPN. De plus, la fixation du niveau de compensation doit résulter d'une approche écologique qui ne se limite pas aux seules surfaces, mais qui intègre forcément la nature de la mesure compensatoire qui sera déployée, sa durée, sa localisation, ses risques d'échec, etc. (Billon *et al.* 2017). La variation des surfaces de compensation semble donc liée à la spécificité de chaque projet et non à une évolution dans le temps des ratios de compensation. Enfin, le CNPN souhaite un meilleur état initial des surfaces envisagées pour la compensation, ce qui apparaît comme une bien meilleure condition de réussite qu'un taux de compensation exagérément fort (Billon *et al.* 2017).

Outre les ratios de compensation, les remarques les plus importantes des autorités environnementales concernant les mesures de compensation sont la nécessité d'une pérennisation à long terme et d'une localisation des mesures proche de la zone impactée, mais pas dans la zone d'emprise. En effet, celle-ci est souvent fragmentée et subit les impacts négatifs de la route. De plus, les mesures proposées sont souvent trop localisées sans prendre en compte le fonctionnement des populations dans le paysage traversé par l'infrastructure (Vanpeene-Bruhier & Dalban-Canassy 2006). Par exemple, pour les chiroptères, la distance recommandée entre les routes et les améliorations de l'habitat est entre 500 et 1000 m minimum selon la fréquentation de la route (Medinas *et al.* 2019). Concernant la pérennisation, les mesures doivent depuis la loi biodiversité de 2016 être mises en place durant toute la durée des impacts (article L. 163-1). Ceci est traduit localement sur les projets et tend à contraindre les maîtres d'œuvre à consolider la pérennisation de leurs mesures et notamment des mesures compensatoires. La maîtrise des parcelles proposées, historiquement très faibles dans les dossiers de dérogation relatifs aux espèces protégées est un point désormais important (Billon *et al.* 2017). Il doit faire l'objet de garanties suffisantes par le porteur de projet au moment du dépôt du dossier.

c. Mesures de suivis

Enfin pour les mesures de suivis, la loi biodiversité de 2016 a pu engendrer des modifications au sein des projets. En effet, les notions d'objectif d'absence de perte nette voire de gain de biodiversité (article L. 110-1), de pérennité et d'obligation de résultats des mesures proposées dans les dossiers (article L. 163-1) ont été rajoutés par cette loi. Ceci oblige le maître d'ouvrage en tant que responsable juridiquement de faire un suivi des mesures mises en place que ce soit au moment de la phase travaux, d'exploitation ou des mesures compensatoires. Des mesures de suivis étaient déjà mises en place avant 2016, mais pas toujours bien respectées ni bien contrôlées. De plus, la loi biodiversité par son article 69, contraint les maîtres d'ouvrage à mettre en place les mesures ERC si l'autorité environnementale constate

des défauts de mise en place. Ceci a donc probablement entraîné une augmentation des mesures de suivis et une plus grande rigueur de celles-ci. Par ailleurs, récemment a été publié le guide d'aide aux suivis des mesures ERC renforçant l'importance de celles-ci (Thievent *et al.* 2019). Ceci est donc à prendre en considération pour les projets futurs. Il semble primordial de vérifier l'impact de l'infrastructure ainsi que l'efficacité des mesures d'évitement, de réduction et de compensation via des études avant / après et à impact contrôlé (BACI) (Claireau *et al.* 2019b; 2019c).

Conclusion

En conclusion, nous avons pu voir que tous les projets analysés ici ont des spécificités par rapport à leur taille, leur type ainsi que par rapport aux espèces inventoriées. Ces caractéristiques vont entraîner une prise en compte proportionnée de la biodiversité dans les dossiers réglementaires. Il semble important que celle-ci soit prise en compte le plus en amont possible dès la phase de conception du projet. En effet, les analyses multicritères sont devenues indispensables pour définir les tracés et sous tracés des projets. Celles-ci peuvent cependant être limitées par les autres critères considérés dans cette analyse qui prennent parfois le dessus sur la biodiversité. Par ailleurs, la base de l'intégration de la biodiversité dans les projets d'aménagement est la qualité des inventaires. Les inventaires se font généralement en deux phases avec d'abord des inventaires larges moins précis puis des inventaires précis autour du tracé final. Par rapport aux inventaires, une évolution de l'effort de prospection depuis ses 10 dernières années semble avoir eu lieu. En effet, les projets les plus récents ont entrepris des efforts de prospection plus importants. La taille de l'aire d'étude joue également sur la qualité des inventaires écologique. Une aire d'étude trop large permet d'avoir une vision plus large de l'impact du projet sur les milieux alentour, mais limite la précision des inventaires dans la zone précise du projet. Pour des projets de ce type, nous préconisons donc des efforts de prospection de l'ordre de 0,3 jour de prospection par hectare de zone d'étude et une zone d'étude d'un diamètre de 150 m de part et d'autre du tracé retenu. À titre de comparaison, Chatelain (2019) préconise un minimum de 3 jours de prospection par saison sur un cycle biologique minimal d'un an. Bien sûr, ces efforts de prospection sont à adapter selon la surface impactée et le type de projet prévu. Enfin, la prise en compte de la bibliographie et la considération de l'ensemble des groupes susceptibles d'être présents sont des critères importants à ne pas négliger lors de la conception des inventaires et des dossiers.

Par rapport aux enjeux écologiques, les espèces inventoriées dans notre analyse sont spécifiques à chaque projet même si on retrouve un grand nombre d'espèces communes entre les différents projets. Ces espèces communes sont majoritaires dans les projets proches géographiquement comme les projets autour de Vichy. Les enjeux écologiques identifiés pour les espèces protégées sont également assez variables. En effet, ceux-ci semblent évoluer dans le temps et être déterminés par la méthodologie appliquée par le rédacteur du projet, par l'évolution des Listes Rouges Nationales et Régionales, par l'évolution des Plans Nationaux d'Action et enfin par la sensibilité du rédacteur. On note toutefois que certaines espèces ont des enjeux importants dans tous les dossiers et doivent donc être particulièrement prises en compte. Dans l'Allier ces espèces semblent être l'Écrevisse à pattes blanches, la Grande alose,

le Sonneur à ventre jaune, la Rainette verte, la Loutre d'Europe, le Castor d'Eurasie, l'Alouette lulu, le Bruant jaune et le Murin de Bechstein.

Concernant les impacts présentés dans les dossiers, ils ne semblent pas avoir évolué dans le temps, mais ils semblent être dépendants de la zone géographique des projets. En effet, les projets étant tous du même type, les impacts dépendent principalement du paysage traversé. Par rapport aux mesures mises en place dans les différents projets, il ne semble pas y avoir d'évolution dans le temps de celles-ci en terme quantitatif non plus. Elles dépendent plus de la taille du projet et de la volonté propre du maître d'œuvre de proposer un nombre de mesures importantes ou non. À savoir qu'ici, seul l'aspect quantitatif a été analysé et non l'aspect qualitatif des mesures. Les mesures de réductions en phase d'exploitation et les mesures d'accompagnement semblent dépendantes du projet et du maître d'ouvrage et donc moins généralisables que les autres mesures. Concernant les autres types de mesures, 8 mesures ont été mises en place dans tous les projets, on peut considérer ces huit mesures comme étant les mesures minimales à mettre en place dans un projet d'infrastructure routière. Il faut toutefois noter que les mesures proposées dans les dossiers doivent prendre en compte la spécificité de l'infrastructure étudiée. En complément à ces mesures, des mesures d'accompagnement et de suivis peuvent être mises en place. Elles sont obligatoires réglementairement pour les mesures de suivis, mais volontaires pour les mesures d'accompagnement. Depuis 2016, les maîtres d'ouvrage ont une obligation de résultat, ils doivent donc grâce aux mesures de suivi montrer la bonne mise en place et l'efficacité des mesures prévues.

Une évolution des dossiers CNPN depuis ces 10 dernières années semble donc être réelle. Cette évolution peut entre autres, être expliquée par les retours des autorités environnementales, les évolutions réglementaires et l'évolution du cadre méthodologique de la mesure ERC et des dossiers CNPN. Ces évolutions peuvent se résumer en une nécessité d'intégrer la biodiversité le plus en amont possible, de mettre en place des inventaires naturalistes poussés dans une zone suffisamment précise autour du projet, d'intégrer la bibliographie, les plans nationaux d'action et les listes rouges dans les dossiers CNPN. Concernant les mesures, celles-ci doivent maintenant être pérennisées au maximum et suivies précisément afin de vérifier la bonne mise et l'efficacité de celles-ci.

Cependant, notre analyse s'est basée sur seulement 5 projets dans une zone spécifique. Nos résultats représentent donc ces projets et pas forcément l'ensemble des projets routiers. De plus, il existe encore des critiques de la séquence ERC en France, notamment sur la réelle pérennisation des mesures compensatoires, le principe d'additionnalité et l'absence de la prise en compte des espèces communes dans celles-ci (Couvét 2012; Quétier *et al.* 2014; Levrel *et al.* 2018). L'intégration de ces remarques dans les projets futurs permettrait donc d'améliorer encore la qualité des dossiers CNPN ainsi que la prise en compte de la biodiversité.

Références

- ABBOTT, I. M., BUTLER, F. et HARRISON, S., 2012. When flyways meet highways – The relative permeability of different motorway crossing sites to functionally diverse bat species. *Landscape and Urban Planning*. juin 2012. Vol. 106, n° 4, p. 293-302. DOI 10.1016/j.landurbplan.2012.03.015.
- ALBERTINI, J-P, HUBERT, S., MORANDEAU, D., LE BRIS, C., LANSIART, M. et LEMAÎTRE-CURRI, E., 2013. Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels. Commissariat général au développement durable (CGDD) du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE). 232 p.
- ALLIGAND, G., HUBERT, S., LEGENDRE, T., MILLARD, F. et MÜLLER, A., 2018. Evaluation environnementale. Guide d'aide à la définition des mesures ERC. Paris : Commissariat général au développement durable (CGDD) du Ministère de l'Écologie, du Ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES). 122 p.
- ARNOLD, Graham W. et WEELDENBURG, J.R., 1990. Factors determining the number and species of birds in road verges in the wheatbelt of Western Australia. *Biological Conservation*. 1990. Vol. 53, n° 4, p. 295-315. DOI 10.1016/0006-3207(90)90098-A.
- Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées. Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000006055961>.
- Article L110-1 du Code de l'Environnement, modifié par LOI n°2016-1087 du 8 août 2016 - art. 1,2 et 3. Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000033033501&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20160810>
- Article L163-1 du Code de l'Environnement, créé par LOI n°2016-1087 du 8 août 2016 - art. 69. Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000033025728&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20160810>.
- Article L371-1 du Code de l'Environnement, modifié par LOI n°2016-1087 du 8 août 2016 - art. 17. Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000033033687&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20160810>
- Article L411-1 du Code de l'Environnement, modifié par LOI n°2016-1087 du 8 août 2016 - art. 149 (V). Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000006833715&cidTexte=LEGITEXT000006074220>.
- Article L411-2 du Code de l'Environnement, modifié par LOI n°2016-1087 du 8 août 2016 - art. 68, 74 et 105 (V). Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=0546AA1204DFA558BCB543A4B7A124FF.tplgfr41s_1?idArticle=LEGIARTI000033034252&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20190826&categorieLien=id&oldAction=&nbResultRech=.

- Article L414-1 du Code de l'Environnement, modifié par LOI n°2016-1087 du 8 août 2016 - art. 162. Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006074220&idArticle=LEGIARTI000006833736&dateTexte=&categorieLien=cid>.
- Article L414-2 du Code de l'Environnement, modifié par LOI n°2016-1087 du 8 août 2016 - art. 159 et 162. Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000033035748&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20160810>.
- Article R122-5 du Code de l'Environnement, modifié par Décret n°2019-190 du 14 mars 2019 - art. 6. Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000038247372&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20190401>
- Article R411-1 du code de l'Environnement. Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=0546AA1204DFA558BCB543A4B7A124FF.tplgfr41s_1?idArticle=LEGIARTI000006449919&cidTexte=LEGITEXT00006070933&dateTexte=20190826&categorieLien=id&oldAction=
- Article R411-14 du code de l'Environnement, modifié par Décret n°2007-15 du 4 janvier 2007 - art. 1 JORF 5 janvier 2007. Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000006837724&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20150126>
- AZUAR, Jean-Jacques, NOGUEIRA, Sylvie, MESQUI, Jean et LEVESQUE, Stéphane, 2018. FAITS ET CHIFFRES 2018 Statistiques des Mobilités. *FAITS ET CHIFFRES*. Union Routière de France (URF). 2018. 144 p.
- BEEBEE, Trevor J. C., 2013. Effects of Road Mortality and Mitigation Measures on Amphibian Populations: Amphibians and Roads. *Conservation Biology*. août 2013. Vol. 27, n° 4, p. 657-668. DOI 10.1111/cobi.12063.
- BELENGUIER, L., BRUGEROLLE, T. et RIOLS, R., 2016. Synthèse des données 2016 de faune-auvergne.org. LPO Auvergne. 15 p.
- BENNETT, V. J., SPARKS, D. W. et ZOLLNER, P. A., 2013. Modeling the indirect effects of road networks on the foraging activities of bats. *Landscape Ecology*. mai 2013. Vol. 28, n° 5, p. 979-991. DOI 10.1007/s10980-013-9874-0.
- BÉRION, P., JOIGNAU, G. et LANGUMIER, J-F., 2007. L'évaluation socio-économique des infrastructures de transport : Enrichir les approches du développement territorial. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*. 2007. Vol. novembre, n° 4, p. 651. DOI 10.3917/reru.074.0651.
- BERNES, C., BULLOCK, J. M., JAKOBSSON, S., RUNDLÖF, M., VERHEYEN, K. et LINDBORG, R., 2017. How are biodiversity and dispersal of species affected by the management of roadsides? A systematic map. *Environmental Evidence*. décembre 2017. Vol. 6, n° 1, p. 24. DOI 10.1186/s13750-017-0103-1.
- BIGARD, C., 2018. Appréhender la séquence ERC dès la planification de l'aménagement du territoire. Du changement d'échelle à sa mise en oeuvre. In : . Saint-Martin-D'Hères : IRSTEA. 2018. p. 23.

- BILLON, V., CARSIGNOL, J., CHRETIEN, L., FONTAINE, A., GEORGES, N., HUBERT, S. et LENFANT, A., 2017. Sécurisation des projets d'infrastructures linéaires de transports volet espèces protégées. Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement. 79 p.
- BIOTOPE, 2016. Bilan intermédiaire 2010-2015. Extension de l'A719 entre Gannat et Vichy (Allier, 03). APRR. 137p.
- BOITANI, L., FALCUCCI, A., MAIORANO, L. et RONDININI, C., 2007. Ecological networks as conceptual frameworks or operational tools in conservation. *Conservation biology*. 2007. Vol. 21, n° 6, p. 1414–1422.
- BUTCHART, S. H. M., WALPOLE, M., COLLEN, B., VAN STRIEN, A., SCHARLEMANN, J. P. W., ALMOND, R. E. A., BAILLIE, J. E. M., BOMHARD, B., BROWN, C., BRUNO, J., CARPENTER, K. E., CARR, G. M., CHANSON, J., CHENERY, A. M., CSIRKE, J., DAVIDSON, N. C., DENTENER, F., FOSTER, M., GALLI, A., GALLOWAY, J. N., GENOVESI, P., GREGORY, R. D., HOCKINGS, M., KAPOV, V., LAMARQUE, J.-F., LEVERINGTON, F., LOH, J., MCGEOCH, M. A., MCRAE, L., MINASYAN, A., MORCILLO, M. H., OLDFIELD, T. E. E., PAULY, D., QUADER, S., REVENGA, C., SAUER, J. R., SKOLNIK, B., SPEAR, D., STANWELL-SMITH, D., STUART, S. N., SYMES, A., TIERNEY, M., TYRRELL, T. D., VIE, J.-C. et WATSON, R., 2010. Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. *Science*. 28 mai 2010. Vol. 328, n° 5982, p. 1164 -1168. DOI 10.1126/science.1187512.
- CABLE, J. et BRUFORD, M. W., 2008. An evaluation of non-invasive sampling for genetic analysis in northern European reptiles. *The Herpetological Journal*. 2008. Vol. 18, n° 1, p. 32–39.
- CEIA-HASSE, A., NAVARRO, L. M., BORDA-DE-ÁGUA, L. et PEREIRA, H. M., 2018. Population persistence in landscapes fragmented by roads: Disentangling isolation, mortality, and the effect of dispersal. *Ecological Modelling*. mai 2018. Vol. 375, p. 45-53. DOI 10.1016/j.ecolmodel.2018.01.021.
- CEREMA, 2018. Chiroptères et infrastructures de transport. Note d'information. Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement. 23 p.
- CEREMA, 2019a. Amphibiens et dispositifs de franchissement des infrastructures de transport terrestre. Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement. 58 p.
- CEREMA, 2019b. Clôtures routières et ferroviaires et faune sauvage : Critères de choix et recommandations d'implantation. Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement. 36 p.
- CHATELAIN, M., 2019. Instruction des dérogations aux interdictions visant les espèces protégées (art. L411-2 du code de l'environnement). Direction régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement AUVERGNE-RHÔNE-ALPES. 42 p.
- CLAIREAU, F., BAS, Y., JULIEN, J.-F., MACHON, N., ALLEGRINI, B., PUECHMAILLE, S. J. et KERBIRIOU, C., 2019c. Bat overpasses as an alternative solution to restore habitat connectivity in the context of road requalification. *Ecological Engineering*. 2019c. Vol. 131, p. 34-38. DOI 10.1016/j.ecoleng.2019.02.011.
- CLAIREAU, F., BAS, Y., PAUWELS, J., BARRÉ, K., MACHON, N., ALLEGRINI, B., PUECHMAILLE, S. J. et KERBIRIOU, C., 2019a. Major roads have important negative effects on

- insectivorous bat activity. *Biological Conservation*. 2019a. Vol. 235, p. 53-62. DOI 10.1016/j.biocon.2019.04.002.
- CLAIREAU, F., BAS, Y., PUECHMAILLE, S. J., JULIEN, J-F., ALLEGRINI, B. et KERBIRIOU, C., 2019b. Bat overpasses: An insufficient solution to restore habitat connectivity across roads. *Journal of Applied Ecology*. 2019b. Vol. 56, n° 3, p. 573-584. DOI 10.1111/1365-2664.13288.
- CLEVINGER, A. P., CHRUSZCZ, B. et GUNSON, K. E., 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*. janvier 2003. Vol. 109, n° 1, p. 15-26. DOI 10.1016/S0006-3207(02)00127-1.
- COUVET, D., 2012. De la préservation de la nature ordinaire parmi les enjeux de biodiversité. *L'exigence de réconciliation. Biodiversité et société, Paris, Ed. Fayard et MNHN, Collection Le temps des Sciences*. 2012. p. 145-157.
- D'AMICO, M., ROMÁN, J., DE LOS REYES, L. et REVILLA, E., 2015. Vertebrate road-kill patterns in Mediterranean habitats: Who, when and where. *Biological Conservation*. novembre 2015. Vol. 191, p. 234-242. DOI 10.1016/j.biocon.2015.06.010.
- DE REDON, L., LE VIOL, I., JIGUET, F., MACHON, N., SCHER, O. et KERBIRIOU, C., 2015. Road network in an agrarian landscape: Potential habitat, corridor or barrier for small mammals? *Acta Oecologica*. janvier 2015. Vol. 62, p. 58-65. DOI 10.1016/j.actao.2014.12.003.
- DE REDON, L., 2008. *Intérêts écologiques des bords de route en milieu agricole intensif*. PhD Thesis. Thèse de doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris: VIII. 223 p.
- Directive 76/CEE du Conseil, du 2 avril 1979, concernant la conservation des oiseaux sauvages. Eurlex. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:31979L0409>.
- Directive 92/43/CEE du Conseil, du 21 mai 1992, concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. Eurlex. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:31992L0043>.
- DULAC, J., 2013. Global land transport infrastructure requirements : Estimating road and railway infrastructure capacity and costs to 2050. *International Energy Agency*. 2013. Vol. 20, p. 54.
- Equipe de développement de QGIS, 2019. [en ligne]. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponible à l'adresse : <http://qgis.osgeo.org>
- FINKA, M., ONDREJICKA, V., HUSAR, M. et JAMECNY, L., 2019. Linear Transport Infrastructure Development Processes as the Objects of Harmonisation with Wildlife. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 24 février 2019. Vol. 471, p. 14. DOI 10.1088/1757-899X/471/9/092055.
- FORMAN, R. T. T. et ALEXANDER, L. E., 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*. novembre 1998. Vol. 29, n° 1, p. 207-231. DOI 10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207.
- FORMAN, R. T. T., SPERLING, D., BISSONETTE, J. A., CLEVINGER, A. P., CUTSHALL, C. D., DALE, V. H., FAHRIG, L., FRANCE, R. L., HEANUE, K. et GOLDMAN, C. R., 2003. *Road ecology: science and solutions*. Island Press. 481 p.

- FOX, J. et BOUCHET-VALAT, M., 2017. *Rcmdr : R commander. R package version 2.4-1*.
- FREY-EHRENBOLD, A., BONTADINA, F., ARLETTAZ, R. et OBRIST, M. K., 2013. Landscape connectivity, habitat structure and activity of bat guilds in farmland-dominated matrices. *Journal of Applied Ecology*. février 2013. Vol. 50, n° 1, p. 252-261. DOI 10.1111/1365-2664.12034.
- GELBARD, J. L. et BELNAP, J., 2003. Roads as Conduits for Exotic Plant Invasions in a Semiarid Landscape. *Conservation Biology*. avril 2003. Vol. 17, n° 2, p. 420-432. DOI 10.1046/j.1523-1739.2003.01408.x.
- GLISTA, D. J., DEVAULT, T. L. et DEWOODY, J. A., 2009. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning*. mai 2009. Vol. 91, n° 1, p. 1-7. DOI 10.1016/j.landurbplan.2008.11.001.
- GÓMEZ-RODRÍGUEZ, C., BUSTAMANTE, J., DÍAZ-PANIAGUA, C. et GUISAN, A., 2012. Integrating detection probabilities in species distribution models of amphibians breeding in Mediterranean temporary ponds: Integrating detection probabilities in species distribution models. *Diversity and Distributions*. mars 2012. Vol. 18, n° 3, p. 260-272. DOI 10.1111/j.1472-4642.2011.00837.x.
- GUINARD, E., 2013. Infrastructures de transport autoroutières et avifaune: les facteurs influençant la mortalité par collision. PhD Thesis. Ecole pratique des hautes études - EPHE PARIS. 243 p.
- IUELL, B., 2003. Wildlife and Traffic-a European handbook for identifying conflicts and designing solutions. In : *The XXIIInd PIARC World Road Congress*. Durban : World Road Association-PIARC. 2003. p. 14.
- KENNETH DODD, C., BARICHIVICH, W. J. et SMITH, L. L., 2004. Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological Conservation*. août 2004. Vol. 118, n° 5, p. 619-631. DOI 10.1016/j.biocon.2003.10.011.
- KPEMOUA, P., 2016. Analyse de l'impact des infrastructures de transport sur la croissance économique du Togo. . 2016. p. 24.
- KUHN, R., SIMONNET, F., ARTHUR, C. et BARTHÉLEMY, V., 2019. *Plan National d'Actions en faveur de la Loutre d'Europe (Lutra lutra) 2019 - 2028*. SFPEM & DREAL Nouvelle-Aquitaine. 89 p.
- LAVALOUX, T. et FÉMÉNIAS, A., 2011. rapport n°007411-01: *Compétences et professionnalisation des bureaux d'études auegard de la qualité des études d'impact (évaluations environnementales)* [en ligne]. Conseil général de l'environnement et du développement durable. 70 p. Disponible à l'adresse : http://cgedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/cgedd/007411-01_rapport.pdf
- LE, S., JOSSE, J. et HUSSON, F., 2008. FactoMineR : A Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*. 2008. Vol. 25, n° 1, p. 1-18. DOI 10.18637/jss.v025.i01.
- LE VIOL, I., 2009. Dynamique et répartition de la diversité: contribution pour une meilleure intégration dans les actions de conservation: l'exemple des dépendances vertes autoroutières. PhD Thesis. Paris, Muséum national d'histoire naturelle. 125 p.
- LESUEUR, T., LEMAÎTRE, V., KHALLOUKI, D. et MILLARD, F., 2019. Le principe de proportionnalité dans l'évaluation environnementale. Commissariat général au développement

durable (CGDD) du Ministère de l'Écologie, du Ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES). 4 p.

LEVREL, H., GUILLET, F., LOMBARD-LATUNE, J., DELFORGE, P. et FRASCARIA-LACOSTE, N., 2018. Application de la séquence éviter-réduire-compenser en France: le principe d'additionnalité mis à mal par 5 dérives. [VertigO] La revue électronique en sciences de l'environnement. 2018. Vol. 18, n° 2. p. 25.

Loi n°76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature. Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000684998&dateTexte=20180823>

Loi n° 99-533 du 25 juin 1999 d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire et portant modification de la loi n° 95-115 du 4 février 1995 d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire. Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000760911&categorieLien=id>

Loi n°2010-778 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement. Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000022470434>

Loi n°2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages. Legifrance. [en ligne, consulté le 12 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2016/8/8/DEVL1400720L/jo>

MALLARD, F., 2014. Développement d'une méthode d'évaluation quantitative des effets des projets d'infrastructures de transport terrestre sur les milieux naturels. PhD Thesis. Ecole Centrale de Nantes (ECN). 482 p.

MASON, T. J. et FRENCH, K., 2007. Management regimes for a plant invader differentially impact resident communities. *Biological Conservation*. avril 2007. Vol. 136, n° 2, p. 246-259. DOI 10.1016/j.biocon.2006.11.023.

MATA, C., HERVÁS, I., HERRANZ, J., SUÁREZ, F. et MALO, J.E., 2005. Complementary use by vertebrates of crossing structures along a fenced Spanish motorway. *Biological Conservation*. août 2005. Vol. 124, n° 3, p. 397-405. DOI 10.1016/j.biocon.2005.01.044.

MAXWELL, S. L., FULLER, R. A., BROOKS, T. M. et WATSON, J. E., 2016. Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature News*. 2016. Vol. 536, n° 7615, p. 143-145.

MEDDE, 2012. DOCTRINE relative à la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel. Paris : Ministère de l'écologie, du développement durable, des transport et du logement. 9 p.

MEDINAS, D., RIBEIRO, V., MARQUES, J. T., SILVA, B., BARBOSA, A. M., REBELO, H. et MIRA, A., 2019. Road effects on bat activity depend on surrounding habitat type. *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 660, p. 340-347. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.01.032.

MEEK, R., 2009. Patterns of reptile road-kills in the Vendée region of western France. *The Herpetological Journal*. 2009. Vol. 19, n° 3, p. 135-142.

- MERMOND, M., ZUMBACH, S., BORGULA, A., KRUMMENACHER, E., LÜSCHER, B., PELLET, J. et SCHMIDT, B., 2010. Notice pratique pour la conservation du sonneur à ventre jaune *Bombina variegata*. karch Centre de coordination pour la protection des amphibiens et des reptiles de Suisse. 26 p.
- NOORDIJK, J., DELILLE, K., SCHAFFERS, A. P. et SÝKORA, K. V., 2009. Optimizing grassland management for flower-visiting insects in roadside verges. *Biological Conservation*. octobre 2009. Vol. 142, n° 10, p. 2097-2103. DOI 10.1016/j.biocon.2009.04.009.
- OBSERVATOIRE NATIONAL DE LA BIODIVERSITÉ, 2018. Menaces sur le vivant : quand la nature ne peut plus suivre. Bilan de l'état de la biodiversité en France. Agence Française pour la Biodiversité. 4 p.
- OPIE, 2018. Plan national d'actions en faveur des «Papillons de jour» 2018-2027. Ministère de la transition écologique et solidaire. 50 p.
- ORŁOWSKI, G., 2008. Roadside hedgerows and trees as factors increasing road mortality of birds: Implications for management of roadside vegetation in rural landscapes. *Landscape and Urban Planning*. mai 2008. Vol. 86, n° 2, p. 153-161. DOI 10.1016/j.landurbplan.2008.02.003.
- PEETERS, A. et JANSSENS, F., 1998. Talus et prés fleuris: Mode d'emploi. *Un guide pour l'aménagement écologique des espaces verts. Brochure technique*. 1998. n° 7. 9 p.
- PENONE, C., MACHON, N., JULLIARD, R. et LE VIOL, I., 2012. Do railway edges provide functional connectivity for plant communities in an urban context? *Biological Conservation*. avril 2012. Vol. 148, n° 1, p. 126-133. DOI 10.1016/j.biocon.2012.01.041.
- PRÉSERVONS LA NATURE, 2019. Toutes les plantes sauvages du département Allier [en ligne]. 2019. Disponible à l'adresse : <https://www.preservons-la-nature.fr/flore/departement/03.html>
- QUÉTIER, F., REGNERY, B. et LEVREL, H., 2014. No net loss of biodiversity or paper offsets? A critical review of the French no net loss policy. *Environmental Science & Policy*. avril 2014. Vol. 38, p. 120-131. DOI 10.1016/j.envsci.2013.11.009.
- R CORE TEAM, 2017. R : A Language and Environment for Statistical Computing [en ligne]. Vienna, Austria : R Foundation for Statistical Computing. Disponible à l'adresse : <https://www.R-project.org/>
- RAMP, D., WILSON, V. K. et CROFT, D. B., 2006. Assessing the impacts of roads in peri-urban reserves: Road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. *Biological Conservation*. mai 2006. Vol. 129, n° 3, p. 348-359. DOI 10.1016/j.biocon.2005.11.002.
- RIETVELD, P. et VICKERMAN, R., 2003. Transport in regional science: The « death of distance » is premature. *Papers in Regional Science*. 1 octobre 2003. Vol. 83, n° 1, p. 229-248. DOI 10.1007/s10110-003-0184-9.
- RYTWINSKI, Trina et FAHRIG, Lenore, 2013. Why are some animal populations unaffected or positively affected by roads? *Oecologia*. novembre 2013. Vol. 173, n° 3, p. 1143-1156. DOI 10.1007/s00442-013-2684-x.
- SAARINEN, K., VALTONEN, A., JANTUNEN, J. et SAARNIO, S., 2005. Butterflies and diurnal moths along road verges: Does road type affect diversity and abundance? *Biological Conservation*. juin 2005. Vol. 123, n° 3, p. 403-412. DOI 10.1016/j.biocon.2004.12.012.

- SABINO-MARQUES, H. et MIRA, A., 2011. Living on the verge: are roads a more suitable refuge for small mammals than streams in Mediterranean pastureland? *Ecological Research*. mars 2011. Vol. 26, n° 2, p. 277-287. DOI 10.1007/s11284-010-0781-4.
- SCIENCES ENVIRONNEMENT, 2018. Compte-rendu de prospections CSO Vichy (03) Bilan 2013-2018. Conseil Départemental de l'Allier. 121 p.
- SETRA, 2005. Aménagements et mesures pour la petite faune: guide technique. Bagneux : Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements. 264 p. ISBN 978-2-11-094647-8.
- SETRA, 2006. Routes et passages à faune, 40 ans d'évolution. Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements. 57 p.
- STUART, S. N., CHANSON, J. S., COX, N. A., YOUNG, B. E., RODRIGUES, A. S. L., FISCHMAN, D. L. et WALLER, R. W., 2004. Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide. *Science*. 3 décembre 2004. Vol. 306, n° 5702, p. 1783-1786. DOI 10.1126/science.1103538.
- TAPIERO, A., ARTHUR, C., AULAGNIER, S., BALLAND, M., BINNERT, C., BOREL, C., CAIHOL, D., DECORS, A., DEHAUDT, M., DELHAY, J-F, DERVAUX, A., GRESSETTE, S., GOEDERT, V., HAFA, J., JULIEN, J-F., MARMET, J., MÊME-LAFOND, B., NOWICKI, F., OUVRARD, E., PERRET, M., PICARD-MEYER, E., PUECHMAILLE, S., ROUÉ, S. et VERMEERSCH, p., 2016. *Plan national d'actions en faveur des Chiroptères (2016-2025)*. DREAL Bourgogne-Franche-Comté.
- TEIXEIRA, F., KINDEL, A., HARTZ, S. M., MITCHELL, S. et FAHRIG, L., 2017. When road-kill hotspots do not indicate the best sites for road-kill mitigation. *Journal of Applied Ecology*. octobre 2017. Vol. 54, n° 5, p. 1544-1551. DOI 10.1111/1365-2664.12870.
- THIEVENT, P., MILLARD, F., LEGENDRE, T., GUERIN, M., DEVINEAU, C. et CADI, A., 2019. Guide d'aide au suivi des mesures d'évitement, de réduction et de compensation des impacts d'un projet sur les milieux naturels. *Les cahiers de BIODIV'2050 : INVENTER*. 2019. N° 13, p. 84.
- VAN BOHEMEN, H. D., 1998. Habitat fragmentation, infrastructure and ecological engineering. *Ecological Engineering*. octobre 1998. Vol. 11, n° 1-4, p. 199-207. DOI 10.1016/S0925-8574(98)00038-X.
- VANDEVELDE, J. C., 2013. Choice of large transport infrastructure routes: what place for biodiversity? *Développement Durable et Territoires*. 2013. Vol. 4, n° 1. DOI 10.4000/developpementdurable.9721.
- VANDEVELDE, J-C., PENONE, C., KERBIRIOU, C. et LE VIOL, I., 2012. Grandes infrastructures de transport et biodiversité: quelle prise en compte? In : *Fleury, C. et Prévot-Julliard A. C., L'exigence de la réconciliation: biodiversité et société, Fayard (le Temps des Sciences)*. Fayard (le Temps des Sciences). p. 195-209.
- VANPEENE-BRUHIER, S. et DALBAN-CANASSY, J., 2006. Etat des lieux de la connaissance et des attentes des acteurs sur l'impact des infrastructures de transport terrestre sur les paysages et les écosystèmes. *CEMAGREF, Projet Ittecop*. 2006. p. 114.
- VIE PUBLIQUE, 2005. La politique de la route et de sécurité routière jusqu'en 2005 [en ligne]. 2005. Disponible à l'adresse : <https://www.vie-publique.fr/politiques-publiques/politique-route-securite-routiere/infrastructures-routieres/>

VRIGNAUD, S. et DUBOC, P., 2017. Synthèse des données 2017 de faune-auvergne.org. LPO Auvergne. 17 p.

WYNHOFF, I., VAN GESTEL, R., VAN SWAAY, C. et VAN LANGEVELDE, F., 2011. Not only the butterflies: managing ants on road verges to benefit Phengaris (Maculinea) butterflies. *Journal of Insect Conservation*. avril 2011. Vol. 15, n° 1-2, p. 189-206. DOI 10.1007/s10841-010-9337-8.

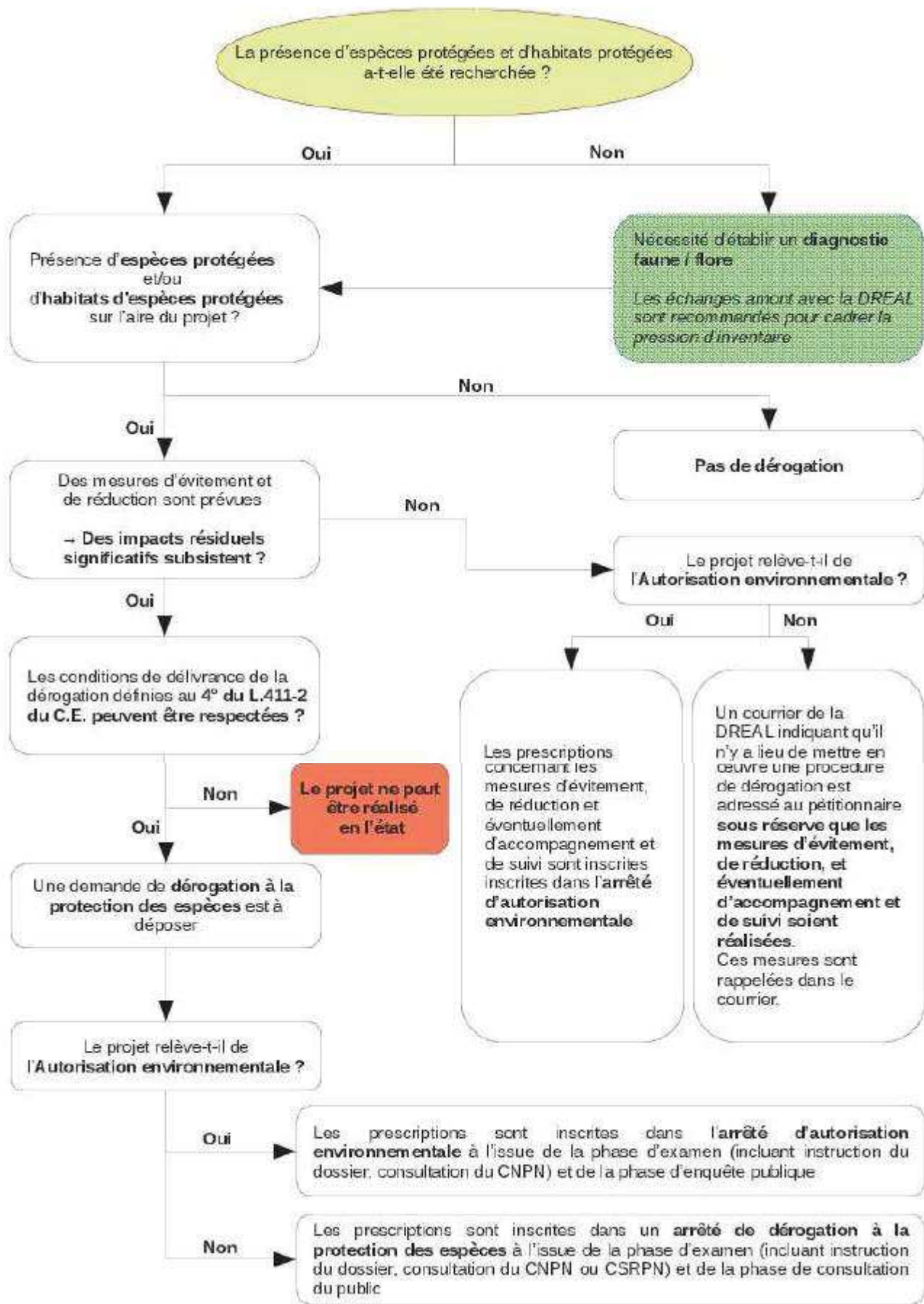
Annexes

Annexe I : Objectifs permettant d'être éligible à une dérogation à la protection des espèces protégées (article L411-2, 4° du code de l'environnement.)

Pour être éligibles à une dérogation à la protection des espèces, les projets doivent être réalisés suivant un des cinq objectifs suivants (article L411-2, 4°) :

- a) Dans l'intérêt de la protection de la faune et de la flore sauvages et de la conservation des habitats naturels
- b) Pour prévenir des dommages importants notamment aux cultures, à l'élevage, aux forêts, aux pêcheries, aux eaux et à d'autres formes de propriété
- c) Dans l'intérêt de la santé et de la sécurité publiques ou pour d'autres raisons impératives d'intérêt public majeur, y compris de nature sociale ou économique, et pour des motifs qui comporteraient des conséquences bénéfiques primordiales pour l'environnement
- d) À des fins de recherche et d'éducation, de repeuplement et de réintroduction de ces espèces et pour des opérations de reproduction nécessaires à ces fins, y compris la propagation artificielle des plantes
- e) Pour permettre, dans des conditions strictement contrôlées, d'une manière sélective et dans une mesure limitée, la prise ou la détention d'un nombre limité et spécifié de certains spécimens

Annexe II : Exemple de la démarche à effectuer pour déterminer si un dossier est soumis à une demande de dérogation espèce protégée en région Ile de France (Chatelain 2019).



- **Le formulaire CERFA : demande formelle**
 - TOUTES les espèces protégées impactées par le projet doivent être énumérées
 - Ne pas confondre espèce protégée et espèce à fort enjeu de conservation
 - Le niveau de traitement doit être proportionné aux enjeux de conservation des espèces et aux impacts du projet
- **Présentation et justification du projet**
 - Communes, cartes de localisations (IGN 1/25 000)
 - Pourquoi n'existe-t-il pas d'autre solution satisfaisante ?
 - La dérogation est-elle compatible avec le maintien dans un état de conservation favorable des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle ?
 - Le projet présente-t-il un intérêt manifeste pour la santé et la sécurité publique ?
 - répond-il à d'autres raisons impératives d'intérêt public majeur, y compris de nature sociale ou économique ?
- **Etat initial : méthodes**
 - Description des protocoles, dates et nombre de jours de prospection (période et pression d'échantillonnage adaptées)
 - Tous les groupes d'espèces doivent être étudiés (y compris insectes, etc)
 - Le cycle biologique complet de toutes les espèces doit être couvert = 1 an
 - A minima 3 jours de prospection par saison (~ 12 jours/an)
 - L'étude doit être précise pour lever les doutes sur la présence potentielle des espèces
- **Présentation des espèces protégées impactées**
 - Désignation précise de chaque espèce (nom commun, nom latin, type de protection, existence d'un Plan National d'Actions...)
 - Aire de répartition (cartographie)
 - Statut de rareté/menace de l'espèce (référence aux listes rouges disponibles)
 - Estimation des populations (surfaces d'habitats, effectifs...)
 - Évaluation de l'état de conservation des populations (aux niveaux nationaux, régional, départemental, local)
 - Description de l'impact du projet sur chacune des espèces
 - Localisation des habitats d'espèces protégées et des zones à enjeux (cartographie)
 - Surface d'habitat d'espèces protégées (sites de reproduction et aires de repos) sur la zone d'étude.
- **Mise en Œuvre de la séquence « Éviter - Réduire - Compenser »**
 - Qualification des impacts bruts (c'est-à-dire **avant** mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction d'impacts) et quantification des surfaces impactées correspondantes
 - Mesures d'évitement, exemple : déplacement de certains éléments du projet pour éviter les habitats d'espèces (haies, boisements, zone humides...)
 - Mesures de réduction d'impact, exemple : adaptation du calendrier du chantier pendant les périodes les moins impactantes pour les espèces
 - Qualification des impacts résiduels (c'est-à-dire **après** mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction d'impacts) et quantification des surfaces impactées correspondantes
 - Mesures compensatoires :
 - recréation d'habitats d'espèces (replantation de haies)
 - amélioration d'habitats dégradés (mesures de gestion, délimitation d'îlots de sénescence en forêt)
 - pérennisation des mesures (maîtrise foncière, rétrocession à la collectivité...)
 - description des protocoles d'intervention (fiches) ;
 - **Dimensionnement des mesures compensatoires :**
 - Moyenne des ratios surfaciques de compensation prescrits dans le cadre des décisions mises en œuvre en Rhône-Alpes : 3/1
 - Mesures d'accompagnement, exemple : contribution à un plan de conservation local des espèces (cas de l'Édicnème criard en Rhône-Alpes), financement d'inventaires ;
 - Mesures de suivi de la biodiversité : suivi de la mise en œuvre et de l'efficacité des mesures ;

Le dossier de demande de dérogation est un document opérationnel pour le porteur de projet : il fixe l'ensemble des mesures à mettre en œuvre (localisation, durée, protocoles, moyens ...).

Nom commun	Nom latin
Agrion de mercure	<i>Coenagrion mercuriale</i>
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>
Azuré du serpolet	<i>Phengaris arion</i>
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>
Bondrée apivore,	<i>Pernis apivorus</i>
Bouvière	<i>Rhodeus sericeus</i>
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>
Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>
Castor d'Eurasie	<i>Castor fiber</i>
Chabot commun	<i>Cottus gobio</i>
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>
Chat forestier	<i>Felis silvestris silvestris</i>
Cistude d'Europe	<i>Emys orbicularis</i>
Coronelle lisse	<i>Coronella austriaca</i>
Couleuvre helvétique	<i>Natrix helvetica</i>
Couleuvre verte et jaune	<i>Hierophis viridiflavus</i>
Couleuvre vipérine	<i>Natrix maura</i>
Crapaud calamite	<i>Epidalea calamita</i>
Crapaud commun	<i>Bufo bufo</i>
Cuivré des marais	<i>Lycaena dispar</i>
Ecaille chiné	<i>Euplagia quadripunctaria</i>
Écrevisse à pattes blanches	<i>Austropotamobius pallipes</i>
Ecureuil roux	<i>Sciurus vulgaris</i>
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>
Grand capricorne	<i>Cerambyx cerdo</i>
Grand murin	<i>Myotis myotis</i>
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>
Grande alose	<i>Alosa alosa</i>
Grenouille agile	<i>Rana dalmatina</i>
Grenouille rousse	<i>Rana temporaria</i>
Grenouille verte	<i>Pelophylax sp.</i>
Lamproie marine	<i>Petromyzon marinus</i>
Loutre d'Europe	<i>Lutra lutra</i>
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>
Mulette épaisse	<i>Unio crassus</i>
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatu</i>
Murin de bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>
Musaraigne aquatique	<i>Neomys fodiens</i>
Muscardin	<i>Neomys fodiens</i>
Oedicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>
Petit rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>

Pie-grièche écorcheur	<i>Lanius collurio</i>
Rainette verte	<i>Hyla arborea</i>
Salamandre tachetée	<i>Salamandra salamandra</i>
Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>
Sonneur à ventre jaune	<i>Sonneur à ventre jaune</i>
Triton crêté	<i>Triturus cristatus</i>
Triton palmé	<i>Lissotriton helveticus</i>
Truite de rivière	<i>Salmo trutta</i>
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>
Verdier d'europe	<i>Chloris chloris</i>

Annexe V : Détails des protocoles de déterminations des enjeux selon les projets.

	À 719	CSO	Blvd	RN 7	CNO
Données prises en comptes	Enjeux national et régional et sensibilité vis-à-vis du projet	L'enjeu écologique est calculé en coefficientant le niveau de sensibilité (Intensité de l'impact, distance au projet, rupture de la continuité) par le niveau de patrimonialité (statut de protection, degré de rareté et vulnérabilité et état de conservation)	Informations réglementaires (protection), évaluatives (Listes Rouges régionales UICN) et dire d'expert (statut local de l'espèce, fonctionnalité des habitats naturels, fonctionnalité des connexions, valeur socio-économique)	Pas d'enjeux écologiques, mais impacts (projet, local, régional et national	Statuts patrimoniaux de l'habitat naturel/ taxon considéré, à différentes échelles géographiques, Superficie / recouvrement / typicité de l'habitat naturel sur l'aire d'étude, utilisation de l'aire d'étude par l'espèce (reproduction possible, alimentation, etc.), représentativité à différentes échelles géographiques de l'habitat naturel / la population d'espèce sur l'aire d'étude, Viabilité ou permanence de cet habitat naturel / cette population sur l'aire d'étude, Rôle fonctionnel écologique supposé, Contexte écologique et degré d'artificialisation / de naturalité de l'aire d'étude. Aucune considération de statut réglementaire n'entre dans cette évaluation.
Graduation des enjeux	Faible, modérée, fort et majeur	Faible, moyen, fort et majeur	Nul, faible, moyen et fort	Nul, faible, modéré et fort	Nul, négligeable, faible, moyen fort et très fort

Groupe	Année Liste Rouge Nationales	Année Liste Rouge Régionales
Flore	2018	2013
Mammifère	2009 / 2017	2004 / 2015
Amphibien	2015	2004 / 2017
Reptile	2015	2004
Oiseaux	2011 / 2016	2010 / 2016
Orthoptère	2004	2004 / 2017
Odonates	2016	2004 / 2017
Rhopalocères	2012	2004 / 2014
Poisson	2009 / 2019	2004
Crustacés	2004	2012

Mesure	Groupe	Type	A719	CSO 1	CSO 2	Bld	RN 7	Équivalence Guide *
Conception générale du projet	Tous	E	X		X			E1 1
Préservation de zones au sein des emprises	Amphibiens	E				Bosquets	Mares	E1 1b
Optimisation du profil et de la géométrie de l'infrastructure		E		X	X			E2 2d
Optimisation du tracé et adaptation des emprises	Tous	E et R	X	X	X	X	X	E2 2e
Adaptation des ouvrages afin de rétablir la perméabilité de l'infrastructure (ouvrage et traitement paysager)	Mammifères, amphibiens et chiroptères	R	X	X	X	X	X	R2 2r, R2 2e, f et g
Amélioration de la méthodologie de construction des ouvrages hydrauliques et des ouvrages de décharge	Tous	R	X	X	X			R2 2m / R2 2r

Mesure	Groupe	Type	A719	CSO1	CSO2	Blvd	RN 7	Équivalence Guide
Mise en place d'un système de management environnemental (SOPRE)/PAE)	Tous	R	X	X	X			A6 1c
Suivi environnemental de chantier, dès le démarrage des travaux, limitation et respect des emprises chantier	Tous	R	X			X (MA02)		R1 1d et R1 2c
Adaptation de la période des travaux en dehors des périodes sensibles	Tous	R	X	X	X	X	X	E4 1a / R3 1a
Réduction du dérangement (limitation de l'éclairage, travaux la nuit, limitation des émissions sonores)	Tous	R	X	X (engoulement d'Europe)	X (chiroptère)			R2 1k / R3 1b
Limitation des envois de poussière	Tous	R	X	X	X		X	R3 1b, R2 1k
Mis en défens des zones sensibles d'un point de vue écologique et située à proximité immédiate de la zone de travaux	Tous	R	X	X	X			E2 1a / R1 1c / R1 2b
Utilisation des voies d'accès existantes et des zones d'emprise finales pour les travaux	Tous	R	X					R2 1g
Mise en place d'ouvrages de franchissement provisoire pour assurer la transparence hydraulique et écologique	Tous	R	X	X	X			R2 1h / R2 1m
Réalisation et mise en place de caches/mares de substitution pour la faune avant le démarrage des travaux	Tous	R	X (mares)	X (gites pour chiro)	X (gites pour chiro)	X (gites pour hérissons)		R2 2l
Réduction des déblais	Tous	R		X	X			
Traitement des espèces invasives	Tous	R		X	X	X (MA07)	X	R2 1f
Adaptation de l'usage et entretiens des engins de chantiers (plan d'intervention en cas de pollution, engins équipés de kit antipollution, limitation des engins aux normes en vigueur, limitation vitesse, zone de stationnement)	Tous	R		X	X			R2 1g
Création de "buffets a insectes"	Insectes	R		X				R2 2l
Mesure en faveur de la préservation des milieux aquatiques	Espèce de milieux aquatique	R	X	X	X	X		NA

Dans les secteurs de travaux favorables à l'Édicnème criard, effarouchement d'individu, avant la période de reproduction	Avifaune	R	X					R2 1i
Clôture de la zone de chantier pour supprimer l'accès aux amphibiens dans les zones sensibles	Amphibiens, Mammifères, crustacés et mollusques	R	X	X	X	X	X	R2 1h
Limitation des impacts sur les individus (déplacement d'arbres favorables, préservations d'arbres mature, balisage de tronc)	Amphibiens, mammifères, chiroptères et insectes	R	X	X	X		X (grand capricorne)	R1 1c
Capture et déplacement des individus situés dans la zone d'emprise du projet	Amphibiens	R	X	X (amphibiens et mollusques)	X (amphibiens)	X (tritons palmés)	X (MA1)	R2 1o

Groupe	Groupe	A719	CSO1	CS0 2	Bld	RN 7	Équivalence Guide
Gestion de l'éclairage	Tous	X		X			R2 2c
Mise en place de clôture pour limiter le risque de collision (clôture positionnée au plus proche de l'autoroute)	Mammifères et amphibiens	X				X	R2 2j
Préservation des milieux aquatiques (pollution, principes de rétablissement des cours d'eau, etc.).	Tous	X	X	X			R2 2o
Végétalisation des abords de l'infrastructure	Tous				X	X	A3 b

Mesure	Groupe	A719	CSO 1	CSO 2	Blvd	RN 7	Équivalence Guide
Reboisement compensatoire (ha)	Tous	62	27	27	0,37	5,5	C1 1a
Gestion écologique de boisement (ha)	Tous	15	27	41	0,14	5,41	C3 1b
Création ou restauration de milieux ouverts prairiaux	Tous	X	5 ha, alouette lulu	5ha			C1 1a
Gestion adaptée de l'usage agricole (fauche tardive ou pâturage extensif)	Tous	Fauche tardive	Pâturage extensif	X			C3 2a
Fauchage centrifuge	Tous	X					C3 2a
Aménagement ou réhabilitation de zones humides (ha)	Tous	3	10	10	0,14 (MA04)	0,3	C1 1a
Stratégie de mise en œuvre des mesures compensatoires et de leur pérennité	Tous	X	X	X			C1 1b
Restauration de ripisylves	Tous		520m	1 ha			C1 1b
Recréation de haie	Tous		0,08 ha	0,08 ha	3 940 m	4486 m	C1 1b
Mesure de rétablissement de la dynamique de l'Allier (ha)	Tous		50	50			C1 1b
Restauration / gestion de pelouse calcaire	Tous			Azuré du serpolet			A6 1b ou c
Création de gîtes artificielle pour chauves-souris	Chauves-souris		X	X			C1 1b
Plantation de phragmite (pour la rousserolle turdoïde)	Avifaune		X				C2 1d
Création d'hibernaculums (enterré et aériens)	Amphibiens et reptiles	12	4	4		11	C2 2f
Création de mares	Amphibiens	36	4	4	3	4 + 0,06 ha de mégaphobie pour la reinette verte	C1 1a
Création de fossés (sonneur à ventre jaune)	Amphibiens	Sonneur à ventre jaune	Petites mares	Petites mares	X (1900 m ²)	Calamite	C2 2a
Restauration de fossés pour l'Agrion de mercure	Agrions de mercures	X					C2 1
Mise en place d'un protocole de protection du Triton palmé	Tritons palmés				X		C2 1i

Mesure	A719	CSO 1	CS0 2	Blvd	RN 7	Équivalence Guide
Pose de gites	Chiroptère			Avifaune : 10		A3 - a
Gestion et entretien raisonné des délaissés	Limitation du nombre de fauches	Limitation de produits phytosanitaires		Pas d'utilisation de pesticide, fauche tardive et centrifuge		NA : A1 1a ?
Intégration des formations boisées dans les abords immédiats de la future autoroute	X					NA : A1 1a ?
Signature de la stratégie nationale pour la biodiversité		X	X			A6 1c
Actions en faveur de la biodiversité générale (ou « ordinaire ») : les pollinisateurs et les prairies fleuries		X	X			A6 2c
Actions en faveur de la biodiversité générale (ou « ordinaire ») : Les buffets à insectes		X	X			A6 2c
Action en faveur de la biodiversité participative		X	X			A6 2a
Lutte contre espèces invasives				Bambou		NA
Choix écologiques des espèces végétales implantées lors des aménagements	X			X		A7 ?
Mise en place d'un plan de gestion			X			C3 2b
Entretien des milieux créés, des clôtures à batraciens et reptiles et des hibernaculums					X	


Mesure	A719	CSO1	CS02	Bld	RN 7	Équivalence Guide
Mise en place d'un comité de suivi des mesures compensatoires	X					A6 1b
Suivi des populations d'espèces protégées et de l'efficacité des mesures (années)	5 ans	15 ans puis audit de concertation	25 ans	30 ans	15 ans	NA
Suivi des mesures envisagées en phase travaux (Audit avant travaux, Audit pendant travaux, Audit après travaux)				X	X	NA

Annexe XIII : Bilans des années et instances ayant donné leurs avis sur les dossiers des différents projets analysés.

	A719	CSO	Bld	RN 7
Date Avis AE/CSRPN/CNPN	22/10/2009 (AE) 01/2012 (CSRPN -) 11/09/2012 (CNPN +si)	13/03/2012 (CSRPN -) 01/03/2013 (AE)	11/04/2019 (CNPN +si)	12/03/2013 (CSRPN-) 13/08/2013 (CNPN-) 09/10/2013 (CNPN-) 20/06/2014 (CNPN +si)

	A719	CSO
Avifaune	<p>Édicnème criard, Bondrée apivore, Milan noir, Grimpereau des jardins, Grive draine non recontactée, mais nouvelles observations en 2015 (Caille des blés, Pie Grièche écorcheur, Pic noir et Huppe fasciée)</p> <p>Trois nouvelles espèces des milieux aquatiques profitant des bassins de retentions (Gallinule Poule d'eau, Vanneau huppé, Petit Gravelot).</p>	<p>Diminution du nombre d'alouette lulu et de chevêche Athéna et augmentation du nombre de pies-grièches</p> <p>Maintien de la richesse spécifique et légère augmentation de la densité</p>
Chiroptère	<p>Après différentes hausses et/ou baisses du nombre total de contacts par espèce au cours du suivi, l'activité 2015 apparaît globalement semblable à l'activité 2011 le long de l'emprise.</p> <p>Ouvrages de franchissement sont bien utilisés par les chiroptères</p> <p>Pas d'utilisation des gîtes démontrées</p> <p>Rupture de la continuité des axes de déplacement au niveau du Courtioux, entraînant une baisse significative du nombre d'espèces</p> <p>Nette chute des effectifs de Barbastelle d'Europe suite aux déboisements, puis retour de l'espèce à hauteur de son activité de 2011</p> <p>Activité générale des pipistrelles en augmentation, probablement due à l'augmentation du linéaire de lisières</p>	<p>Hop-over (8) : non opérationnel pour le moment.</p> <p>Arbre trop jeune.</p> <p>Pas d'impact avéré</p> <p>Passage inférieur utilisé</p> <p>Pas de collision observée</p> <p>Présence de nouvelles espèces</p> <p>Un seul gîte utilisé</p>
Amphibiens	<p>Toutes les espèces contactées en 2010 ont été revues sur le site (Triton crêté revu en 2015).</p> <p>Nombreux amphibiens ont colonisées les nouvelles mares et fossés</p> <p>Retour du Triton crêté et forte implantation du Sonneur à ventre jaune présent désormais dans tous les secteurs de compensation</p> <p>Fossés créés trop tardivement pour bénéficier d'un retour</p>	<p>Batrachoduc : Méthode de suivis non adaptée (piège photo), passage avéré : Salamandre tachetée, Sonneur à ventre jaune et Triton palmé</p> <p>12 espèces toujours présentes</p> <p>Absence de la Rainette verte et du Triton crêté</p> <p>Mare compensatoire particulièrement efficace</p>
Reptiles	<p>Coronelle lisse et Couleuvre verte et jaune non recontactée</p> <p>Pas d'utilisation des hibernaculums démontrée</p>	<p>Coronelle lisse unique espèce non recontactée</p> <p>Aucun impact négatif lié au CSO n'est identifié pour ce groupe.</p> <p>Dégradation de certains hibernaculum</p> <p>Hibernaculum particulièrement utilisé par le lézard des murailles</p>
Mammifères	<p>Toutes les espèces protégées recensées initialement ont été revues en 2015.</p> <p>Découverte du Castor d'Europe</p> <p>Ouvrages de franchissement sont bien utilisés par les mammifères (Chevreuil européen, Chat forestier, Renard roux, Martre, Fouine, Sanglier, Lièvre d'Europe, Hérisson d'Europe, Blaireau, Ecureuil roux, Ragondin).</p>	<p>Forte utilisation des batrachoducs et passage à faune</p> <p>Mortalité importante, inquiétante pour la population locale de chat forestier</p> <p>Installation de clôture nécessaire</p>
Insectes	<p>Toutes les espèces protégées recensées initialement ont été revues en 2015</p> <p>Nombreux odonates ont colonisées les nouvelles mares et fossés</p> <p>Fluctuation des observations de Cuivré des marais selon les années</p> <p>Maintien de l'Agrion de mercure malgré la dégradation de l'habitat dans certains secteurs</p>	<p>Odonates : 16 espèces identifiées</p> <p>Agrion de mercure toujours présent : station d'environ 20 individus, colonisation au niveau du passage hydraulique illusoire</p> <p>Azuré du serpolet : 20 ha de prairie aménagée, aucune observation, distance de colonisation avec les autres populations suffisantes</p> <p>Dégradation de certains buffets à insectes</p>
Crustacée	<p>Découverte de l'Écrevisse à pattes banches</p>	<p>NA</p>

Poisson	<p>Truite fario non recontactée</p> <p>Qualité des eaux et des populations piscicoles non détériorées</p> <p>Cours d'eau initialement dégradés toujours dans un état passable.</p> <p>A priori, pas d'impact négatif supplémentaire de l'aménagement sur les milieux aquatiques.</p>	NA
Création de milieux	<p>Boisement et les milieux ouverts créés sont trop récents pour évaluer leur intérêt pour la faune et la flore</p> <p>Zones humides compensatoires trop récentes pour être colonisé par des amphibiens et odonates remarquables mais colonisations par des oiseaux remarquables (Petit Gravelot et Vanneau huppé), Végétation actuellement en place (ensemencée et spontanée) à son premier stade de structuration pour la végétation ; mélanges grainiers ensemencés peu efficaces</p>	NA

	Diplôme : Ingénieur Agronome Spécialité : Génie de l'environnement Spécialisation / option : Préservation et Aménagement des milieux – Écologie Quantitative Enseignant référent : Ivan Bernez
Auteur(s) : Philippe BOURGOGNE Date de naissance* : 30/11/1994	Organisme d'accueil : BIOTOPE – Agence Auvergne Rhône-Alpes Adresse : Pôle PIXEL,
Nb pages : 30 Annexe(s) : 14	26 rue Emile Decorps, Bâtiment A 69100 VILLEURBANNE
Année de soutenance : 2019	Maître de stage : Etienne Hubert
Titre français : Analyse diachronique de dossiers de demandes de dérogations d'espèces protégées dans le cadre de différents projets routiers dans l'Allier	
Titre anglais : Diachronic analysis of applications for exemptions from protected species in the context of various road projects in Allier	
Résumé (1600 caractères maximum) : Suite à la Seconde Guerre mondiale, le réseau routier français s'est fortement développé. Ceci a entraîné des impacts directs et indirects sur la biodiversité. Afin d'intégrer la biodiversité dans les projets d'aménagement, un cadre réglementaire a été constitué. Celui-ci comprend entre autres la nécessité d'effectuer des dossiers de demande de dérogations d'espèces protégées (dossier CNPN) lors d'impacts sur celles-ci. On peut donc se demander s'il y a eu une évolution temporelle et quels sont les enjeux et mesures ERC à appréhender dans le cadre d'un dossier CNPN ? Notre analyse se concentre sur 5 projets routiers dans l'Allier. Dans un premier temps, les inventaires et les enjeux écologiques des projets ont été analysés. L'intégration de la biodiversité le plus en amont possible par une analyse multicritère est identifiée comme importante. Ensuite, l'effort d'inventaire, la taille de l'aire d'étude et la prise en compte de la bibliographie sont des facteurs qui influencent la prise en compte de la biodiversité dans les projets. Une évolution temporelle des enjeux des espèces ainsi qu'une augmentation de l'effort de prospection ont été observées dans cette étude. Ensuite, ont été analysés les impacts et les mesures proposées dans les dossiers. Les impacts ne semblent pas avoir évolué dans le temps, mais dépendent de la zone géographique dans laquelle s'inscrit le projet. Par rapport aux mesures, aucune évolution temporelle n'a été observée non plus. Cependant, avec la loi biodiversité de 2016 et la publication de guides sur la séquence ERC, les mesures se sont probablement consolidées et uniformisées dans le temps. N'ayant qu'un projet postérieur à 2016, nous n'avons pas pu vérifier ce résultat. Concernant les mesures, 8 ont été mises en place dans tous les projets et peuvent être considérées comme des mesures minimales à mettre en place dans ce type de projet. La nécessité de mesures de suivis les plus précises possibles semble également importante.	
Abstract (1600 caractères maximum) : Following the Second World War, the French road network is highly developed. This has generated direct and indirect impacts on biodiversity. In order to integrate biodiversity into development projects, a regulatory framework has been created. This includes among other things the need to make applications for exemptions of protected species (CNPN file) in the context of projects impacting protected species. We can therefore wonder if there has been a temporal evolution and what are the issues and measures ERC to be considered in CNPN file? Our analysis focuses on 5 road projects in Allier. First, the inventories and ecological issues of the projects were analyzed. Integrating biodiversity as early as possible with multi-criteria analysis is identified as important. Then, the inventory effort, the size of the study area and the consideration of the bibliography are factors that influence the consideration of biodiversity in the projects. A temporal evolution of the stakes of species as well as an increase of the effort of prospection was observed in this study. Then, the impacts and measures proposed in the files were analyzed. The impacts do not seem to have changed over time but depend on the geographical area in which the project is located. Compared to the measurements, no temporal evolution was observed either. However, we suppose that with the 2016 Biodiversity Law and the publication of guides on the ERC sequence, the measures have probably consolidated and standardized over time. Having only one project after 2016 we could not verify this result. Regarding measures, 8 have been implemented in all projects and can be considered as minimal measures to be implemented in this type of project. The need for the most accurate monitoring possible to verify the efficacy of measures also seems important.	
Mots-clés : biodiversité, projet routier, évolution temporelle, séquence ERC, Allier	
Key Words: biodiversity, road project, time evolution, ERC sequence ERC, Allier	

* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires