

Collège Sciences & Technologies pour l'Energie et l'Environnement de la Côte Basque

Université de Pau et des Pays de l'Adour

Licence Professionnelle Métiers de la Protection et de la gestion de l'Environnement
Parcours Biologie Appliquée aux Écosystèmes Exploités

Efficacité des mesures Eviter Réduire Compenser sur le projet de création du parc d'activité économique des Andrés sur la commune de Brindas (69)



Souillard Léo

Alternance effectuée du 29/08/22 au 06/09/23

Evinerude, 80 Rue René Descartes, 38090 Vaulx-Milieu

Sous la direction scientifique de MM./Mme : Eloïse Pons, Damien Margas et Sébastien Merle

Tuteur pédagogique : Richard Beitia



Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier **Muriel Botton**, et **Sylvain Allard** Directrice générale et Directeur Technique d'Evinerude, sans qui cette alternance n'aurait jamais pu être possible. Merci de m'avoir recruté et d'avoir assuré le suivi administratif de mon alternance sur la seconde moitié de l'année.

Je tenais également à remercier **Eloïse Pons**, qui a su m'apprendre avec pédagogie les bases du métier de chargé d'étude, et me former aux différents outils tels que Arcgis. Même elle a quitté l'entreprise durant l'année, c'est surtout grâce à elle si j'ai si rapidement !

J'aimerais aussi remercier **Damien Margas** et **Sébastien Merle**, pour leur pédagogie, leur bienveillance, leur professionnalisme, mais aussi pour leur bonne humeur, ensemble d'éléments sans lesquels je ne me serai pas intégré aussi facilement à l'équipe.

Mes remerciements vont aussi à toute l'équipe d'Evinerude, **Julie Guillerrou, Karine Waucquier, Grégory Agnello, Arthur Moris, Eric Soulliaert, Robin Wojcik, Corentin Thommerel, Marie Champagne, Axel Gerson**, et **Christel Orsolini**. Mais aussi tous les salariés présents sur les antennes d'Evinerude avec qui je n'ai pu travailler que par téléphone et visio : **Batiste Bunouf, Harry Dreze, Laurent Thieulle, Abel Duranona, Manon Opsommer** et **Léa Boutin**. Merci à vous tous pour votre bienveillance, votre bonne humeur, et vos viennoiseries diverses et variées. Merci de m'avoir si vite et si bien intégré dans l'entreprise.

Table des matières

Remerciements.....	1
Table des matières.....	2
Index des illustrations	3
Index des tableaux	3
Index des abréviations	3
Avant-propos.....	4
Présentation de l'entreprise.....	4
Présentation de mes missions	4
1.Introduction.....	5
1.1La destruction des habitats	5
1.2La protection des espèces	6
1.3Les mesures ERC	6
1.4Présentation de l'étude.....	7
Aspect législatif.....	8
1.5Description du site d'étude	9
État Initial	9
Nature des travaux.....	10
État attendu	10
2.Matériel et Méthodes	11
2.1. Protocoles mis en place	11
Suivi des habitats	11
Suivi des oiseaux	11
Suivi des amphibiens.....	12
Suivi des reptiles	12
Suivi des insectes	13
3.Résultats.....	13
3.1Impacts sur les habitats.....	13
3.2Impacts sur la population d'oiseaux	16
Approche réglementaire :	16
Approche statistique :	16
3.3Impacts sur la population d'amphibiens	19
Approche réglementaire :	19
Approche naturaliste :.....	19
3.4Impacts sur la population de reptiles.....	20
3.5Impacts sur la population d'insectes.....	21

4. Discussion	22
5. Conclusion	24
Résumé	25
Bibliographie	26
Ressources bibliographiques consultées dans le cadre de l'inventaire :	26

Index des illustrations

Figure 1 : Diagramme de Gant des tâches réalisées durant l'alternance	5
Figure 2 : Cartographie des habitats sur le site d'étude (2018)	10
Figure 3 : Cartographie des habitats sur le site d'étude (2023)	14
Figure 4 : Evolution des habitats de 2018 à 2023 sur le site impacté	15
Figure 5 : Nombre d'espèces d'oiseaux par cortège sur le site impacté	16
Figure 6 : Valeur de la richesse spécifique comparée à celle de la similarité	17
Figure 7 : Corrélation entre nombre d'espèce et taux de surface naturelle selon les années	18
Figure 8 : Nombre d'espèces d'oiseaux par cortège sur le site impacté	18
Figure 9 : Cartographie des données récoltées sur les amphibiens et leurs habitats	20
Figure 10 : Cartographie des données récoltées sur les reptiles et leurs habitats	21

Index des tableaux

Tableau 1 : Arrêté de protection des espèces citées sur le site d'étude	6
Tableau 2 : Evolution des habitats sur le site impacté	14

Index des abréviations

ARA : Auvergne-Rhône-Alpes
CCVL : Communauté de Communes Vallons du Lyonnais
CERFA : Centre d'Enregistrement et de Révision des Formulaires Administratifs
CNPN : Conseil National de la Protection de la Nature
CSRPN : Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel
DDAE : Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
EEE : Espèce Exotique Envahissante
ERC : Éviter Réduire Compenser
ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IPA : Indice Ponctuel d'Abondance
ORE : Obligations Réelles Environnementales
PAE : Parc d'Activité Économique
PLU(i) : Plan Local d'Urbanisme (Intercommunal)
ZAC : Zone d'Activité Commerciale

Avant-propos

Présentation de l'entreprise



Créé en 2006 par Muriel Botton et Grégory Agnello à Vienne (38), Evinerude est un bureau d'études et de gestion en environnement. Cette entreprise compte 3 antennes situées respectivement à Vaulx-Milieu en Isère, à Lognes en Seine-et-Marne et à Mérignac en Gironde. L'entreprise compte actuellement 21 salariés dont 3 alternants.

Ce bureau d'études exerce dans 3 domaines d'activité :

- Les **études réglementaires** : Projets ou programmes, cela inclut les PLU, PLUi, les études d'impacts, évaluations environnementales, les évaluations d'incidences au titre de Natura 2000, les dossiers Loi sur l'Eau, les dossiers de défrichement, les dossiers de dérogation à la destruction d'espèces protégées...
- Le **suivi et la gestion des milieux** : Qu'il s'agisse de restauration, de chantiers d'aménagement, d'entretien, d'exploitation (éoliennes...) ou de lutte spécifique notamment contre les invasives.
- L'**étude des retombées atmosphériques** : Autour d'Unités de Valorisation Énergétique, des sites industriels.

Les missions réalisées par l'entreprise sont les suivantes :

- **Études d'impacts**, évaluation d'incidences au titre de Natura 2000, dérogation à la destruction d'espèces protégées : DDAE d'ICPE (carrières, sites d'enfouissement, éoliennes, sites industriels...), développement énergies renouvelables, voies de communication (routes) • Suivis environnementaux et écologiques de projets en phase chantier (suivis de travaux), en phase d'exploitation (éoliennes...).
- **Inventaires écologiques** : faune, flore, habitats naturels, lichens délimitation et caractérisation Zones humides.
- **Évaluations environnementales** de documents d'urbanisme : révisions complètes de PLU, PLUi, ZAC, modification simplifiée.
- **Notices et plans de gestion** : ENS, Natura 2000, restauration (mesures compensatoires notamment), gestion des invasives (ambrosies, renouées ...).
- **Plan de surveillance de qualité de l'air** : particules fines, bio surveillance (lichens, raygrass...).
- **Formations** : organisme de formation reconnu par numéro préfectoral.

Présentation de mes missions

J'ai eu la chance de réaliser une alternance en apprentissage à Evinerude du 29/08/22 au 06/09/23, en tant que Chargé d'Étude Faune, sous la responsabilité de la Directrice Muriel Botton, et encadré par les Chef(fe)s de projets : Eloïse Pons, puis à partir de février : Damien Margas et Sébastien Merle.

Durant cette alternance, j'ai principalement réalisé 3 missions distinctes :

- Réalisation de **pré-diagnostics** écologiques,
- Réalisation de **diagnostics faunistiques** d'études d'impacts,
- **Suivi** de mesures de compensations.

Je suis intervenu sur de nombreux dossiers d'Evinerude, et ai été le chargé d'étude faune référent sur 13 d'entre-elles. Dans ce cadre, j'ai notamment réalisé des inventaires faunistiques sur divers taxons (oiseau, amphibien, reptile, insecte, et mammifère).

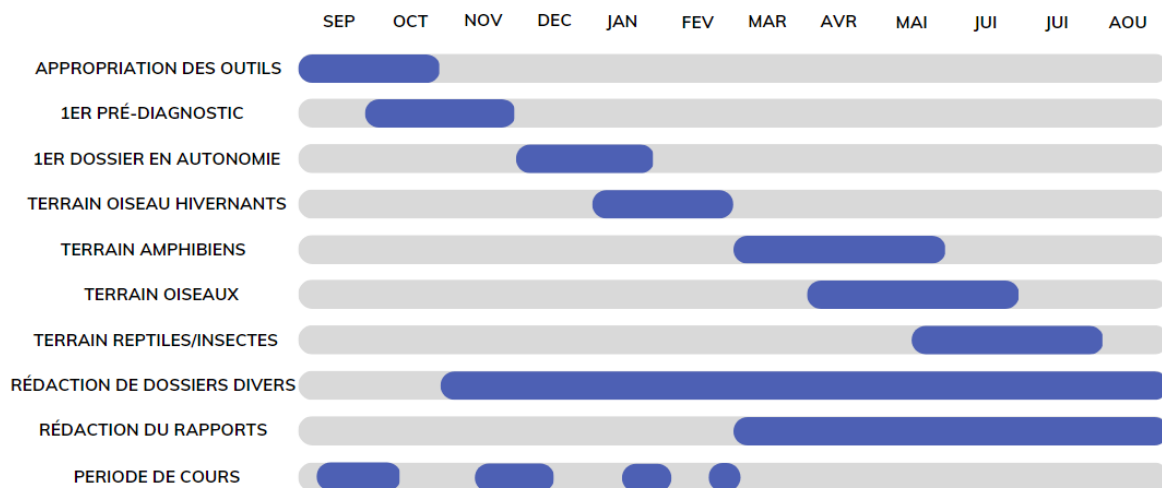


Figure 1 : Diagramme de Gantt des tâches réalisées durant l'alternance

Ce rapport présente une analyse des données d'une de ces études, pour laquelle j'ai réalisé les inventaires faunistiques de l'année 2023. Il paraît également pertinent de signaler que cette étude a démarré bien avant mon arrivée dans l'entreprise, et que je n'ai donc pas participé au choix des méthodes de comptages. Je n'ai également pas eu la possibilité de rajouter de nouveaux protocoles d'inventaires, qui n'auraient pas pu être mis en perspective avec les données d'autres années, et qui auraient nuit à la rentabilité de l'étude pour l'entreprise.

1. Introduction

1.1 La destruction des habitats

A l'échelle de la Terre, on estime qu'environ 50 % des surfaces naturelles ont été transformées par les activités humaines (Vitousek et *al.* 1997). En France, entre 2006 et 2014, on estime qu'en moyenne 7,65 ha ont été artificialisés toutes les heures (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2015).

L'artificialisation est omniprésente dans le monde actuel. Tous les jours de nouvelles routes, de nouvelles maisons, et de nouveaux bureaux sont construits, conséquence notamment de l'étalement urbain, augmentant d'années en années la surface totale de zone urbanisées. En France, c'est entre 20 000 et 30 000 hectares qui sont artificialisés chaque année (Circulaire n°6323 du 7 janvier 2022 sur

la mise en œuvre opérationnelle de la loi climat et résilience en matière de lutte contre l’artificialisation des sols.).

La destruction des habitats est donc aujourd’hui un phénomène majeur à l’échelle nationale et mondiale. Aujourd’hui, elle est également la raison majeure de l’érosion de la biodiversité, estimée à 30 % des impacts. Il s’agit donc du principal levier sur lequel agir pour enrayer la disparition de la faune et de la flore.

1.2 La protection des espèces

Pour faire face à l’érosion de la biodiversité, l’Etat français protège depuis 1979 les espèces aux plus forts enjeux de conservations, notamment à travers l’article L411-1 du code de l’environnement, régulièrement mis à jour. Cet article interdit pour toute les espèces citées : destruction, enlèvement des œufs ou des nids, mutilation, destruction, capture ou enlèvement, perturbation intentionnelle, naturalisation, transport, colportage, utilisation, détention, mise en vente, vente ou achat.

Pour aller plus loin dans la protection de ces espèces, la France interdit également « la destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos » pour les espèces les plus sensibles, citées dans différents articles selon les taxons.

L’article R. 411-3 précise la nature des interdictions mentionnées aux articles L. 411-1 et L. 411-3 qui sont applicables, la durée de ces interdictions, les parties du territoire et les périodes de l'année où elles s'appliquent. À ce titre, les arrêtés protégeant les espèces présentes sur le site d’étude sont listés dans le tableau ci-après :

Tableau 1 : Arrêté de protection des espèces citées sur le site d’étude

Groupe	Niveau national	Niveau régional (Auvergne Rhône Alpes) et/ou départemental (Rhône)
Mammifères dont chauves-souris	Arrêtés du 15 septembre 2012 et du 23 avril 2007 modifiant l’arrêté du 17 avril 1981	
Insectes	Arrêté du 23 avril 2007 modifiant l’arrêté du 22 juillet 1993	
Amphibiens et Reptiles	Arrêté du 19 novembre 2007 modifiant l’arrêté du 22 juillet 1993	
Oiseaux	Arrêté du 29 octobre 2009 modifiant l’arrêté du 17 avril 1981	
Flore	Arrêté du 20 janvier 1982 (publié au J.O. du 13 mai 1982, puis modifié par l’arrêté du 31 août 1995)	Arrêté du 4 décembre 1990 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Rhône-Alpes complétant la liste nationale.

1.3 Les mesures ERC

Afin de minimiser les impacts humains sur l’environnement, l’Etat français introduit la notion d’ERC : Eviter, Réduire, Compenser, dans le code de l’environnement en 1976.

La séquence ERC consiste à éviter au maximum les impacts, sinon les réduire le plus possible, et enfin, en dernière solution, compenser les impacts du projet.

L'État français a précisé la notion d'ERC à travers plusieurs arrêtés/décrets dans les années 2000. Dont le décret n° 2011-2019 du 29 décembre 2011, qui réforme les études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements, et qui impose un état initial du site affecté et un suivi des sites de compensation.

1.4 Présentation de l'étude

La Communauté de Communes Vallons du Lyonnais (CCVL) est une Communauté de Communes de 8 communes situées dans le département du Rhône, aux portes de Lyon. Elle accueille 29 000 habitants sur un territoire de 107 km².

La CCVL dispose de la compétence développement économique, notamment pour « la création, l'extension, l'aménagement, l'entretien, la gestion et la promotion des zones ou parcs d'activités d'intérêt communautaire ». Dans ce cadre, la CCVL a élaboré un schéma de développement de ses parcs d'activités économiques (PAE) afin de programmer leur aménagement et d'impulser une dynamique économique pérenne.

Le territoire de la CCVL souffre aujourd'hui d'un manque de foncier économique disponible pour permettre l'évolution des entreprises du territoire et l'accueil de nouvelles entreprises. C'est dans ce cadre que la collectivité a engagé un travail sur la création et l'extension de plusieurs PAE. La commune de Brindas a été désignée pour accueillir l'un de ces futurs PAE.

Aspect législatif

Le projet a été soumis à évaluation au cas par cas en application de l'article R.122-2 du code de l'environnement.

Le CERFA n°14734 * 04 rempli a été soumis à la MRAe (Missions Régionales d'Autorité environnementale), qui est un service instructeur de la DREAL indépendant, qui a soumis le projet à Évaluation de l'État initial de l'Environnement (Sur les plans : Physique, Naturel et Technologique, Paysager, Humain, et Biologique).

L'avis de la MRAe, additionné à l'étude d'impact réalisé par Evinerude en 2018 a été soumis à une enquête publique d'1 mois, durant lequel tout citoyen était permis de donner un avis sur le projet. Un commissaire instructeur a compilé les avis reçus, et a conclu à un avis favorable de la population.

La présence d'espèces protégées a nécessité la rédaction d'un « Dossier de Demande de Dérogation à l'Interdiction de Destruction d'Espèce et d'Habitat d'Espèces Protégées » pour de Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN) (les espèces du site ne nécessitant pas de passer par le CNPN), qui a donné un avis favorable au projet.

L'avis de la population a alors été demandé, avec à disposition tous les éléments du dossier, plus l'avis du CSRPN. Le préfet de l'Isère a ensuite pris en compte l'avis de tous les partis, et a tranché en faveur du projet, en délivrant l'Arrêté préfectoral n°2020 B5 permettant à la CCVL et ses mandataires de transporter, capturer, enlever, détruire, perturber, des spécimens d'espèce protégées, et de détruire, altérer ou dégrader leur site de reproduction ou de repos. La liste des espèces concernés mentionne 17 oiseaux et 5 amphibiens.

Le permis de construire a ensuite été délivré, et aucun recours n'a été émis sur les 2 mois suivant cette attribution.

Remarque : L'Arrêté préfectoral met également en place des ORE (Obligations Réelles Environnementales), portant sur la mise en place de bocage, mais Evinerude n'est pas tenu de suivre cette mesure.

Suite au diagnostic réalisé par Evinerude, la préfecture du Rhône a décrété par l'Arrêté préfectoral n°2020 B5 d'autoriser la construction de cette PAE malgré la présence d'espèces protégées sur le site. Cependant des mesures ont été décrites et exigées par ce même arrêté.

Les mesures mises en place par Evinerude ont compris :

- 2 Mesures d'**évitement** réduisant l'emprise du projet et permettant de laisser en place certains habitats à enjeux.
- 10 Mesures de **réduction** diverses, comprenant de l'adaptation des périodes de travaux à la faune, le sauvetage d'amphibiens, la lutte contre la propagation d'Espèces Exotiques Envahissantes, des aménagements paysagers et écologiques, le maintien des continuités écologiques locales, des vérifications spécifiques avant l'abatage d'un arbre gîte, la densification du réseau de mares, la surveillance d'installation d'espèces à enjeu durant les travaux, la lutte préventive contre une pollution, et la limitation de l'éclairage sur le site.
- 2 Mesures de **compensation**, consistant principalement en la création d'une zone favorable aux espèces d'oiseaux inféodées aux milieux bocagers.
- 1 Mesure d'**accompagnement** dans l'aménagement écologique d'un bassin de rétention.
- 2 Mesures de **suivi**, comprenant un suivi écologique et un suivi du chantier et de la mise en œuvre des mesures.

Le suivi naturaliste de la faune du site a ainsi été exigé, pour une durée de 30 ans à partir du début du chantier, afin de « contrôler l'efficacité des mesures, l'évolution du milieu et adapter au besoin la gestion mise en place » (Arrêté préfectoral n°2020 B5, page 7, Suivi et évaluation des mesures, MS2). Le suivi est réalisé tous les ans des années n+1 à n+5, puis tous les 5 ans jusqu'à n+30, et en est aujourd'hui sa 3^{ème} année. La flore a également été suivie la première année après les travaux, afin de vérifier l'absence d'espèce invasive.

Si jamais les inventaires mettent en évidence une insuffisance des mesures (ERC) prescrites pour garantir le maintien dans un bon état de conservation les espèces protégées sur le site, alors « le bénéficiaire est tenu de proposer des mesures correctives et des mesures compensatoires complémentaires », qui devront être soumises pour validation à la DREAL Auvergne Rhône Alpes et le Préfet.

L'ensemble de ces mesures ont été respectées, à l'exception d'une mesure d'évitement d'un arbre mort, et celle d'une mesure de compensation de plantation de haie.

Le suivi de la biodiversité sur ce site ainsi obligatoire, et réalisé sous forme d'inventaires pluri-taxonomiques annuels. Les conclusions de ce suivi pourront avoir des conséquences sur la gestion du site.

1.5 Description du site d'étude

État Initial

Le site d'étude était une zone principalement constituée de prairies de fauche parsemées de haies, ainsi que de quelques mares. Sans être complètement enclavée, la zone était déjà entourée par des routes et des habitations.

Le site compensatoire est lui constitué de prairies et de haies, et est plus excentré des zones urbanisées.

Les anciens habitats sur ces 2 sites sont consultables ci-dessous :

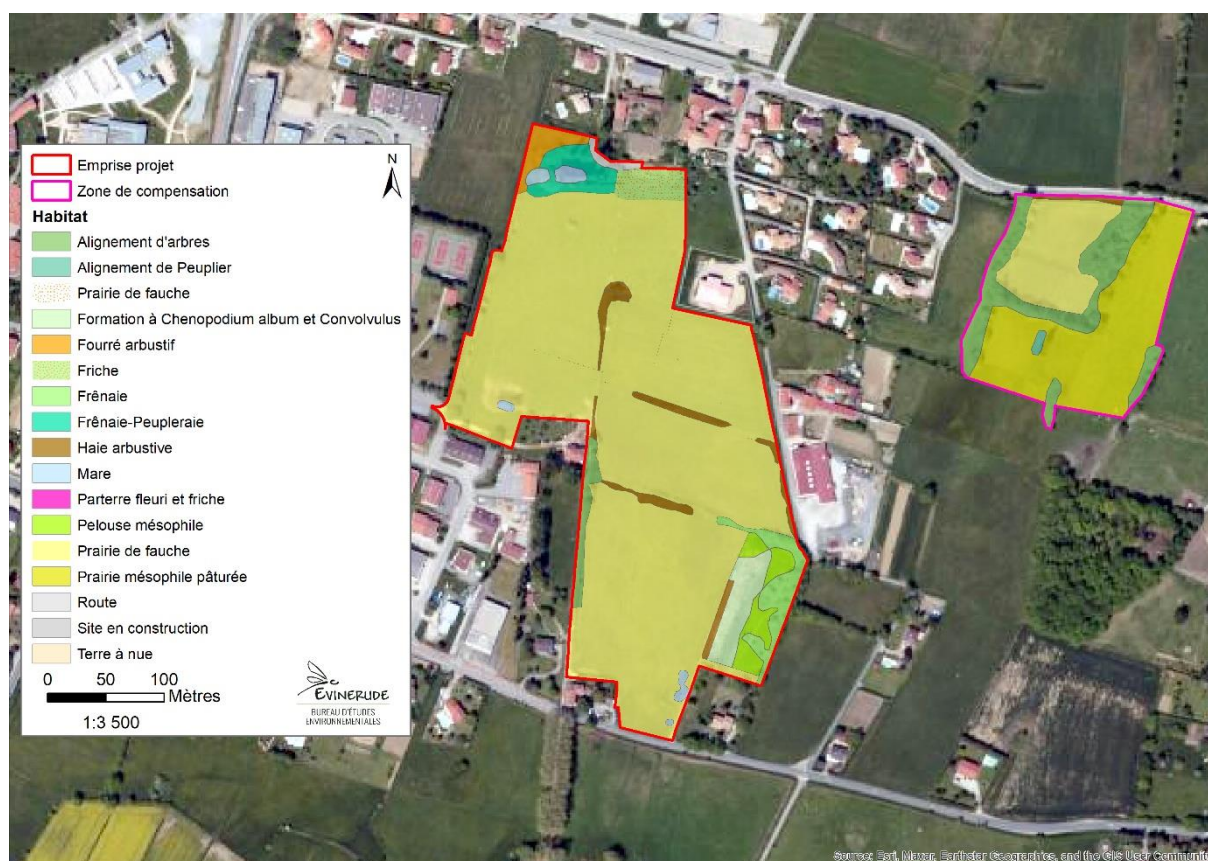


Figure 2 : Cartographie des habitats sur le site d'étude (2018)

Les surfaces des habitats sont décrites plus précisément dans la partie « Impact sur les habitats » page 13.

Nature des travaux

Dans l'état actuel, 12 bâtiments ont été construits sur le site, et sont reliés par des routes goudronnées. Les travaux sur le site ont artificialisé 3.66ha sur les 8.87 du site, principalement des prairies de fauche.

État attendu

Comme expliqué plus tôt dans la partie « 1.1 La destruction des habitats », il est fort probable que les aménagements aient engendrés une perte en nombre d'espèce présente sur le site. Nous verrons si cette perte est significative.

Il est également possible que des espèces continuent à disparaître plusieurs années après les travaux ; Il s'agit d'un phénomène récurrent dû à ce que l'on appelle la dette d'extinction. En effet certaines espèces continuent à vivre « en sursis » dans des conditions écologiques défavorables, et finissent par disparaître du site seulement à moyen ou long terme (Kuussaari et al. 2009).

Il est possible que les perturbations induites par le projet amènent de nouvelles espèces sur le site. En effet comme le formule l'hypothèse des perturbations intermédiaires, des perturbations ni trop rares

ni trop fréquentes peuvent permettre la coexistence d'espèces tolérantes au stress, tout en évitant l'exclusion compétitive (Connell 1978). Cette hypothèse est tout le même peu probable dans le cas présent. En effet à l'état initial le site n'accueillait presque pas d'espèces compétitrices, et était déjà habité par des espèces ubiquistes tolérantes à la présence humaine.

Face à cette étude, les hypothèses sont ainsi :

H0 : {Le projet n'a pas d'impact sur la biodiversité}

H1 : {Le projet a un impact sur la biodiversité}

Il conviendra évidemment dans la mesure du possible de définir et de quantifier les impacts s'il y en a.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Protocoles mis en place

L'Arrêté préfectoral n°2020 B5, mettant en place la présente étude, oblige le suivi d'à minima : les habitats, les oiseaux, et les amphibiens. Evinerude a également jugé utile de continuer à suivre les populations d'invertébrés et de reptiles.

L'objectif des mesures ERC est évidemment de conserver toute la biodiversité, néanmoins l'arrêté préfectoral vise en particulier 17 espèces d'oiseaux, et 5 d'amphibiens.

Les protocoles et le nombre de passage à mettre en place ont été prédéfinis lors de la vente de l'étude en 2020. Il n'a donc pas été possible de mettre en place de nouveau protocole cette année, faute de nuire à la rentabilité du dossier pour Evinerude. De plus, pour avoir des données comparables d'années en années, il est préférable de mener des inventaires les plus similaires possibles.

Suivi des habitats

Contrairement à ce qui a été exigé par l'Arrêté préfectoral, Evinerude n'a pas effectué le suivi des habitats sur le site d'étude. Néanmoins un état des lieux a été fait la première année suivant les travaux et la cartographie des habitats naturels a été mise à jour. Des photos aériennes annuelles permettent de voir l'évolution des milieux durant les autres années.

La cartographie des habitats est réalisée en été, afin de faciliter l'identification de la végétation. Seul les micro-habitats (et notamment les arbres gîtes pour les chiroptères et les oiseaux), sont recherchés en hiver, au moment où la plupart des arbres sont dépourvus de feuillage, et où la prospection est donc facilitée.

Suivi des oiseaux

L'étude des oiseaux nicheurs diurnes est principalement effectuée selon un inventaire semi-quantitatif inspiré des Indices Ponctuels d'Abondance (IPA). Cette méthodologie consiste en un échantillonnage ponctuel de 20 minutes, au cours duquel l'observateur est immobile et répertorie tous les contacts visuels et auditifs de l'avifaune, et ce sans limite de distance. Tous les types de milieux présents sur

l'aire d'étude sont étudiés. Un premier passage a eu lieu en mai, afin d'identifier les espèces nicheuses précoces. Un second passage aura lieu sur les mêmes points d'écoute en juin afin de repérer les espèces nicheuses tardives ainsi que les jeunes des espèces précoces.

Les points d'écoute sont effectués durant les premières heures après le lever du soleil afin de correspondre à la période d'activité et de détectabilité maximale des oiseaux diurnes.

En fonction du comportement des individus et de la date d'observation, l'espèce est classée en nicheuse possible (oiseau vu dans un milieu favorable en période de reproduction), en nicheuse probable (individus en chant observés deux fois en période favorable à sa reproduction et sur le même secteur, couple territorial, parades), ou en nicheuse certaine (nids vides ou occupés, juvéniles non volants, transport de nourriture ou de matériaux de construction du nid).

Le but de l'étude étant en priorité la détection des espèces visées par l'Arrêté préfectoral n°2020 B5, et autres espèces protégées. Les espèces contactées en dehors des protocoles ont également été notées.

Ici 4 points IPA ont été répartis sur le site impacté et le site compensatoire, afin de prendre en compte l'intégralité des milieux de l'aire d'étude.

Le suivi de l'avifaune s'appuie depuis le début du suivi sur 2 passages IPA par an, le jeu de données n'est pas assez conséquent pour permettre une analyses statistique espèce par espèce. Afin de mieux voir les impacts du projet sur les oiseaux, nous avons donc choisis de faire une analyse par cortèges.

Pour attester de la variation de la population d'oiseaux, nous allons effectuer des tests du khi-deux pour voir si la variable « Cortège » varie en fonction de la variable « Année ». Les cortèges des milieux rupestres et humides variant peu en raison du faible nombre d'espèce concernées, nous n'appliquons ces tests qu'aux cortèges semi-ouverts, bocagers et boisés, ce qui n'est pas dérangeant étant donné que ces cortèges sont les seuls qui se reproduisent sur le site, et qu'ils représentent une large majorité des espèces observées.

Suivi des amphibiens

Les amphibiens utilisent pour la plupart trois types de milieux au cours de l'année : zone d'hivernage (très souvent des boisements), zone de reproduction (pièces d'eau de toutes sortes) et zone d'estive (secteurs plus ou moins humides). La période la plus propice aux inventaires est celle de la reproduction, lorsque les individus adultes d'amphibiens se regroupent dans les pièces d'eau. Ce type de milieux est recherché et prospecté sur l'ensemble de l'aire d'étude, de même que l'ensemble des habitats favorables. 3 nuitées par an sont prévues en période favorables pour les espèces présentes sur le site. Pour chaque point d'eau, des points d'écoutes de 15 minutes sont prévus, ainsi qu'un suivi par prospections visuelles, où sont notamment cherchés les amphibiens silencieux (Tritons, Salamandres...), ainsi que les pontes et les têtards.

Tous les individus sont comptabilisés et géoréférencés. Une évaluation quantitative des populations d'amphibiens est effectuée via le comptage des pontes, des mâles chanteurs, et des individus repérés en détection visuelle.

Suivi des reptiles

L'inventaire des reptiles est réalisé 2 fois par an et consiste ici en une fouille active sur l'ensemble du site d'étude, en notant toutes les espèces contactées. Lors de cette prospection, les « solariums » et abris naturels sont particulièrement contrôlés. Tout débris déplacé est remis en place afin de modifier le moins possible le micro-habitat.

La prospection visuelle est réalisée dans les zones bien exposées à l'Est en tout début de journée. En effet c'est le moment où ces espèces très héliophiles ont le plus besoin de s'exposer au soleil et se retrouvent donc à la vue de l'observateur.

Suivi des insectes

Les milieux favorables ont été prospectés à pied par l'intermédiaire de 12 transects, afin de recouvrir un maximum de la surface du site, et de prospecter tous les habitats sur celui-ci. Les inventaires sur l'aire d'étude seront réalisés à vue, avec l'aide de jumelles si nécessaire, et par captures au filet (avec relâché immédiat des individus après identification). Ces transects doivent être parcourus 2 fois par an en période favorable aux espèces les plus patrimoniales du site.

Les odonates sont recherchés autour des points d'eau (zones de ponte et d'émergence) et au niveau des zones ouvertes (zones de chasse). Pour recenser les imagos (adultes), les inventaires seront réalisés comme pour le reste des invertébrés : à vue, avec l'aide de jumelles si nécessaire, et par captures au filet (avec relâché immédiat des individus après identification).

3. Résultats

3.1 Impacts sur les habitats

En échos à la carte des habitats initiale (Voir Fig2 page 10), une cartographie de l'état actuel des habitats a été réalisée, et est visible ci-dessous :

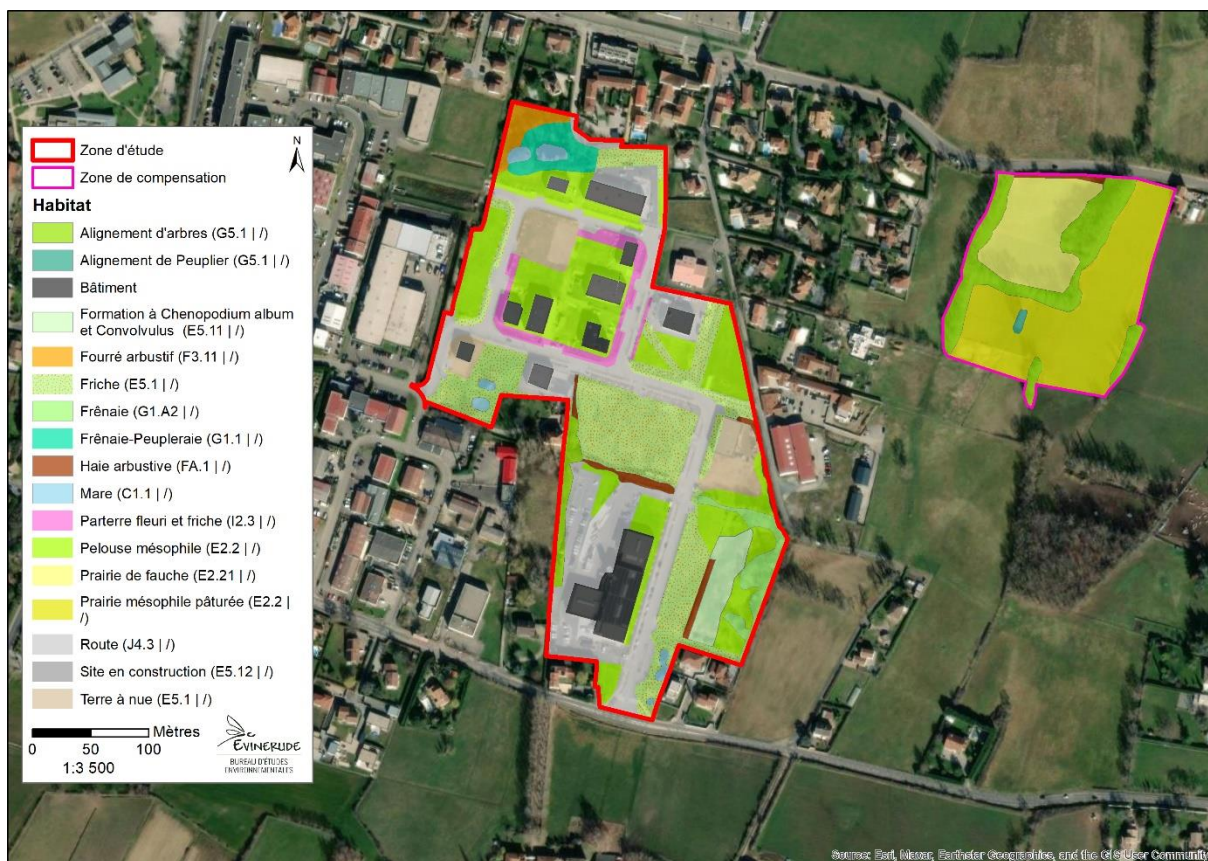


Figure 3 : Cartographie des habitats sur le site d'étude (2023)

La disparition des prairies de fauche, et l'apparition d'habitats anthropiques (Route, Bâtiment, Terre à nue) apparaît nettement sur ces cartes. Voici ci-après, les données de relevés d'habitats les 3 années où le suivi a été mené :

Tableau 2 : Evolution des habitats sur le site impacté

Habitats	CORINE Biotopes	EU-NIS	Surface en 2018 (ha)	Recouvrement en 2018 (%)	Surface en 2021 (ha)	Recouvrement en 2021 (%)	Surface en 2023 (ha)	Recouvrement en 2023 (%)	GainsPertes (ha)
Alignement d'arbres	84.1	G5.1	0,13	1%	0,13	1%	0,13	1%	0
Bâtiment*			0	0%	0,63	7%	0,74	8%	0,74
Formation à Chenopodium album et Convolvulus	87.2	E5.11	0,23	3%	0,23	3%	0,23	3%	0
Fourré arbustif	31.81	F3.11	0,12	1%	0,12	1%	0,12	1%	0
Friche	87.1	E5.1	0,16	2%	1,2	14%	1,89	21%	1,73
Frênaie	41.3	G1.A2	0,24	3%	0,24	3%	0,24	3%	0
Frênaie-Peupleraie	44.1	G1.1	0,12	1%	0,16	2%	0,19	2%	0,07

Haie arbustive	84.2	FA.1	0,29	3%	0,21	2%	0,17	2%	-0,12
Mare	22.11	C1.1	0,11	1%	0,11	1%	0,11	1%	0
Parterre fleuri et friche	85.2	I2.3	0	0%	0	0	0,21	2%	0,21
Pelouse mésophile	38.2	E2.2	0,2	2%	0,2	2%	1,92	22%	1,72
Prairie de fauche	38.21	E2.21	7,23	82%	3,93	44%	0	0	-7,23
Route*	86.43	J4.3	0,04	1%	0,4	5%	2,4	27%	2,36
Site en construction*	87.1	E5.12	0	0%	0,11	1%	0	0	0
Terre à nue*	87.1	E5.1	0	0%	1,2	14%	0,52	6%	0,52

* : Habitats anthropiques

Afin de mieux visualiser les données, voici ci-dessous un graphique représentant l'évolution des habitats depuis 2018 :

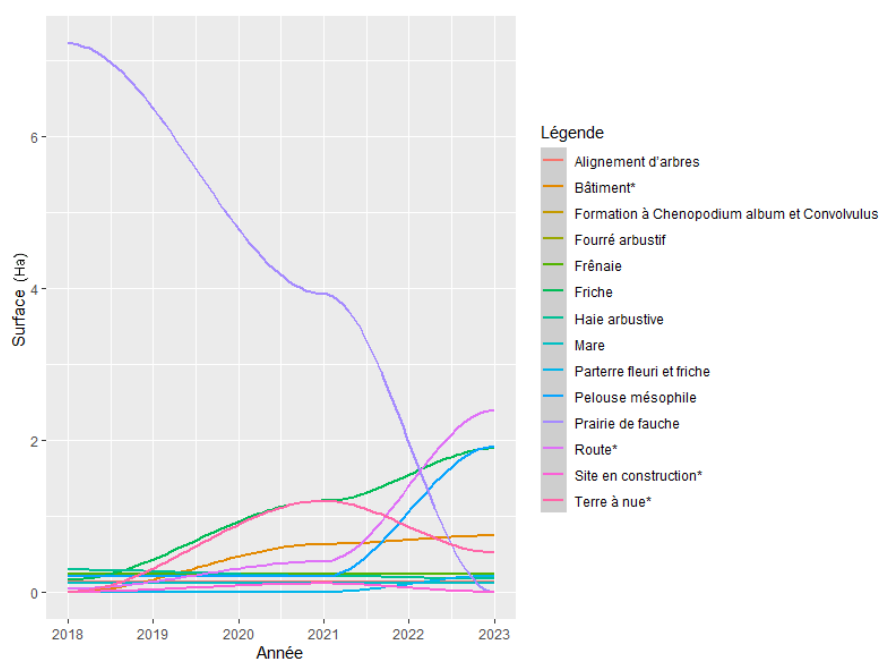


Figure 4 : Evolution des habitats de 2018 à 2023 sur le site impacté

Sur ce graphique, nous pouvons constater de l'efficacité des mesures d'évitement sur certains habitats, comme les mares, les alignements d'arbres, ou encore la frênaie.

Nous pouvons également voir l'impact sur certains habitats, notamment la prairie de fauche, qui était l'habitat majoritaire, et qui a totalement disparue, pour être remplacée par des habitats principalement anthropiques (Bâtiment...) et pionniers (Terre à nue...).

Les habitats favorables à la nidification de la plupart des espèces d'oiseaux sur le site (Haie, Alignement d'arbre, Frênaie...) ne représentent qu'un faible taux de recouvrement, mais ont été en grande partie conservés lors des travaux. Le principal habitat d'alimentation (Prairie de fauche), a cependant disparu du site.

Remarque : Parmi les 17 mesures mises en place, seul 2 portant sur des habitats ont rencontrées des difficultés. L'évitement d'un arbre à cavité n'a pas été respecté malgré les marquages, et la plantation de haie a été abrutie par du bétail. Cette seconde mesure devra être mise en place à nouveau.

3.2 Impacts sur la population d'oiseaux

Approche réglementaire :

Parmi les 17 espèces citées dans l'arrêté préfectoral, 12 ont été recontactés en 2023.

Les suivis écologiques ont également permis de contacter plusieurs espèces protégées potentiellement impactées mais non prises en compte dans la demande de dérogation initiale : Hypolaïs polyglotte, Moineau domestique, et Mésange à longue queue, Roitelet à triple bandeau, Rougequeue à front blanc et Torcol fourmilier.

Approche statistique :

Site impacté

Afin de visualiser les populations d'oiseaux et leur évolution, voici un graphique représentant le nombre d'espèce d'oiseau par cortège sur le site impacté.

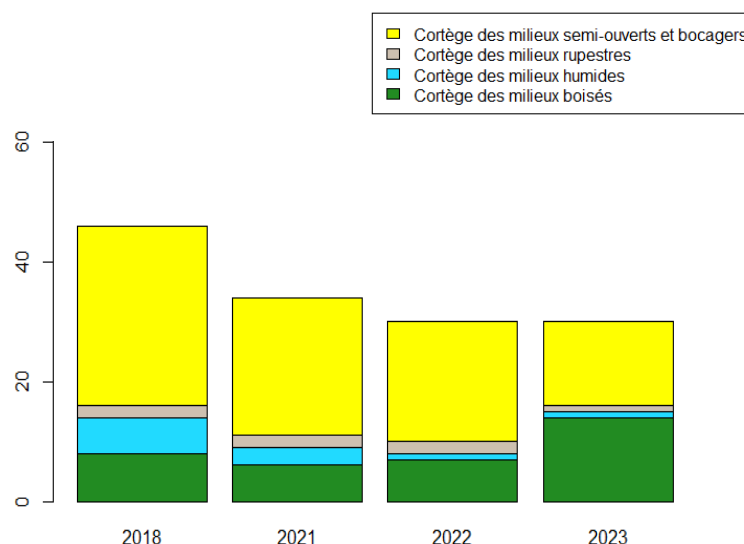


Figure 5 : Nombre d'espèces d'oiseaux par cortège sur le site impacté

Par analyse graphique, nous pouvons distinguer plusieurs phénomènes. Premièrement, dans le nombre d'espèce observées, il y a une cassure entre la phase avant et après chantier (2019) qui ne semble pas s'être rétablie depuis. Cette baisse semble particulièrement affecter les cortèges des milieux semi-ouverts/bocagers et humides.

Un test statistique du khi-deux sur la richesse spécifique des cortèges en fonction des années nous indique une p-value de 0,03, nous sommes donc sûrs à au moins 95 % que les cortèges varient d'année en année.

En réalisant un test uniquement sur les données des années post-travaux, le test du khi-deux nous donne une valeur de 0,04, les cortèges ont donc continué à significativement varier même après les travaux.

Afin de mieux comprendre cette variation, nous pouvons nous tourner vers d'autres indices, comme la richesse spécifique. Cependant le nombre d'espèce n'est pas le seul indicateur intéressant, comparer la similarité d'année en année est aussi très instructif. Par exemple dans le cas d'un remplacement d'espèces, la richesse spécifique n'indique aucun changement, contrairement à la similarité. D'après la méta-analyse de Curran et *al.* (2014) dans certains cas la probabilité de mesurer une absence de perte nette de biodiversité diminue de 50 % avec un indice de similarité comparé à un indice de richesse spécifique.

Dans notre cas, voici ci-joint à la Figure 6 un indice de similarité, comparé à la richesse spécifique :

Nous constatons à nouveau la baisse de biodiversité après les travaux. Il est également à remarquer que la richesse spécifique se stabilise après les travaux, alors que la similarité semble au contraire continuer à diminuer.

Ce nouvel indicateur nous montre donc un état de conservation des populations initiales moins bon que la richesse spécifique. Cette année, cet indice a même passé le cap symbolique des 50 % de similarité.

Remarque : Dans la figure 4, la richesse spécifique est indiquée sous forme de pourcentage de ressemblance avec l'état initial, afin d'être comparable avec la similarité.

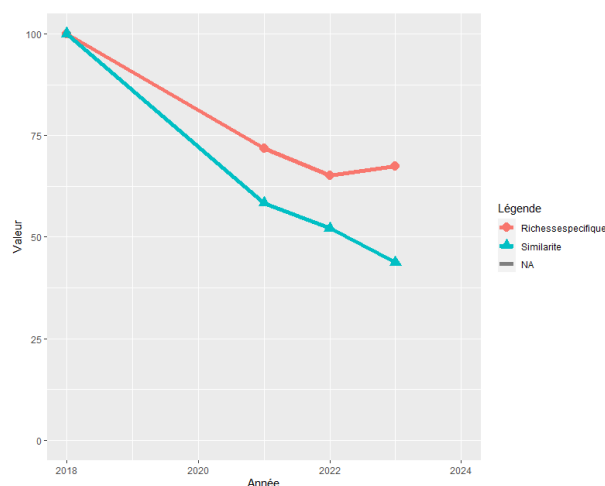


Figure 6 : Valeur de la richesse spécifique comparée à celle de la similarité

Vis-à-vis de l'urbanisation, celle-ci atteint environ 30 % de la surface du site, mais quels ont été les impacts sur les populations d'oiseau ? S'il est difficile d'établir un lien de causalité entre ces 2 éléments, nous pouvons au moins chercher s'il y a corrélation.

Nous avons donc effectué un cor.test pour évaluer la corrélation entre taux de surface naturelle, et nombre d'espèce sur le site impacté. Ce test a une p-value supérieure à 0,98, et donc nous pouvons donc conclure que nous sommes sûr à au moins 95% que la population d'oiseau est corrélée à l'urbanisation. Afin d'illustrer cela, voici ci-joint un graphique particulièrement parlant, nous pouvons y voir que pour les 3 années où un suivi de la surface urbanisé a été réalisé, cette surface semble corrélée à la richesse spécifique.

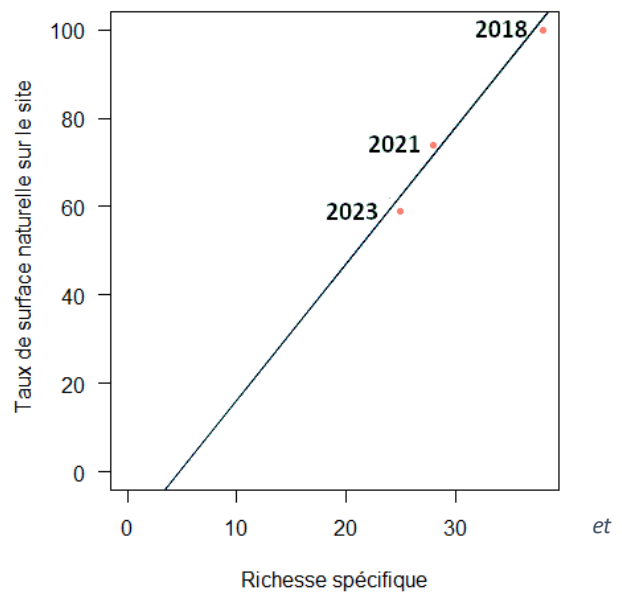


Figure 7 : Corrélation entre nombre d'espèce et taux de surface naturelle selon les années

Site compensatoire

A l'instar du site impacté, nous avons réalisé le graphique suivant indiquant le nombre d'espèce par cortège chaque année, pour mieux visualiser la population d'oiseaux et son évolution :

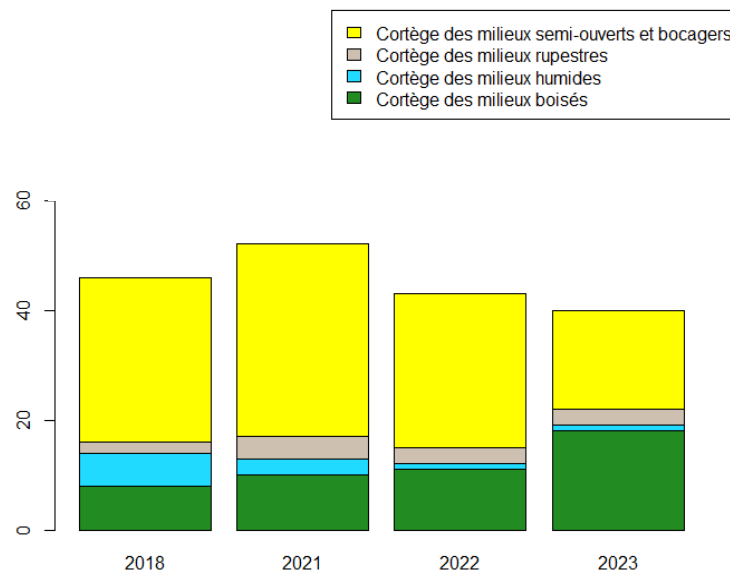


Figure 8 : Nombre d'espèces d'oiseaux par cortège sur le site impacté

Sur ce graphique, nous pouvons distinguer des tendances bien différentes de celles observées sur le site impacté. Nous pouvons par exemple voir que le nombre d'espèces est approximativement resté le même depuis le début du suivi. Il semble également que les cortèges semi-ouverts et bocagers et humides soit les plus impacté, et qu'il y ait un remplacement par le cortège boisé.

En effectuant un test du khi-deux sur l'indépendance entre la variable « Cortège » et la variable « Année », nous obtenons une p-value de 0,47. Ainsi comme la P-Value est supérieure à 0,05, nous pouvons donc rejeter l'hypothèse de variation des cortèges en fonction des années.

Ainsi, la population d'oiseau n'a pas significativement changé sur le site compensatoire. Certains cortèges semblent néanmoins varier, et seront à surveiller lors des prochaines années de suivi.

3.3 Impacts sur la population d'amphibiens

Approche réglementaire :

Sur les 5 espèces d'amphibiens citées dans l'Arrêté préfectoral, seul la Grenouille rousse n'a pas été recontactée post-travaux.

Les suivis écologiques ont également permis de contacter plusieurs Grenouilles vertes indéterminées, dont certaines ne peuvent pas être des Grenouilles rieuses (chants incompatibles). Ces amphibiens protégés potentiellement impactés n'ont pas été pris en compte dans la demande de dérogation initiale.

Approche naturaliste :

Les données récoltées sur les amphibiens sont visualisables sur la carte suivante :



Figure 9 : Cartographie des données récoltées sur les amphibiens et leurs habitats

La Grenouille rieuse n'est vraisemblablement plus présente, n'ayant pas été recontactée post-travaux. Pour les autres espèces sur le site, il est impossible de conclure à des disparitions, en effet les Tritons n'ont pas été vus depuis 2 ans, mais ceux-ci n'ont été détectés que grâce à une cure des mares, qui n'a pas été refaite depuis.

3.4 Impacts sur la population de reptiles

Seul 3 espèces ont été observées sur le site : le Lézard des murailles, le Lézard à deux raies, et la Couleuvre helvétique. Seul le Lézard des murailles et la Couleuvre helvétique ont été contactés cette année. Les observations géolocalisées sont consultables dans la carte ci-dessous :

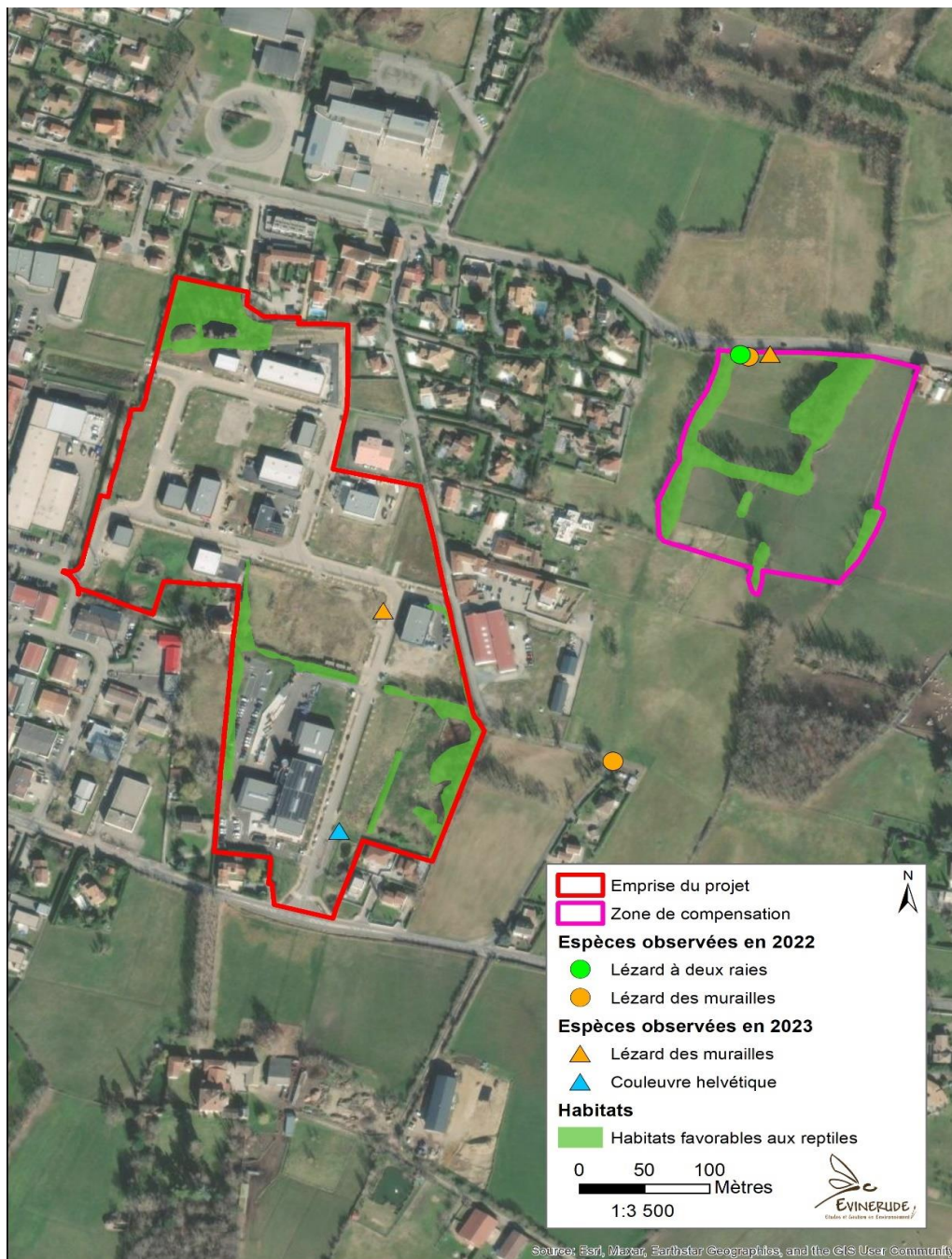


Figure 10 : Cartographie des données récoltées sur les reptiles et leurs habitats

3.5 Impacts sur la population d'insectes

Le suivi de la population d'insectes a subi trop de biais et n'a pas fourni assez de données à ce stade de l'étude. Aucune analyse statistique n'est donc possible.

4. Discussion

L'analyse des résultats se divise en plusieurs sous-parties :

Les populations d'**oiseaux** ont significativement changé après travaux, et ont continué de changer post-travaux. Cette perte est corrélée à la surface urbanisée, qui a principalement impacté les habitats d'alimentation. Sur les 17 espèces citées dans l'Arrêté préfectoral, 5 n'ont pas été recontactées et ont vraisemblablement quitté la zone d'étude. Les populations sur le site compensatoire n'ont pas significativement varié, ce qui est probablement en partie dû à l'absence de nouvelles haies prévues dans les mesures ERC. Ces résultats auraient pu être d'avantage poussés avec une connaissance plus fine des populations, et notamment des effectifs pour chaque espèce étudiée sur le site. De plus le test sur l'impact de l'urbanisation est peu robuste, et devra être remmené les prochaines années.

Cette perte de biodiversité n'est pas surprenante, de nombreux auteurs ayant montré que l'urbanisation est nocive pour la biodiversité (Concepción *et al.*, 2015). Ce phénomène aurait cependant dû être compensé, et montre un manque d'efficacité des mesures ERC à ce stade de l'étude.

La population d'**amphibiens** semble plutôt bien se porter aujourd'hui. L'apparition de la Grenouille rieuse sur 2 mares les années post-travaux signifie que la connectivité entre les mares est toujours fonctionnelle, ce qui est un très bon signe pour la viabilité des populations. Toutes les espèces citées dans l'Arrêté préfectoral sont vraisemblablement toujours présentes sur le site, à l'exception de la Grenouille rousse. Il est tout de même à noter que le suivi actuel est lacunaire. En effet, certaines mares ne sont inventoriées que par des curages, et aucun n'a été réalisé depuis 2 ans. L'état des populations est donc toujours en partie inconnue.

Les différentes études dédiées à l'impact de l'urbanisation sur les amphibiens soulignent notamment l'écrasement sur les routes et l'isolement génétique des populations (Beebee, 2013). Le fait qu'aucun amphibien écrasé n'ai été contacté, et que la continuité entre les mares soit fonctionnelle est donc inattendu. Ce manque d'impact est peut-être dû au trafic routier encore peu intense dans le PAE, du fait de la jeunesse de l'aménagement.

Il n'y a pas de facteur contre-indiquant un bon état de conservation des **reptiles** sur le site. Le Lézard à deux raies est la seule espèce qui n'a pas été recontactée cette année. La discrétion de ce taxon peut aisément expliquer cette absence de contact. Cette espèce est donc certainement toujours présente.

Aujourd'hui, l'impact urbain sur les reptiles est peu étudié, et les principaux groupes sur lesquels ont été menés des recherches ne sont pas les groupes présents sur le site d'étude (Brum *et al.* 2022). L'effet des routes est cependant bien documenté, et montre un impact négatif pour les populations (Baxter-Gilbert *et al.* 2015). Cependant aucun reptile n'a été retrouvé mort sur les routes, cette absence de mortalité sera à confirmer lorsque que le PAE sera complètement fini.

Le suivi de la population d'**insectes** n'a pas fourni assez de données pour qu'une analyse soit menée dessus à ce stade de l'étude. Les changements d'observateurs et les variations de la météo ont été particulièrement important sur ce taxon. De plus, les transects établis à la base du suivi ne sont plus empruntables aujourd'hui, des bâtiments ayant été construits dessus.

D'après l'état de l'art, les insectes sont vulnérables à l'urbanisation à cause de plusieurs facteurs : les surfaces imperméabilisées, la fragmentation des habitats, les îlots de chaleur urbain, la pollution et les espèces exotiques envahissantes (EEE) qui sont très présentes en milieu urbanisé. (Fenoglio *et al.* 2021). Il sera donc intéressant de mener une analyse statistique lorsque le suivi aura fourni assez de données.

Le changement de météo et d'observateur chaque année a pu biaiser certains résultats, quel que soit le taxon.

Au vu des analyses réalisées précédemment, il semble que le projet ait engendré une perte nette de biodiversité en ayant fait disparaître certaines espèces du site. Nous pouvons donc valider notre hypothèse de départ H1 : {Le projet a un impact sur la biodiversité}. Cette perte n'a pas été contrebalancée par les mesures compensatoires.

Ce déclin de la biodiversité (notamment de la population d'oiseaux) n'est pas en accord avec l'Arrêté préfectoral n°2020 B5 du 23 janvier 2020. En effet 10 espèces d'oiseaux citées cet arrêté ont vraisemblablement disparues du site. Cependant le suivi n'en est qu'à sa 3ème année, et les conclusions portées ici ne sont que provisoires. Elles devront être confirmées ou infirmées lors de la suite de ces inventaires. Si l'état de conservation actuel se maintient, alors il faudra conclure à une perte nette de biodiversité. Dans cette situation, de nouvelles mesures devront être mises en place, ainsi que de nouvelles mesures de suivi pour attester de leur efficacité.

Certains aspects de cette étude auraient pu être abordés différemment. Néanmoins, la gestion de ce genre de projet pour un bureau d'étude environnemental est complexe, il faut savoir concilier les intérêts du projet avec la biodiversité, chose souvent difficile, voire parfois impossible à faire correctement avec les moyens et le temps imparti. Les propositions d'améliorations ci-après ne sont donc que des pistes d'améliorations.

L'application des mesures ERC a globalement été efficace sur ce projet. Cependant, les procédures de mises en place de ces mesures posent question. En effet, l'avis des écologues n'a été demandé qu'après que le projet soit tracé par les architectes, laissant une marge de manœuvre minime étant donné que chaque retouche des plans est payante. Ainsi, à la place des arbres ornementaux placés sur le site, des essences locales/mellifères/fructifères auraient pu être choisies par exemple.

De plus, la mesure compensatoire de replantation des haies est questionnable. Il est vrai que si un linéaire de haie aussi long que celui qui a été détruit est replanté, les habitats seront rétablis à long terme. Cependant à court terme la nouvelle haie n'est pas fonctionnelle, et ne permet pas de subvenir aux besoins de la faune, il existe donc une période durant laquelle les gains écologiques sont plus faibles que les coûts. Il aurait fallu soit planter les haies en amont du projet, soit accompagner cette mesure de pose de nichoirs/gîtes, qui aurait permis à la faune d'avoir des nouveaux habitats de nidifications à court terme. Dans le cas précis de cette étude, le contexte paysager laisse penser que la faune aura trouvé des habitats de reports, néanmoins cette méthodologie est tout-de-même à remettre en question. La pose de nichoirs est d'ailleurs une mesure qui serait toujours intéressante à mettre en place aujourd'hui.

De nos jours, les mesures compensatoires consistent souvent à créer un habitat favorable aux espèces patrimoniales là où il n'y en a pas/peu. Cette méthode a le défaut de détruire un habitat déjà présent à l'emplacement de la mesure. Une mesure compensatoire idéale recréerait un habitat naturel dans une zone dépourvue de biodiversité, tel qu'une surface imperméabilisée.

Dans la présente étude, les compensations ont visé à rétablir un écosystème de même type que l'écosystème impacté. Il s'agit d'un choix compréhensible puisqu'il permet de « sauver » la faune sur place, et de mieux comparer le site impacté et le site compensatoire. Cependant aujourd'hui de plus en plus d'auteurs trouvent qu'une compensation pour une biodiversité de même type n'est pas forcément stratégique pour la conservation si d'autres enjeux prioritaires sont connus (BBOP 2012 ; Habib et al. 2013 ; Overton et al 2013). Dans notre cas, des mesures auraient pu être prise pour des espèces absentes du site mais présentes sur la commune et qui représentent des enjeux de conservation élevés, comme par exemple l'Effraie des clochers.

Le non-respect de la mesure d'évitement d'un arbre à cavité aurait également dû engendrer des mesures compensatoires complémentaires, d'autant que du Petit-duc scops (En Danger Critique d'Extinction à l'échelle régionale) a été entendu à proximité, et utilisait potentiellement cet arbre pour sa reproduction.

5. Conclusion

A ce stade de l'étude, le suivi écologique montre une insuffisance des mesures ERC. Le groupe le plus impacté est celui des oiseaux. Les amphibiens et la trame bleue semblent épargnés, à l'exception de la Grenouille rousse qui a disparue du site. Rien ne contre-indique un bon état de conservation des reptiles, mais ce taxon est trop discret pour avoir des certitudes. Les inventaires d'insectes ont subi trop de biais dans pour qu'une vraie analyse soit faite.

La conclusion finale de cette étude ne pourra être faite qu'en 2051, lors de la 30^{ème} et dernière année de suivi. Hormis si les résultats à ce moment-là montrent encore une inefficacité des mesures ERC, dans ce cas des nouvelles mesures seront mises en place, et le suivi continuera jusqu'à ce que les résultats soient en accord avec l'Arrêté préfectoral n°2020 B5.

Résumé

La Communauté de Communes Vallons du Lyonnais (CCVL) a construit une nouvelle zone d'activité sur la commune de Brindas (69). Ce projet implique plusieurs mesures ERC (Eviter Réduire Compenser), visant à ce que le projet ne nuise pas à la biodiversité.

Afin de vérifier l'efficacité de ces mesures ERC, un suivi écologique est prévu pour 30 ans, et en est aujourd'hui à sa 3^{ème} année. Ce suivi est réalisé par le bureau d'étude Evinerude, et doit faire l'objet de rapports réguliers à la CCVL.

Pour avoir une analyse au-delà de l'avis d'expert, Evinerude a choisi de faire une analyse statistique des données du projet afin de déterminer l'efficacité des mesures ERC et le besoin en mesures de compensation supplémentaire.

A ce stade de l'étude, il semble que les mesures ERC n'aient pas suffi à conserver la biodiversité telle qu'elle était avant les travaux.

Pour les oiseaux, les cortèges semi-ouvert/bocagers et humides semblent les plus impactés. Le nombre d'espèce semble être en corrélation avec le taux de surface naturelle sur le site.

Hormis pour la Grenouille rousse qui a disparue, les amphibiens semblent garder un état de conservation similaire à avant les travaux, et la connectivité entre les mares est toujours fonctionnelle pour ce groupe.

Les données sur les reptiles et les insectes n'ont pas permis d'avoir des analyses poussées, néanmoins rien ne laisse à penser que ces taxons ont été significativement impactés.

Ce travail d'analyse des données est précoce dans le déroulé de l'étude, et ne constitue pas une conclusion finale, mais permet de prendre un premier recul sur l'efficacité des mesures ERC.

Mots clés : Étude d'impact, Bureau d'étude, Habitat, Adaptation, Mesure Compensatoire, Mesures ERC, Urbanisation, Espèce protégée

Bibliographie

- Arrêté préfectoral n°2020 B5 du 23 janvier 2020 Portant dérogation aux dispositions de l'article L.411-1 du code de l'environnement.
- **Baxter-Gilbert J., Riley J.L., Lesbarrères D., Littzgs J.D. 2015.** Mitigating Reptile Road Mortality: Fence Failures Compromise Ecopassage Effectiveness
- **BBOP (Business and Biodiversity Offsets Programme). 2012.** Biodiversity Offset Design Handbook-Updated. BBOP, Washington, D.C.
https://bbop.forest-trends.org/guidelines.Updated_ODH.pdf
- **Beebee T.J.J. 2013.** Effects of Road Mortality and Mitigation Measures on Amphibian Populations
- **Brum P.H.R., Gonçalves S.R.A., Strüssmann C., Teixeira A.L. 2022.** A global assessment of research on urban ecology of reptiles: patterns, gaps and future directions
- **Connell J.H. 1978.** Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science* 199 : 1302-1310.
- **Curran M., Hellweg S., Beck J. 2014.** Is there any empirical support for biodiversity offset? *Ecological Applications* 24 : 617-632
- **Concepción E.D., Moretti M., Altermatt F., Nobis M.P., Obrist M.K. 2015.** Impacts of urbanisation on biodiversity: the role of species mobility, degree of specialisation and spatial scale
- **Fenoglio M.S., Calviño A., González E., Salvo A., Videla M. 2021.** Urbanisation drivers and underlying mechanisms of terrestrial insect diversity loss in cities
- **Kuussaari M., Bommarco R., Heikkinen R.K., Helm A., Krauss J., Lindborg R., et al. 2009.** Extinction debt : a challenge for biodiversity conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 24 : 564-571.
- **Regnery B. 2017.** La compensation écologique concept et limites pour conserver la biodiversité. 85-128.
- **Vitousek P.M., Mooney H.A., Lubchenco J., Melillo J.M. 1997.** Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science* 277 : 294-499.

Ressources bibliographiques consultées dans le cadre de l'inventaire :

- SRADDET Auvergne Rhône-Alpes (Données sur la Trame Verte et Bleue)
- SRCE Rhône-Alpes (Données sur la Trame Verte et Bleue)
- SCoT de l'Ouest Lyonnais (Données sur la Trame Verte et Bleue)
- Carmen Développement Durable (Données sur les zones humides)
- Site internet de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN)

- Site internet de la LPO Rhône
- BiodivAura
- OpenObs
- GBIF