

Projet de Fin d'Etudes (PFE) 2020-2021

L'équivalence écologique : tentative de prédiction des trajectoires des écosystèmes



Source : Union Professionnelle du Génie Ecologique

Sous la direction de
Céline Tanguay (tutrice académique)
Mathieu Jauneau (tuteur professionnel)

Auteure
Fanny Gourdon

L'équivalence écologique : tentative de prédiction des trajectoires des écosystèmes

**Céline Tanguay
Mathieu Jauneau**

Fanny Gourdon

2021

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur de cette recherche a signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir-faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer tout ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche, nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes m'ayant permis de mener à bien ce travail et qui ont contribué à l'élaboration de ce document.

Tout d'abord, je remercie Mme. Céline Tanguay pour sa disponibilité et ses conseils malgré la distance.

Mes remerciements vont également à M. Paul Cassagnes et M. Mathieu Jauneau -du service Ecologie à l'Agence de Joué les Tours de l'entreprise *Ingérop Conseil et Ingénierie*- pour avoir accepté de me garder en contrat de professionnalisation et de m'avoir proposé ce sujet fort intéressant qui est au cœur des problématiques d'aménagement aujourd'hui. Je les remercie également pour leur disponibilités et leur aide.

Merci également à Nathalie Greslier de la DREAL Nouvelle Aquitaine, Bastien Moreira-Pellet et Jeremy Requena de la DRIEE Ile de France, Stephane Roure de la DDT Drôme pour m'avoir accordé du temps et d'avoir pu échanger avec moi sur cette thématique.

Enfin, je tiens à remercier Julien Mazière, également étudiant en contrat de professionnalisation au service écologie de l'Agence de Joué les Tours d'Ingerop CI, avec qui j'ai pu échanger à plusieurs reprises.

SOMMAIRE

Table des matières

Introduction.....	7
Matériels et méthodes.....	12
La méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides	12
Capitalisation de suivis de mesures compensatoires	12
Analyse de l'efficacité des suivis de mesures compensatoires, prédictions des trajectoires écologiques.....	14
Résultats.....	15
La méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides	15
Capitalisation de suivis de mesures compensatoires	16
Etat de l'art bibliographique	16
Prise de contact auprès des administrations	17
Types de mesures compensatoires obtenues.....	17
Analyse de l'efficacité des suivis de mesures compensatoires, prédiction des trajectoires écologiques.....	20
Discussion.....	22
Bibliographie	24
Annexes	32

Table des figures et des tableaux

<i>Figure 1 : Schéma conceptuel de la séquence ERC (Irsta, 2012).....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 2 : Représentation schématique des pertes (P), et des gains (G) au cours du temps. (Irsta, 2012). .</i>	<i>10</i>
<i>Figure 3 : schéma général des acteurs de la compensation, (Regnery, 2017).....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 4 : Principales séquences associées à la conception de la méthode , Source : Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (Onema, 2016).</i>	<i>16</i>
<i>Figure 5 : Les différentes modalités d'une mesure compensatoire (source : Ligne directrice nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels, fiche n°13 « Définir les modalités d'une mesure compensatoire ».</i>	<i>18</i>
<i>Tableau I : Synthèse de prises de contact pour demande de suivis de mesures compensatoires.....</i>	<i>13</i>
<i>Tableau II : Types, catégories et sous-catégories des mesures de compensation (CGDD, CEREMA Centre-Est, 2018).....</i>	<i>18</i>

Liste des acronymes et abréviations

CEREMA : Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CGDD : Commissariat Général au Développement Durable
DDT : Direction Départementale des Territoires
DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIEE : Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie
EPF : Etablissement Public Foncier
ERC : Eviter, Réduire, Compenser
IRSTEA : Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture
MEDDE : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie
MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle
OFB : Office Français de la Biodiversité
ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
ONG : Organisation Non Gouvernementale
PFE : Projet de Fin d'Etude
SAFER : Société d'Aménagement Foncier et d'Espace Rural
SER : Société d'Ecologie de la Restauration
UPGE : Union Professionnelle du Génie Ecologique

Introduction

Alors que la crise de la Covid-19 a pu mettre en exergue une biodiversité mise à mal par l'homme, la fragilité de son équilibre n'est plus à prouver et a plusieurs origines. On peut noter la destruction et la fragmentation des espaces naturels, le changement des usages des terres, le commerce d'espèces sauvages, selon Bérangère ABBA (*Secrétaire d'Etat chargée à la biodiversité auprès de la ministre en charge de la transition Ecologique*), lors de son allocution pour la Webconférence sur le génie écologique du 10 décembre 2020 (Actu Environnement, 2020). La biodiversité subit une érosion scientifiquement prouvée, établie et continue (Regnery, 2017). Les projets d'aménagements nécessaires au développement humain en produisant des services, jouent un rôle important dans le bien-être des populations comme se nourrir, se déplacer. Cependant, ce développement et l'installation d'infrastructures s'accompagnent la plupart du temps d'effets négatifs sur la biodiversité (pollution, destruction, fragmentations des habitats naturels...). En cette période de crise écologique, il est urgent de tenter de réconcilier le développement de l'homme avec la conservation de la biodiversité. (Actu Environnement, 2020).

En France, la loi du 10 juillet 1976, loi n°76-629 relative à la protection de la nature (Legifrance, 2000) a permis d'introduire la séquence « Eviter, Réduire, Compenser », (ERC) dans la réglementation environnementale. Cette séquence est définie par l'article 2 de cette loi par : « les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, *si possible*, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement », lors de projets impactant la nature. Dans un premier temps, il s'agit donc d'éviter les impacts du projet, puis de réduire les impacts n'ayant pu être évités. Enfin s'il reste des impacts résiduels pouvant entraîner une perte nette de biodiversité, alors ces impacts seront compensés dans la mesure du possible. Cependant, il n'était pas précisé dans cette loi, que cette compensation devait être réalisée. (Irstea, 2013).

La compensation, est un acte visant à équilibrer un effet par un autre, « neutraliser un inconvénient, un préjudice par un avantage, un dédommagement » (Dictionnaire Larousse, 2020). La compensation écologique est le compromis entre le développement socio-économique et la conservation de la biodiversité, des milieux naturels. (Regnery, 2017). D'après le Business and Biodiversity Offset Programme, les mesures compensatoires peuvent être considérées comme « des actions de conservation visant à compenser des impacts négatifs résiduels significatifs sur la biodiversité résultant du développement de projets d'aménagement, après que des mesures appropriées d'évitement et d'atténuation ont été prises. L'objectif des mesures compensatoires est de parvenir à une absence de perte nette et de préférence à un gain net de biodiversité ». (BBOP 2012) (Géoportail, 2019).

Cependant, plusieurs années plus tard, le constat de la mise en place de cette séquence ERC n'est pas satisfaisant et est considéré comme négatif. (Hubert & Regnery 2016). En effet, les mesures d'évitement et de réduction n'ont pas été assez utilisées contrairement aux mesures compensatoires, et ces dernières étaient utilisées seulement pour les espèces protégées. L'érosion de la biodiversité s'est poursuivie contribuant à l'évolution de la réglementation par une succession de lois en faveur de la biodiversité. (Irstea, 2013).

Notamment, lors du Grenelle de l'environnement et des lois de 2009 et 2010 (Legifrance, 2009, 2010), la réforme des études d'impact en 2012 (Legifrance 2011), la doctrine et les lignes directrices nationales sur la séquence ERC en 2012 et 2013 (MEDDE 2013).

L'Article 69 (codifié dans le Code de l'Environnement aux numéros L. 163-1 à 5 et 70) de la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages du 8 août 2016 vient renforcer et préciser le cadre de la loi de 1976. Quand en 1976 cette compensation avait lieu sous la mention « si possible », suite à cette loi de 2016, elle est alors dotée d'un caractère incontournable lors de documents de planification ainsi que d'aménagement susceptibles d'affecter les milieux naturels. Elle fixe comme objectif final de la compensation, « l'absence nette, voir un gain de biodiversité » assortie d'une obligation de résultats (les mesures proposées doivent être effectives durant toute la période de l'impact). Elle nécessite alors une étape de dimensionnement de la compensation afin de vérifier l'équivalence entre les pertes et les gains de biodiversité associés (Regnery, 2017) (OFB, 2020)

Afin de respecter cet objectif de résultat d'absence de perte nette (« no net loss » au niveau international) voir d'un gain de biodiversité dans le cadre de ces mesures de compensation, le dimensionnement et la mise en œuvre de ces mesures doivent respecter plusieurs principes réglementaires qui sont : la proportionnalité, l'équivalence, la proximité géographique et temporelle, la faisabilité, l'efficacité, la plus-value écologique, l'additionnalité, la pérennité ainsi que la cohérence, complémentarité. (BBOP, 2013).

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, nous nous focaliserons principalement sur le principe de l'équivalence écologique.

L'équivalence écologique correspond à "l'ensemble de critères, de méthodes et processus participatifs ayant pour but d'évaluer et comparer les pertes écologiques liées à l'impact résiduel significatif d'un projet et les gains écologiques liées à la mesure compensatoire afin de cibler et dimensionner cette dernière" (MEDDE, 2013). L'évaluation de cette équivalence écologique nécessite que l'on puisse comparer les pertes engendrées par les impacts résiduels d'un projet et les gains attendus des mesures compensatoires. Cela revient à mesurer la biodiversité. La figure 1 ci-dessous, représente le schéma conceptuel de la séquence ERC, avec la notion d'équivalence écologique.

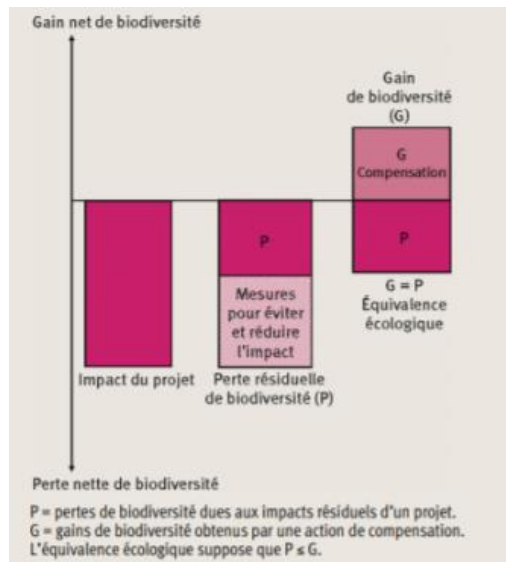


Figure 1 : Schéma conceptuel de la séquence ERC (Irsta, 2012).

Mais parler de pertes et gains nécessite d'avoir préalablement identifié une référence au départ à laquelle on évalue ces pertes et gains. Cette référence est en principe l'état « actuel » correspondant à la date d'impact ou de demande d'autorisation. L'état de référence peut aussi être l'état futur probable du site impacté et du site de compensation. Cette définition de l'état futur probable du site impacté nécessite l'anticipation de sa trajectoire écologique probable.

« La trajectoire écologique est le chemin dynamique d'une variable écologique ou d'un écosystème au cours du temps. En écologie de la restauration « la trajectoire commence avec l'écosystème non restauré et progresse vers l'état attendu d'autoréparation souhaité dans les buts du projet de restauration et exprimé dans l'écosystème de référence » (Société d'écologie de la restauration, 2004) (Irsta, 2012). La figure 2, ci-dessous, représente ces trajectoires écologiques, qui sont considérées comme déterminantes dans l'évaluation de l'équivalence écologique.

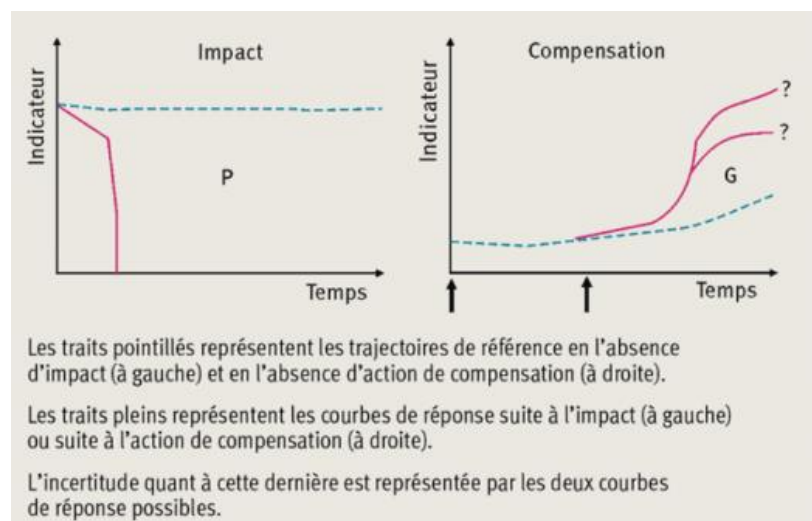


Figure 2 : Représentation schématique des pertes (P), et des gains (G) au cours du temps. (Irsta, 2012).

Les estimations des trajectoires des milieux impactés se fait à l'aide de catégories ou modèles préalablement définis, mais en grande majorité, sur le terrain, elles se font selon "un dire d'expert", ce qui est susceptible de générer des biais dans l'évaluation de l'équivalence.

Une étude publiée en 2019 dans la revue *Biological Conservation* menée par des chercheurs du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) et d'AgroParisTech a été menée sur 24 projets d'infrastructures soumis à évaluation environnementale. Leurs résultats montrent que les mesures visant à compenser la perte de biodiversité dans le cadre de ces projets sont très insuffisantes. Il est également précisé que pour la grande majorité, les impacts sont loin d'être compensés et il n'y a pas gain net de biodiversité. En ce sens, les auteurs indiquent qu'il est nécessaire de développer de nouvelles méthodologies et disposer de nouveaux indicateurs afin d'améliorer cette compensation écologique, de la biodiversité (Combe , 2019) (Weissgerber et al. , 2019). Concernant les milieux humides, une méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides a été mise en place en 2016 par l'Onema et le Muséum National d'Histoire Naturelle, proposant le dimensionnement de la compensation permettant de s'affranchir d'une méthode à « dire d'expert ». (ONEMA , 2016). Un retour d'expérience de l'Observatoire Français de la Biodiversité devrait venir améliorer et amender cette méthode nationale courant 2021. En revanche, il n'existe pas encore de cadre méthodologique applicable aux autres milieux (Irstea, 2018).

Comme le disait Harold Levrel dans « Compensations écologiques » en 2020 « il est essentiel d'harmoniser les techniques de suivi sur le terrain et les méthodes de mesure de l'équivalence en vue de fournir des outils de preuve opposables devant les tribunaux et compréhensibles par un large public » (Levrel, 2020).

On peut alors se demander, dans un esprit de cohérence, s'il est possible de proposer une méthode de dimensionnement standardisée de la compensation, pour les milieux terrestres, en France, similaire à celle pour les zones humides. Et plus précisément, s'il est possible de minimiser, de s'affranchir de la part d'expertise en faisant une prédiction des trajectoires des écosystèmes de ces mesures compensatoires et de traduire dans les faits de manière scientifique, que l'on arrive bien à obtenir cette équivalence écologique, voir ce gain écologique.

Pour répondre à cela, ce Projet de Fin d'Etudes s'approchera donc d'une méthode de dimensionnement de la compensation, en tentant de dégager de grandes tendances écologiques de mesures compensatoires. Tout en appréhendant la prédiction des trajectoires des écosystèmes en réponse à des actions de génie écologique en prenant appui sur des retours d'expériences, d'efficacité des suivis écologiques.

Matériels et méthodes

La méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides

L'objectif de ce Projet de Fin d'Etudes est d'arriver à capitaliser des données de suivi de mesures compensatoires afin de pouvoir en extraire, si possible, les grandes tendances, les trajectoires écologiques. Savoir quelles mesures compensatoires sont efficaces ou pas et les raisons de cette efficacité.

Dans un premier temps, il est nécessaire de prendre connaissance de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides pour mieux comprendre cette démarche de dimensionnement de la compensation dans le cadre de ces milieux. Afin de pouvoir proposer une démarche similaire pour qu'il y ait une continuité, homogénéité dans les méthodes. (ONEMA , 2016).

Capitalisation de suivis de mesures compensatoires

Dans un second temps, il a fallu trouver des suivis de mesures compensatoires. Ces suivis peuvent être consultables en quantité moindre sur internet, ou bien par le biais des administrations (les services instructeurs et les autorités environnementales, les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) ou la Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (DRIEE) Ile de France et les Directions Départementale des Territoires (DDT). Ces suivis de mesures compensatoires peuvent également être consultable par d'autres acteurs tels que les associations de protection de la nature, les bureaux d'études, etc.

Le choix a été fait dans le cas présent, de contacter principalement les administrations afin de s'assurer une meilleure compilation et centralisation de données. En effet, ce sont les DREAL qui assurent l'instruction des dossiers de demande de dérogation à la protection stricte des espèces protégées, et les DDT sont un interlocuteur important des subdivisions départementales des DREAL. La figure 3, ci-dessous, représente le schéma général des différents acteurs de la compensation.

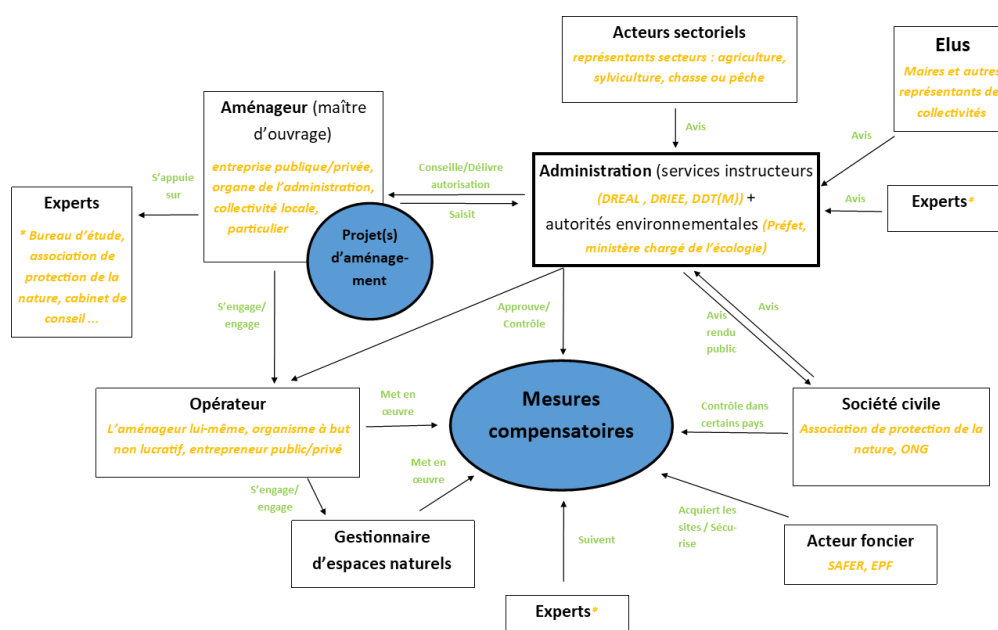


Figure 3 : Schéma général des acteurs de la compensation, (Regnery, 2017, modifié, d'après Morandeau & Vilaysack 2012, in MEDDE 2012c, modifié)

Après avoir réalisé des recherches bibliographiques, il a été nécessaire de prendre contact avec les DREAL principalement dans un premier temps, et de contacter quelques DDT par la suite. Les organigrammes présents sur les sites respectifs des DREAL et DDT, et mis à jour pour l'année 2020, permettent de trouver les services les plus adaptés à la recherche de suivi de mesures compensatoires. Les prises de contacts ont eu lieu par mail tout d'abord, et ont pu conduire pour certaines, à des échanges téléphoniques, lorsque les échanges se sont avérés positifs. Les personnes ayant été contactées ainsi que leurs rôles au sein de la structure, ont été représentées dans le tableau I, ci-dessous.

Tableau I : Synthèse de prises de contact pour demande de suivis de mesures compensatoires

Organisme	contact	service	mail
DREAL/DRIEE			
DREAL Centre Val de Loire	Thérèse PLACE	Chef du département Biodiversité	therese.place@developpement-durable.gouv.fr
	François Micheau	Chargé de mission biodiversité	francois.micheau@developpement-durable.gouv.fr
DRIEE Ile de France	Bastien Moreira-Pellet	chef du pôle police de la nature, chasse et CITES	bastien.moreira-pellet@developpement-durable.gouv.fr
	Jeremy Requena	Chargé de mission Police de la Nature et Dérogations Espèces Protégées	jeremy.requena@developpement-durable.gouv.fr
DREAL Auvergne-Rhône Alpes	Marc Chatelain	chef de projet espèces protégées	marc.chatelain@developpement-durable.gouv.fr
	Julien MESTRALLET	Chef du Pôle Préservation des Milieux et des Espèces	julien.mestrallet@developpement-durable.gouv.fr
DREAL PACA	Pascal BLANQUET	Service Biodiversité eau, Paysage	pascal.blanquet@developpement-durable.gouv.fr
DREAL Grand Est	Pierre SPEICH	Chef de service évaluation environnementale	pierre.speich@developpement-durable.gouv.fr
DREAL Bourgogne Franche Comté	Olivier BOUJARD	service biodiversité	olivier.boujard@developpement-durable.gouv.fr
DREAL Hauts de France		Service Nature eau et paysage	Dreal-hauts-de-france@developpement-durable.gouv.fr
DREAL Normandie	Denis RUNGETTE	service ressources naturelles	denis.rungette@developpement-durable.gouv.fr
DREAL Bretagne	Alice NOULIN	Service Patrimoine naturel : Division Biodiversité, géologie et paysage	alice.noulin@developpement-durable.gouv.fr
DREAL Pays de la Loire	Nathalie GUESDON	Service ressources naturelles et paysages : Division biodiversité	nathalie.guesdon@developpement-durable.gouv.fr
DREAL Occitanie	Frédéric DENTAND	Département biodiversité	frederic.dentand@developpement-durable.gouv.fr
DREAL Nouvelle Aquitaine	Pierre QUINET	chef de la mission d'évaluation environnementale	pierre.quinet@developpement-durable.gouv.fr
	Nathalie GRESLIER	Référente réglementation espèces protégées	nathalie.greslier@developpement-durable.gouv.fr

DREAL Corse	Sébastien Bergès	Service biodiversité eau et paysage : division site paysage et évaluation des impacts	sebastien.berges@developpement-durable.gouv.fr
DDT			
DDT Indre et Loire	Thierry Jacquier	Service eau et ressources naturelles	thierry.jacquier@indre-et-loire.gouv.fr
DDT Cher	Frédérique vidalle	Chef de service environnement et risques	frederique.vidalle@cher.gouv.fr
DDT Essonne	Sandrine Fauchet	Cheffe de service environnement	sandrine.fauchet@essonne.gouv.fr
DDT Yvelines	Céline Cappe de Baillon	Service environnement	celine.cappedebaillon@yvelines.gouv.fr
DDT Drôme	Stephane ROURE	Service eau forêt, espaces naturels	stephane.roure@drome.gouv.fr
DDT Ardèche	Christophe Mittenbuhler	Service environnement	christophe.mittenbuhler@ardeche.gouv.fr
DDTM Gard	Cyrille Angrand	chef de Service environnement et forêt	cyrille.angrand@gard.gouv.fr

Analyse de l'efficacité des suivis de mesures compensatoires, prédictions des trajectoires écologiques

Afin d'être sûr que les mesures proposées dans le cadre de mesures compensatoires vont permettre d'atteindre l'objectif principal, qui est l'absence de perte nette de biodiversité, il est nécessaire que l'on puisse être certain des résultats, de l'efficacité des mesures proposées lors des suivis écologiques.

En effet, les suivis écologiques, doivent permettre d'évaluer, de comparer et d'analyser les résultats écologiques au cours du temps. L'évaluation qui y est faite, consiste à identifier dans un premier temps, les objectifs pour lesquels ces mesures compensatoires doivent répondre. Par la suite, les indicateurs pertinents, choisis et définis au préalable seront indispensables afin de pouvoir évaluer et suivre les résultats écologiques de ces mesures (Regnery, 2017).

Cette analyse de l'efficacité des suivis de mesures compensatoires, consistera, si le nombre de suivis est assez significatif, à prédire les trajectoires écologiques des différents milieux impactés. Cela permet de savoir que pour un certain type d'écosystème, il y a des travaux de génie écologique qui fonctionnent plus ou moins bien.

Suite à ces observations, des coefficients de sécurité pourront alors être attribué dans le dimensionnement des mesures compensatoires, dans l'évaluation de l'équivalence, en fonction de l'efficacité prouvée de la mesure. Ainsi, si la mesure proposée fonctionne bien, un coefficient de sécurité plus faible sera attribué. A l'inverse, un coefficient plus élevé sera attribué aux mesures qui fonctionnent moins, où le volume de mesure sera plus élevé afin d'augmenter l'équivalence écologique.

Résultats

La méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides

Le dimensionnement de la compensation, permet d'évaluer de manière précise, les impacts résiduels des projets sur les milieux naturels. Aujourd'hui il existe bel et bien une méthodologie standardisée au niveau national du dimensionnement de la compensation pour les zones humides qui s'appelle la méthode nationale des zones humides (ONEMA , 2016). En revanche, il n'existe pas encore de méthode standardisée à l'échelle nationale pour les autres écosystèmes, terrestres.

La méthode nationale des zones humides a été mise en place à la suite d'un constat. Les fonctions des zones humides étaient rarement évaluées, du fait de l'absence de méthode d'évaluation applicable sur l'ensemble du territoire. Mais ces données sont considérées comme indispensables pour évaluer les impacts des aménagements sur les zones humides et définir les mesures ERC à mettre en place. L'intégration de l'évaluation de ces fonctions est nécessaire en amont des projets afin de proposer des méthodes de dimensionnement ou des sites de compensation adaptés. (ONEMA , 2016).

L'évolution des fonctions des zones humides est effectuée avant/après l'impact d'un projet, d'activités, de travaux, ou bien avant/après la réalisation de l'action écologique. Cela permet la comparaison entre les pertes écologiques (dûs par le projet) et les gains écologiques (apportés par les mesures de compensation).

Ce sont au total 227 sites qui ont été testé (47 pour le prototype de 2014, 180 sites pour le prototype de 2015) pour aboutir à la version finale de cette méthode. Les principales séquences associées à la conception de la méthode, avec le nombre de test sur les sites sont représentées dans la figure 4 ci-dessous.

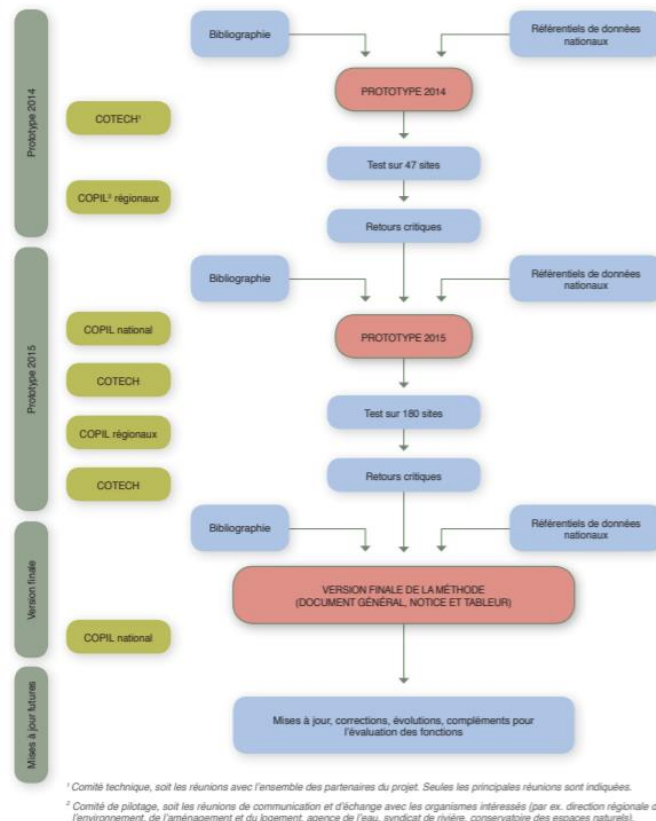


Figure 4 : Principales séquences associées à la conception de la méthode , Source : Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides (Onema, 2016).

Pour réaliser une méthode standardisée, comme la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides, il est nécessaire d'attribuer des indicateurs, des métriques pour évaluer l'état initial d'un site sur lequel des mesures compensatoires vont être mises en place. Ensuite, il faut voir la fonctionnalité, l'efficacité de ces mesures compensatoires, prédire les trajectoires, en fonction des différents indicateurs choisis. Concernant la partie sur les indicateurs, c'est Julien Mazière, étudiant en 5^{ème} année à l'Université Polytechnique de Tours, en option ADAGE qui tentera de le traiter dans son Projet de Fin d'Etude 2021.

Capitalisation de suivis de mesures compensatoires

Etat de l'art bibliographique

Lors des recherches bibliographiques, les données de suivi de mesures compensatoires qui reviennent le plus, sont les suivis concernant les milieux zones humides. Or, comme il a été précisé, ces milieux sont bien représentés dans la bibliographie française comme étrangère, ainsi que pour l'évaluation de l'équivalence, contrairement aux milieux terrestres.

De plus, la plupart de données sont trop récentes, ce qui ne permet pas d'avoir assez de recul sur l'efficacité des mesures. Certaines sont également focalisées sur une seule espèce et non sur un groupe d'espèce (par exemple : le Lézard des murailles, au lieu « des reptiles »).

Prise de contact auprès des administrations

Les demandes de suivis de mesures compensatoires auprès des administrations françaises, les DREAL et DDT n'ont pas été très concluantes. En effet, sur 13 DREAL contactées, seulement deux ont répondu favorablement à la transmission de données, soit 15% favorables. Ainsi, ce sont en tout 10 suivis qui ont été transmis par la DRIEE Ile de France et 9 suivis par la DREAL Nouvelle Aquitaine. En ce qui concerne les suivis transmis par la DREAL Nouvelle Aquitaine, rares sont ceux qui peuvent attester du bon dimensionnement de la compensation, de l'efficacité des mesures et de l'absence de perte nette de biodiversité, puisqu'ils ont été actés avant la loi de reconquête de la biodiversité de 2016. De plus certains dossiers n'ont pas pu être transmis puisqu'ils ont été mis en œuvre depuis trop peu de temps.

Par ailleurs, les réponses des DDT renvoyaient principalement aux DREAL dans leurs réponses, car pour la plupart, ces dossiers sont instruits dans les DREAL dans les services de biodiversité. Pour la DDT Drôme, les mesures compensatoires environnementales pour un projet donné, sont une mesure encore trop récente sur ce département, qui n'a pas fait l'objet de mise en œuvre opérationnelle, ce qui rend, in fine leur évaluation impossible.

En outre, des rapports de suivi de mesures compensatoires n'ont pas pu être transmis du fait de leur caractère privé par exemple, ce qui complexifie la compilation des données de suivis.

Types de mesures compensatoires obtenues

Ces mesures compensatoires peuvent faire appel à une ou plusieurs actions écologiques qui sont : la restauration, réhabilitation, la création de milieux et l'évolution des pratiques de gestion. De plus, ces actions sont complétées par des mesures de gestion pour assurer un maintien dans le temps de leurs effets. Ces différentes actions écologiques et leur modalité sont représentées dans la figure 5, ci-dessous. (CGDD, CEREMA Centre-Est, 2018)

n° 13	RESTAURATION OU RÉHABILITATION (y compris mesures de gestion)	CRÉATION (y compris mesures de gestion)	ÉVOLUTION DES PRATIQUES DE GESTION
Définition	Action sur un milieu dégradé par l'homme ou par une évolution naturelle (ex.: fermeture d'un milieu par développement des espèces ligneuses suite à un abandon de gestion), visant à faire évoluer le milieu vers un état plus favorable à son bon fonctionnement ou à la biodiversité. Interventions faisant appel à des travaux (terrassment, travaux hydrauliques, génie écologique, etc.).	Action visant à créer un habitat sur un site où il n'existait pas initialement. Interventions faisant appel à des travaux de terrassment, des travaux hydrauliques ou de génie écologique.	Action qui permet d'assurer une gestion optimale d'un milieu, des espèces et de leurs habitats. L'évolution des pratiques de gestion peut être envisagée au titre de la compensation dès lors qu'elle permet un gain substantiel des fonctionnalités du site.
Nature de la mesure	Maîtrise du site par la propriété (1) ou par contrat. + Mesures techniques visant à l'amélioration de la qualité écologique des milieux naturels. + Mesures de gestion.	Maîtrise du site par la propriété (1) ou par contrat. + Mesures techniques visant la création de milieux. + Mesures de gestion.	Maîtrise du site par la propriété (1) ou par contrat. + Application éventuelle d'outils réglementaires. + Mesures de gestion.

Figure 5 : Les différentes modalités d'une mesure compensatoire (source : Ligne directrice nationale sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels, fiche n°13 « Définir les modalités d'une mesure compensatoire ».

Le guide d'aide à la définition des mesures ERC du CGDD et du Cerema Centre-Est, a permis de présenter plus en détail les grands types, catégories et sous catégories des mesures de compensation spécifiques à la thématique « milieux naturels » et « paysage ». Le tableau récapitulatif II issu de ce guide est présent ci-dessous. Pour certaines sous catégories, des données sur l'efficacité des mesures sont précisées. Ces données ont été obtenues suite à une collecte préalable de mesures compensatoires et elles ont été enrichies des retours issus de la consultation des maîtres d'ouvrages, services de l'Etat, bureaux d'études... Cette classification n'a pas pour vocation d'être fixe, mais bien « d'évoluer selon les retours d'expériences et l'avancée des connaissances ». (CGDD, CEREMA Centre-Est, 2018).

Tableau II : Types, catégories et sous-catégories des mesures de compensation (CGDD, CEREMA Centre-Est, 2018)

Type	Catégorie	Sous-catégorie	Conditions de mise en œuvre/limites/ Efficacité
CREATION/ RENATURATION DE MILIEUX	Action concernant tous types de milieux	Création ou renaturation d'habitats et d'habitats favorables aux espèces cibles et à leur guildes (à préciser)	Action de génie écologique dont le résultat est incertain. Mesure vouée à l'échec si le site de mise en œuvre ne présente pas les caractéristiques abiotiques nécessaires à la création dudit habitat.
		Aménagement ponctuel (abris ou gîtes artificiels pour la faune) complémentaire à une mesure C1.a ou à une mesure C2	La création de tels abris artificiels ou habitat ponctuel est à étudier précisément, car plusieurs cas ont mentionné que l'abri artificiel créé s'est

			transformé en véritable piège pour les spécimens.
		Respect des prescriptions d'un APG	
RESTAURATION/REHABILITATION	Action concernant tous types de milieux	Enlèvement de dispositif d'aménagements antérieurs (déconstruction) hors ouvrages en eau	Actions mises en œuvre font nécessairement l'objet de mesure de gestion
		Enlèvement/traitement d'espèces exotiques envahissantes (EEE)	Les EEE présentent des préférences écologiques diverses et les actions envisagées sont spécifiques à chaque espèce.
		Etrépage/Décapage/Décassement du sol ou suppression de remblais	Actions mises en œuvre font nécessairement l'objet de mesure de gestion
		Réensemencement de milieux dégradés, replantation, restauration de haies existantes mais dégradées	Actions mises en œuvre font nécessairement l'objet de mesure de gestion
		Réouverture du milieu par débroussaillage d'espèces ligneuses, abattage d'arbres etc.	Actions mises en œuvre font nécessairement l'objet de mesure de gestion
		Restauration de corridor écologique	Actions mises en œuvre font nécessairement l'objet de mesure de gestion
		Aménagement ponctuel (abris ou gîtes artificiel pour la faune) complémentaire à une autre mesure C2	La création de tels abris artificiels ou habitat ponctuel est à étudier précisément, car plusieurs cas ont mentionner que l'abri artificiel créé s'est transformé en véritable piège pour les spécimens.
		Respect des prescriptions d'un APG (à préciser)	
		Autre : à préciser	
EVOLUTION DES PRATIQUES DE GESTION	Abandon ou changement total des modalités de gestion antérieures	Abandon ou forte réduction de tout traitement phytosanitaire	
		Abandon ou forte réduction de toute gestion : îlot de senescence, autre (à préciser)	Objectifs atteints qu'à long terme : bien prendre en considération le temps

			d'atteinte des objectifs dans le dimensionnement de la mesure
		Changement des pratiques culturales par conversion de terres cultivées ou exploitées de manière intensive	<i>Actions mises en œuvre font nécessairement l'objet de mesure de gestion</i>
		Respect des prescriptions d'un APG (à préciser)	
		Autre : à préciser	
	Simple évolution des modalités de gestion antérieures	Modification des modalités de fauche et/ou de pâturage ou modification de la gestion des niveaux d'eau	<i>Actions mises en œuvre font nécessairement l'objet de mesure de gestion</i>
		Mise en place de pratiques de gestion alternatives plus respectueuses des milieux (à préciser par le maître d'ouvrage)	<i>Actions mises en œuvre font nécessairement l'objet de mesure de gestion</i>
		Modification des modalités de gestion de la fréquentation humaine	<i>Actions mises en œuvre font nécessairement l'objet de mesure de gestion</i>
		Respect des prescriptions d'un APG (à préciser)	
		Autre : à préciser	

Analyse de l'efficacité des suivis de mesures compensatoires, prédiction des trajectoires écologiques

L'annexe 2 représente un tableau récapitulatif des différents suivis ayant pu être consulté. On peut constater que dans un grand nombre de suivis de mesures compensatoires, l'efficacité de la mesure est très brièvement détaillée ou alors elle n'est pas présente. Ce qui rend difficile une quelconque prédiction des trajectoires écologiques du milieu. Cela s'ajoute également au caractère récent des mesures, et de l'absence d'un recul important et nécessaire concernant la mesure. Par exemple, les « hibernaculum » pour les reptiles et surtout pour le Lézard des murailles, semblent être assez efficaces pour favoriser la présence de l'espèce. Cependant, les données obtenues sont trop faibles et ne sont pas assez représentatives pour pouvoir affirmer que cette mesure a une efficacité prouvée.

De plus, après échange avec Mme Nathalie GRESLIER, Référente Réglementation Espèces Protégées de la DREAL Nouvelle-Aquitaine – Site de Bordeaux ; “cette trajectoire écologique est logique mais pas forcément décrite dans les documents réglementaires”.

N’ayant pu disposer d’un nombre de suivis de mesures compensatoires suffisant et significatif (une centaine pour se rapprocher de la méthode pour les zones humides), il a donc été impossible, dans ce cas, de pouvoir prédire les trajectoires des différents types d’écosystèmes. Les différents ratios de sécurité n’ont alors par conséquent, pas pu être définis par manque de données.

De plus, comme l’explique Baptiste Regnery, « beaucoup de mesures sont seulement définies en quelques phrases à la fin du rapport des autorisations administratives et manquent de descriptions qualitatives et quantitatives concernant les besoins et les objectifs de la compensation ». Ainsi, il devient difficile de pouvoir contrôler efficacement l’objectif d’absence de perte nette de biodiversité quand ces objectifs sont décrits brièvement. (Regnery, 2017).

Comme a pu le préciser Jérémie Requena de la DRIEE Ile de France, il y a un autre effet qui peut rentrer en compte dans cette analyse de l’efficacité des suivis, et qu’il ne faut pas négliger. C’est notamment le fait que la personne ayant instruit le projet à une époque donnée peut avoir changé de poste, ce qui laisse à son successeur la charge du suivi, alors qu’il n’a pas la mémoire de l’instruction, ce qui peut poser problème. Cependant, pour la DRIEE pour pallier à cet effet, et le minimiser, des outils sont mis en œuvre tels que des check-list, tableaux etc. permettant de garder une traçabilité de l’instruction du projet.

Par ailleurs, dans un des suivis transmis par la DREAL Nouvelle Aquitaine, des tableaux bien précis étaient détaillés en conclusion du suivi, et présentaient les résultats par rapport à l’objectif (réussite, échec ou non réalisé). Ces tableaux dont un exemple est représenté en annexe (Annexe 1), semblaient être très complets pour suivre l’efficacité des mesures. Cependant, lors des échanges avec Nathalie Greslier, il a été expliqué que malgré la qualité du rendu, ce projet n’était pas le plus exemplaire sur le terrain et que ce projet a été acté avant la loi de 2016, avec des travaux datant de 2015, lorsque les exigences en terme de rendus étaient moindres.

En effet, selon Harold Levrel, « il peut y avoir un monde » entre le fait de concevoir des mesures compensatoires ambitieuses pour atteindre l’objectif de perte nette de biodiversité et la mise en œuvre sur le terrain de ces mesures compensatoires. (Levrel, 2020).

Discussion

Le Projet de Fin d'Etudes suivant, a permis de prendre conscience du fait qu'il n'est pas possible de proposer une méthode de dimensionnement visant à évaluer l'équivalence écologique en si peu de temps. En revanche, ce travail, a permis de mieux appréhender, et comprendre les différentes notions gravitant autour de cette question de la compensation, et dans ce cas, de l'évaluation de l'équivalence écologique.

Le domaine de la compensation est vaste et très complexe. Le peu d'accès aux données en témoigne. De plus, étant une notion assez récente, et d'autant plus avec la modification de la loi en 2016, les mesures compensatoires nécessitent un recul assez important, plusieurs années, pouvant aller de quelques années à 5 ans, 10 ans ou 20 ans ou plus pour pouvoir observer et juger de la véritable efficacité d'une mesure compensatoire. Ce qui peut être considéré comme paradoxal. En effet, on doit prouver et fournir des résultats attestant de l'efficacité de la mesure compensatoire assez rapidement, alors que son efficacité ne peut pas être démontrée en seulement quelques années de recul.

Dans ce rapport, il n'a pas été possible, au vu du faible nombre de suivis récupérés, de réaliser une véritable prédiction des trajectoires écologiques. L'objectif étant également de s'appuyer sur la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides, pour harmoniser la méthode de dimensionnement, il aurait nécessité l'obtention, au minimum, d'une centaine de suivis exploitables avec assez de recul et de retour d'expérience (sur les mêmes types de milieux, sur les mêmes groupes d'espèces) pour arriver à en extraire des grandes tendances significatives et représentatives.

Lors des analyses rétrospectives des mesures compensatoires, les parties prenantes de la compensation, ont exprimé des difficultés pour mettre en œuvre la séquence ERC et notamment les mesures compensatoires. Ces mesures compensatoires étaient rarement évaluées, et cela s'expliquait par l'absence d'une méthode d'évaluation applicable sur l'ensemble du territoire (ONEMA , 2016). En effet, pour s'affranchir du « dire d'expert », il est nécessaire que tous les gestionnaires puissent disposer d'un guide, d'une méthode présentant les indicateurs à évaluer ainsi que la prédiction de la trajectoire écologique et les ratios de sécurité en fonction de l'efficacité de la mesure compensatoire proposée.

D'autre part, selon Baptiste Regnery, pour démontrer l'atteinte de l'objectif ambitieux d'absence de perte nette de biodiversité, il est essentiel de disposer d'informations et connaissances claires, objectives et transparentes quant à l'efficacité des mesures compensatoires. Pour cela, il propose la création d'observatoires régionaux des mesures ERC, qui permettrait un travail en partenariat et une mise en réseau entre tous les acteurs afin « d'impulser des dynamiques d'observation collective des étapes ERC ». Ces observatoires régionaux, permettront de disposer d'un meilleur accès à l'information, ce qui est nécessaire (Regnery, 2017). C'est pourquoi , Harold Levrel, insiste sur le fait qu'il n'existe pas de base de données standardisées renseignant l'équivalence écologique obtenue suite aux compensations écologiques. (Levrel, 2020). Ces

observatoires permettraient également d'améliorer les connaissances, d'amener la concertation et le débat environnemental, d'aider au suivi, à l'évaluation et à la mise en place de politique publique en matière d'environnement et de biodiversité. Enfin, ils auraient un rôle de suivi et d'évaluation des politiques publiques au regard de l'évaluation de la séquence ERC, concernant l'efficacité notamment.

Une des conclusions actuelles du Groupe de Travail national sur le dimensionnement des Mesures Compensatoires, du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, expliqué par Jeremy Requena de la DRIEE Ile de France serait de dire "qu'il n'est pas réellement possible d'harmoniser les méthodes de dimensionnement, tant il faut qu'elles soient adaptées au cas du projet et des milieux".

Enfin, il a été précisé lors de l'échange avec Nathalie Greslier de la DREAL Nouvelle Aquitaine que « ce sujet est très intéressant mais il arrive malheureusement, trop tôt, il est trop précoce ». Cependant, la prédiction des trajectoires écologiques devrait être prise en compte prochainement. C'est une notion qui n'était pas non plus prise en compte dans la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. C'est la raison pour laquelle une deuxième version devrait être publiée prochainement, en 2021, concernant « des travaux sur la résilience des milieux, les taux d'échec, de réussite des actions écologiques ainsi que sur les trajectoires d'évolution des milieux afin de répondre à plusieurs autres principes de la compensation (aide au dimensionnement) »(Zones humides, 2021).

Néanmoins, le dimensionnement de la compensation est au cœur des volontés publiques de préservation de l'environnement. Comme l'énonçait Bérangère ABBA lors de son allocution pour la webconférence sur le génie écologique du 10 décembre dernier, « il est temps de réinvestir massivement dans la préservation et la restauration du capital naturel qu'est la biodiversité ». On apprend alors qu'au premier trimestre de 2021, un guide de la compensation écologique sera mis à disposition des différents acteurs de la compensation. Un guide du dimensionnement de l'équivalence écologique pour les milieux autres qu'humides, serait également en préparation, c'est peut-être de ce guide dont il a été question dans le discours de Madame ABBA. (Actu Environnement, 2020).

Pour finir, même si ce travail n'a pas pu répondre complètement à la commande de départ, portant sur la prédiction des trajectoires des écosystèmes, il permet tout de même d'apporter un état des lieux sur ce sujet. Il y a un certain nombre d'outils qui se mettent en place et différentes structures qui travaillent sur ce sujet. On peut constater que la dynamique est lancée mais il reste à uniformiser toutes ces données afin de proposer une méthode nationale standardisée des milieux terrestres. Cette méthode devra être comparable à celle des milieux humides pour garantir l'obtention de l'objectif d'absence nette de biodiversité. Cela requiert du temps pour apprécier précisément l'efficacité de ces outils et de la compensation.

C'est à la suite de ces divers constats, que j'ai donc décidé d'intituler ce Projet de Fin d'Etudes « tentative de prédiction des trajectoires écologiques ».

Bibliographie

Actu Environnement. (2020, décembre). *Webconférence - Quels défis pour les chantiers de génie écologique et de renaturation ?* <https://www.actu-environnement.com/ae/news/defis-genie-ecologique-renaturation-webconference-UPGE-36700.php4>

Baptiste Regnery. (2017). *La compensation écologique - concepts et limites pour conserver la biodiversité*. Muséum nationale d'histoire naturelle publications scientifiques.

Business and Biodiversity Offsets Programme. (2013). *To no net loss and beyond - An overview of the Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP)*. Forest Trends.
https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/imported/bbop-overview-document_2012_v11_april-22_2013_web-pdf.pdf

CGDD, CEREMA Centre-Est. (2018, janvier). *Evaluation environnementale - Guide d'aide à la définition des mesures ERC*. Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable. <https://www.idrrim.com/ressources/documents/10/5676-Thema-Guide-d-u2019aide-a-la-defini.pdf>

Dictionnaire Larousse. (2020). *La compensation*. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/>

DREAL Auvergne-Rhône-Alpes. (2020). DREAL Auvergne-Rhône-Alpes. <http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/>

DREAL Bourgogne-Franche-Comté. (2020). DREAL Bourgogne-Franche-Comté.
<http://www.bourgogne-franche-comte.developpement-durable.gouv.fr/>

DREAL Bretagne. (2020). DREAL Bretagne. <http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/>

DREAL Corse. (2020). DREAL Corse. <http://www.corse.developpement-durable.gouv.fr/>

DREAL Grand Est. (2020). DREAL Grand Est. <http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/>

DREAL Normandie. (2020). DREAL Normandie. <http://normandie.developpement-durable.gouv.fr/>

DREAL Nouvelle-Aquitaine. (2020). DREAL Nouvelle-Aquitaine. <http://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/>

DREAL Occitanie. (2020). DREAL Occitanie. <http://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/>

DREAL PACA. (2020). DREAL PACA. <http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/>

DREAL Pays de la Loire. (2020). DREAL Pays de la Loire. <http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/>

DRIEE Île-de-France. (2020). DRIEE Île-de-France. <http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr>

FRAPNA. (2018). Dossier les mesures compensatoires. *L'ECHO AUX MONTAGNES*, 8, 14-23.
<https://fr.calameo.com/read/0023261170998fd8a5fad>

Géoportail. (2019, 25 mars). *Mesures compensatoires des atteintes à la biodiversité*.
<https://www.geoportail.gouv.fr/actualites/carte-des-mesures-compensatoires-des-atteintes-a-la-biodiversite#>

Harold Levrel. (2020). *Les compensations écologiques*. La Découverte.

- Irstea, Fabien Quétier, Brice Quenouille, Eugénie Schwoertzig, Stéphanie Gaucherand, Sandra Lavorel, & Philippe Thiévent. (2012). Les enjeux de l'équivalence écologique pour la conception et le dimensionnement de mesures compensatoires d'impacts sur la biodiversité et les milieux naturels. *Sciences Eaux & Territoires - La revue d'Irstea*, 7, 2-7. <https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2012.HS.03>
- Irstea, Lucie Bezombes, Christian Kerbirou, Thomas Spiegelberger, Véronique Gouraud, & Stéphanie Gaucherand. (2018). Un cadre méthodologique pour évaluer l'équivalence entre pertes et gains de biodiversité induits par les projets d'aménagement et leurs mesures compensatoires. *Sciences Eaux & Territoires*, 49, 2-8. <https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2018.HS.06>
- Irstea, Sylvie Vanpeene-Bruhier, Pierre-André Pissard, & Christelle Bassi. (2013). Mesures compensatoires des atteintes à l'environnement dans les projets d'infrastructures : de nouvelles exigences réglementaires pour une amélioration des pratiques ? *Sciences Eaux & Territoires - La revue d'Irstea*, 9, 2-7. <https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2013.HS.01>
- Legifrance. (2000, 21 septembre). *Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature*. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000006068553/2021-01-10/>
- Legifrance. (2009, 5 août). *LOI n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en oeuvre du Grenelle de l'environnement (1)*. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000020949548/>
- Legifrance. (2011, 30 décembre). *Décret n° 2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements - Legifrance*. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000025054134/>

Legifrance. (2019, 10 novembre). *LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement*.

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000022470434/2021-01-16/>

Magali Weissgerber, Samuel Roturier, Romain Julliard, & Fanny Guillet. (2019). Biodiversity offsetting : Certainty of the net loss but uncertainty of the net gain. *Biological Conservation*, 237, 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.036>

Matthieu Combe. (2019, 24 septembre). *La compensation, parent pauvre de la protection de la biodiversité*. Techniques de l'ingénieur. <https://www-techniques-ingenieur-fr.proxy.scd.univ-tours.fr/actualite/articles/la-compensation-parent-pauvre-de-la-protection-de-la-biodiversite-70715/>

MEDDE. (2012, octobre). *La Compensation des atteintes à la biodiversité à l'étranger*. Etude de parangonnage. CGDD, Paris, 136p. (Etudes & Documents ; 68)
<http://www.side.developpement-durable.gouv.fr>

MEDDE. (2013, octobre). *Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels*. <http://www.side.developpement-durable.gouv.fr>

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. (2012, mars). *Doctrine relative à la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel*. <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Doctrine%20ERC.pdf>

Office français de la biodiversité. (2020, juin). *Dimensionnement de la compensation ex ante des atteintes à la biodiversité - Etat de l'art des approches, méthodes disponibles et pratiques en vigueur*.

ONEMA, OFB, Muséum national d'histoire naturelle. (2016). *Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides*. Guides et protocoles.

Séverine Hubert, & Baptiste Regnery. (2016). La démarche "éviter, réduire, compenser" : où en est-on ? Où allons-nous ? *La Revue foncière*, 14, 7-11.

https://www.researchgate.net/publication/320628142_La_demarche_eviter_reduire_com penser_ou_en_est-on_Ou_allons-nous

Société d'écologie de la restauration. (2004, octobre). *L'ABCDAIRE SUR L'ÉCOLOGIE DE LA RESTAURATION DE LA SER INTERNATIONALE*.

https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-french-2004.pdf

Union Professionnelle du Génie Ecologique - Les artisans de la biodiversité. (2019, 23 juillet).

Compensation écologique : une mise en relation gagnant-gagnant-gagnant. Genie écologique. <http://www.genie-ecologique.fr/compensation-ecologique-une-mise-en-relation-gagnant-gagnant-gagnant/>

Zones humides. (2021, 14 janvier). *Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides* | Zones Humides. <http://www.zones-humides.org/m%C3%A9thode-nationale-d%C3%A9valuation-des-fonctions-des-zones-humides>

Bibliographie des suivis de mesures compensatoires :

Biotope. (2017). *Bilan du suivi de la faune Année 2017 ZAC du Haut de Wissous II*. Groupe Life - Groupe IDEC Développement.

Biotope. (2018). *Bois de Coubert - Site de compensation du projet Villages Nature*. Villages Nature.

Biotope. (2019). *Suivi des espèces sur le site de Villages nature*. Village Nature Paris.

Biotope. (2020). *Suivi écologique de la zone réensablée dans le cadre des travaux de protection provisoire de la dune au niveau du Signal à Soulac-sur-Mer (33) - Suivi d'espèces végétales protégées - Années N+2*. DDTM Gironde.

Cere. (2018). *Rapport annuel de suivi(année 2018) des espèces protégées - Dans le cadre de la construction de la ZAC du Couvernois sur la commune de Serris (77)*. Epamarne.

C.P.E.S. Les Lacs Médocains du Bourg d'Hourtin, C.P.E.S. Les Lacs Médocains du Gartiou, C.P.E.S. Les Lacs Médocains du Tourillon et C.P.E.S. (2019). *MISE EN ŒUVRE DES MESURES COMPENSATOIRES DANS LE CADRE DE L'AMENAGEMENT DU PARC PHOTOVOLTAIQUE « LES LACS MEDOCAINS » A HOURTIN BILAN DES SUIVIS ET TRAVAUX 2019*. Mairie de Hourtin.

DREAL Normandie. (2018). *Mesures compensatoires mise en 2x2 voies RN12 (Hauterive – Le Mêle sur Sarthe)- Bilan des actions 2018*. L'Orne Conseil Départemental.

GEREA. (2017). *SUIVI DES MESURES COMPENSATOIRES : RESTAURATION DE LANDES A MOLINIE PAR TRAVAUX DE DEFRICHEMENT ET DE DECAPAGE SUR 3 SITES COMPENSATOIRES*. SOVAL- VEOLIA.

GEREA. (2018). *MESURES COMPENSATOIRES DES AMENAGEMENTS DFS BILAN ANNUEL*. DASSAULT AVIATION.

GEREA. (2019). *SUIVI ENVIRONNEMENTAL DE L'AMENAGEMENT DU SITE THALES Commune de Mérignac (Gironde, 33) - Synthèse du suivi écologique 2018*. Thales.

- Institut d'Ecologie Appliquée. (2018). *Installation de stockage de déchets non dangereux sur la commune de Vert-le-Grand (Essonne) - Suivi des espèces de la dérogation CNPN- Suivi 2017 - troisième année du suivi*. Groupe Semardel.
- LPO Aquitaine. (2019). *Bilan de la pose de nichoirs à hirondelles Lycée de La Brie – Bergerac (24)*. Semiper.
- LPO Ile de France. (2018). *Rapport d'étude – Suivi de la mesure compensatoire et de la nidification des hirondelles de fenêtre année 2018*. BirdLife International.
- Poitou-Charentes Nature. (2017). *Suivi du site d'acquisition « Bois du Touchand » - Montreuil-Bonnin (86) - Rapport de suivi - Résultat 2017*. LISEA.
- Seine&Marne environnement. (2018). *Bilan de suivi espèces protégées dans le cadre de mesures d'accompagnement pour la société CEMEX Granulats - Communes de Marolles-sur-Seine et de Courcelles-en-Bassée*. CEMEX Granulats.
- Simethis. (2019). *Département des Landes Suivi botanique sur 10 ans dans le cadre du projet de réhabilitation des dunes littorales sur la commune de Capbreton (40)*. Mairie de Capbreton.
- Société d'Etudes & de Gestion de l'Environnement & des Déchets. (2019). *SUIVI DES AMENAGEMENTS COMPENSATOIRES ENVIRONNEMENTAUX ET DES ZONES D'EVITEMENT : BILAN DES 3 ANNEES DE SUIVI 2015-2018 Zone industrialo-portuaire de Le Verdon sur Mer*. Bordeaux Port Atlantique.
- Société Nationale des Chemins de Fer Français - SNCF-Mobilités - Direction Transilien. (2019). *Bilan annuel de suivi de prescription de l'arrêté n°2014/DRIEE/137 portant dérogation à*

l'interdiction d'atteinte aux espèces protégées, dans le cadre de la création d'un atelier-garage pour le Tram-Train Massy-Evry (91). Tram-Train Massy-Every.

STIF. (2018). *TCSP Massy Saclay Phase 2 - Mise en oeuvre des mesures compensatoires écologiques : Suivi des mesures compensatoires et d'accompagnement*. CDC Biodiversité - Groupe Caisse des Dépôts.

Annexes

Annexe 1

Secteur	Mesures	Travaux réalisés en 2015	Objectifs	Espèces ciblées	Résultat par rapport à l'objectif (réussite, échec ou non réalisé)	Mesures correctives
ZC1	compensation	suppression de ligneux	Conserver les caractéristiques des habitats sableux ouverts	Crépis bulbeux	✓ Cette action ne concernait que des pins maritimes (qui ne ressouchent pas).	
ZC2	compensation	réouverture de milieu	Conserver les caractéristiques des habitats sableux ouverts	Crépis bulbeux Linéaire à feuilles de thym	✗ Objectif non atteint : forte dynamique du milieu (modification des sables a favorisé le développement roseau, ronce et arbustif)	Prévoir un entretien régulier autour des mares et du boisement pour contenir le développement des fourrés et des roseaux.
ZC2	compensation	création de mares	Créer des sites de reproduction pour les Amphibiens	Crapaud calamite Pélobate cultripède	✓ Mares colonisées. Efficacité à suivre en fonction de la fermeture et du comblement des mares.	
ZC3	compensation	suppression de ligneux	Conserver les caractéristiques des habitats sableux ouverts	Toutes espèces	✓ Objectif atteint mais la perturbation des sols a engendré la reprise d'invasives (baccharis au droit du merlon 9).	En lien avec la mesure ci-après.
ZC3	compensation	suppression d'espèces invasives (yucca, baccharis)	Conserver les caractéristiques des habitats sableux ouverts	Flore protégée Amphibiens	✗ Si les travaux ont été correctement réalisés, l'absence de suivi et d'intervention par la suite ont permis à l'espèce de se redévelopper massivement.	Le traitement des espèces invasives nécessite un suivi régulier après travaux pour surveiller la reprise de ces espèces. Prévoir un nouvel arrachage et une surveillance annuelle permettant de réintervenir. La programmation d'une session d'arrachage par an sur au moins 3 années semble un minimum. Veiller à ne pas endommager les fourrés (présence de roudier blanc).
ZC3	compensation	création de mares	Créer des sites de reproduction pour les Amphibiens	Crapaud calamite Pélobate cultripède	✓ Mares colonisées. Efficacité à suivre en fonction de la fermeture et du comblement des mares.	
ZC3	compensation	création de merlons sableux	Recréer des sites favorables à la nidification du guillemot d'Europe	Guillemot d'Europe	✗ L'échec de cette mesure est à nuancer car la création de sites idéaux (sable stable avec profil de falaises) est un processus long. Présence d'individus sur le talus évité et présence en 2016 sur les talus du plan d'eau créé par l'exutoire des eaux de ressuyage du remblai.	Création de falaises sableuses par taille des talus des merlons (techniquement difficile avec des sables non stabilisés lors de la création)
ZC3	compensation	installations de perchoirs autour des merlons sableux	Créer des conditions idéales pour le guillemot d'Europe	Guillemot d'Europe	✓ Les piquets installés sont utilisés comme perchoirs par le guillemot d'Europe et par d'autres espèces d'oiseaux.	Plusieurs piquets ont disparus. Il est préférable de privilégier des perchoirs naturels (arbres).
ZC4	compensation	suppression de remblai et de route	Renaturer le site	Toutes espèces	✓	
ZC4		suppression de ligneux	Favoriser les stations de crépis bulbeux	Crépis bulbeux	✗ Le déboisement a engendré des rejets de peupliers. Les conditions stationnelles ne sont plus favorables au crépis bulbeux.	Les peupliers étant bien développés, il peut être envisagé de pratiquer une éclaircie et de conserver quelques arbres. Sinon réouvrir le milieu par un défrichage avec tri des sables et enlèvement des rhizomes.
ZC4	compensation	création de mares	Créer des sites de reproduction pour les Amphibiens	Crapaud calamite	✗ Mares sèches malgré la mise en place d'une couche imperméable (argile).	Les conditions ne semblent pas favorables à la mise en eau et encore moins à son maintien. Les Amphibiens se reproduisent dans les anciens réservoirs de la ZCS : il semble plus pertinent de conserver ces sites de reproduction.
ZC5	compensation	création de mares		Pélobate cultripède	✗	

Annexe 2

MESURE COMPENSATOIRE	ANNEE DE L'ARRETE	ANNEE DU RAPPORT	TYPE DE MESURE COMPENSATOIRE	TYPE DE MILIEU	ESPECES	RETOUR D'EFFICACITE
C.P.E.S. Les Lacs Médocains du Bourg d'Hourtin, C.P.E.S. Les Lacs Médocains du Gartiou, C.P.E.S. Les Lacs Médocains du Tourillon et C.P.E.S. (2019). <i>MISE EN ŒUVRE DES MESURES COMPENSATOIRES DANS LE CADRE DE L'AMENAGEMENT DU PARC PHOTOVOLTAIQUE « LES LACS MEDOCAINS » A HOURTIN BILAN DES SUIVIS ET TRAVAUX 2019.</i> Mairie de Hourtin.	2013	2019		Zones humides		S'agissant seulement des trois premières années de mise en oeuvre des mesures compensatoires, il est donc <u>nécessaire d'attendre les prochains suivis pour connaître la réelle plus-value de celles-ci sur la biodiversité.</u>
LPO Aquitaine. (2019). <i>Bilan de la pose de niochirs à hirondelles Lycée de La Brie – Bergerac (24).</i> Semiper.	2017	2019	Accompagnement du dossier de demande de dérogation	Milieus anthropiques	Hirondelle de fenêtres	La substitution des nids naturels par des niochirs, dans le cadre de la rénovation des bâtiments, s'avère être concluante. En effet, dès le printemps suivant la totalité de la colonie d'hirondelles de fenêtre avait retrouvé ses effectifs initiaux et les couples semblent avoir pu mener à bien leur reproduction.
GEREA. (2017). <i>SUIVI DES MESURES COMPENSATOIRES : RESTAURATION DE LANDES A MOLINIE PAR TRAVAUX DE DEFRICHEMENT ET DE DECAPAGE SUR 3 SITES COMPENSATOIRES.</i> SOVAL-VEOLIA.	2014	2017	Restauration et ou création de landes humides à molinie	Landes à molinies	-fadet des laïches -molinie	Les travaux ont été <u>globalement efficaces.</u>
GEREA. (2018). <i>MESURES COMPENSATOIRES DES AMENAGEMENTS DFS BILAN ANNUEL.</i> DASSAULT AVIATION.	2015	2018	Ilôt de vieillissement Gestion conservatoire	Zones humides Boisements	-Grand Capricorne -Amphibiens -Reptiles -Fadet des laïches -Flore : lotiers, molinie	- Les plantes prairiales et de friches vivaces ont pris le dessus sur la zone mise en défens, qui est en fauche tardive ; - Des exotiques envahissantes s'y développent et sont à éliminer (Paspale dilaté, Sporobole tenace, Robinier) ; - La gestion initialement préconisée est à revoir 20 ans de suivi <u>Pas de retour sur l'efficacité</u>
Société d'Etudes & de Gestion de l'Environnement & des Déchets. (2019). <i>SUIVI DES AMENAGEMENTS COMPENSATOIRES ENVIRONNEMENTAUX ET DES ZONES D'EVITEMENT : BILAN DES 3 ANNEES DE SUIVI 2015-2018 Zone industrialo-portuaire de Le Verdon sur</i>	2015	2018	Création de 12 merlons de sable Création de 16 mares	Zones humides/m ares Merlons de sable Habitats sableux ouverts	-Amphibiens (Pélobate cultripède et Crapaud calamite) -Guépier d'Europe	<u>Tableaux bilan bien complets sur l'efficacité des mesures.</u> La réalisation des aménagements environnementaux a globalement <u>créé un gain écologique, en apportant de nouveaux sites de reproduction et de nidification et en rajeunissant certains habitats.</u> L'efficacité de ces mesures est à corrélérer avec la forte présence des espèces ciblées (et bien d'autres) sur ces secteurs.

Mer. Bordeaux Port Atlantique.					-Flore protégée : Linaire à feuilles de Thym, silène conique, crépis bulbeux, ophrys de la passion.	Les remblais sableux abandonnés pendant des décennies ont créé des habitats naturels variés et riches. La nature pionnière de ces espaces et des espèces qui s’y développent fait que les mesures doivent continuellement s’adapter, y compris aux conditions géographiques (zones soumises à l’influence des marées par les vents, à l’inondabilité...). 3 ans de suivi
Simethis. (2019). <i>Département des Landes Suivi botanique sur 10 ans dans le cadre du projet de réhabilitation des dunes littorales sur la commune de Capbreton (40)</i> . Mairie de Capbreton.	Arrêtés 2015	2019	Remobilisation des dunes littorales Gestion écologique	Milieux dunaire	Flore protégée : Linaire à feuilles de Thym	Ce suivi N+4 montre principalement le développement de la végétation au tant du point de vue diversité que du point de vue de l’augmentation du recouvrement. L’efficacité n’est pas précisée mais les résultats probants sont principalement dû à l’arrêt du piétinement ainsi qu’à la stabilisation des dunes (recouvrement genêt et plantation). Les prochains suivis permettront de confirmer cette tendance. Pour réduire le risque de dégradation de cette zone, les mesures visant à canaliser le public en soustrayant ce secteur au piétinement par l’installation de ganivelles semblent être plus ou moins efficaces. Le dispositif de mis en défens a cependant été renforcé cette année par l’ajout d’une palissade en bois en avant des ganivelles. Gestion écologique sur 10 ans
Biotope. (2020). <i>Suivi écologique de la zone réensablée dans le cadre des travaux de protection provisoire de la dune au niveau du Signal à Soulac-sur-Mer (33) - Suivi d’espèces végétales protégées - Années N+2</i> . DDTM Gironde.	2018	2020	Mesure de suivi MS01 : Réalisation d’un suivi de la recolonisation par les espèces végétales protégées de la zone réensablée -restauration d'une dune sur le littoral -restauration d'une dune sur le littoral et de la flore protégée	Milieux dunaire	Flore protégée	De manière générale, on remarque une recolonisation des espèces végétales de la dune relativement faible. Cette deuxième année de suivi ne permet pas de conclure sur la méthode de revégétalisation la plus efficace.
GEREA. (2019). <i>SUIVI ENVIRONNEMENTAL DE L’AMENAGEMENT DU SITE THALES Commune de Mérignac (Gironde, 33) - Synthèse du suivi écologique 2018</i> . Thales.	2014	2018	Rapport de synthèse de l’état initial	Milieux ouverts Zones humides	-Flore -Mammifères -Avifaune -Reptiles -Amphibiens -Papillons -Odonates -Coléoptères saproxylophages	Le chantier s'est terminé en 2016, le suivi écologique sera réalisé sur une période de 30 ans pour apprécier avec précision l'efficacité de l'ensemble des mesures (ERC).
LPO Ile de France. (2018). <i>Rapport d’étude – Suivi de la mesure compensatoire et de la nidification des hirondelles de</i>	2015	2018	-Mise en place de plusieurs tours à Hirondelles d'une	Milieux anthropiques	Hirondelles de fenêtres	4 tours à hirondelles composée de 50 nichoirs chacune : 2016 trop tôt pour efficacité, 2017 et 2018 : MC n'ont pas fonctionné

fenêtre année 2018. BirdLife International.			capacité d'environ 200nids -Entretien des nids			
Biotope. (2019). <i>Suivi des espèces sur le site de Villages nature</i> . Village Nature Paris.	2013	2018	Création habitat substitution pour reptiles Création habitat favorable aux amphibiens Aménagement d'un corridor écologique Mise en place d'une gestion écologique conservatoire Gestion écologique Mise en place de nichoirs et gîtes à chiroptères	Zones humides		Les aménagements ne semblent pas avoir provoqué d'impact indirect, et l'état de conservation semble très similaire entre 2011 et sur les habitats encore en place en 2018. Quelques relevés floristiques (voir annexes) réalisés sur le site en 2018 montrent un cortège proche de ceux décrits sur les mêmes habitats en 2011. La très faible présence d'espèces exotiques envahissantes est également à signaler, et aucune extension des stations connues n'est observée.
Biotope. (2018). <i>Bois de Coubert - Site de compensation du projet Villages Nature</i> . Villages Nature.	2013	2018	-Actions de conservation -Action de restauration écologique	Zones humides Milieux forestiers	-Insectes -Amphibiens -Reptiles -Avifaune -Mammifères -Chiroptères	Pas de retour précis sur l'efficacité des mesures
Cere. (2018). <i>Rapport annuel de suivi(année 2018) des espèces protégées - Dans le cadre de la construction de la ZAC du Couvernois sur la commune de Serris (77)</i> . Epamarne.	2014	2018	Création d'habitat de substitution entretien annuel aménagement pour le Lézard des murailles Plantation de petits buisson avec espèces locales pour le Grillon d'Italie	Milieux ouverts	Lézard des murailles	Pierrier non aménagé de façon optimale pour abriter durablement l'espèce Conocéphale gracieux semble bénéficier de la gestion extensive des fossés et tallus Suivi annuel pour une durée de 5 ans.
Institut d'Ecologie Appliquée. (2018). <i>Installation de stockage de déchets non dangereux sur la commune de vert-le-grand (essonne) - Suivi des espèces de la dérogation CNPN- Suivi 2017 - troisième année du suivi</i> . Groupe Semardel.	2014	2018	-création d'ilot de vieillissement et de scénécences	Boisement Milieux ouverts	-avifaune -chiroptère	-présence dans le bois de toutes les espèces d'oiseaux visées par la dérogation : avec nombre de couple supérieurs ou inférieures à ceux enregistrés pour les mêmes espèces en 2011, mais présence espèce invasive. Suivi annuel pour une durée de 5 ans. Pas de retour précis sur l'efficacité des mesures
Institut d'Ecologie Appliquée. (2019). <i>CARRIÈRE DE BALLANCOURT-SUR-ESSONNE Communes de Ballancourt-sur-Essonne et Baulne (91) - Assistance à la mise en œuvre des mesures écologiques prévues dans le cadre de l'autorisation de renouvellement et d'extension de la carrière (Arrêté du 2 décembre 2011) SUIVI 2019</i> . Semavert groupe Semardel.	2014	2019	Création de merlons paysagers avec plantations d'arbres comprenant zones de rocailles Création zone prairiales Création pelouses sèches calcaro-sableuses Création progressive de friches et/ou jachères et entretien des friches	Milieux ouverts Milieux ouverts (prairies, friches) Milieux semi-ouvert Boisement	-Flore : Orobanche pourree, Avifaune (hirondelle de rivage, Guépier d'Europe, Pie-grièche écorcheur..) Amphibiens Lézard des murailles Orthoptères	Année T+3 Reptiles : la conservation de zones refuges aux abords de l'exploitation, et les relevés sur le site confirment le maitien de population d'Orvet fragile et Lézard à deux raies : la poursuite des mesures de gestion visant au maintien des espaces herbacées leur sont favorables. Pour le lézard des murailles, il n'a pas été revu, surement à cause de l'enfrichement des zones fréquentées par l'espèce : création de zone caillouteuses de type "hibernaculum" semble nécessaire pour conserver l'espèce sur le site

						>> Bilan des mesures dans un tableau : Pas de retour sur l'efficacité des mesures, les mesures sont juste déterminées comme "faites" ou "à faire"
Société Nationale des Chemins de Fer Français - SNCF-Mobilités - Direction Transilien. (2019). <i>Bilan annuel de suivi de prescription de l'arrêté n°2014/DRIEE/137 portant dérogation à l'interdiction d'atteinte aux espèces protégées, dans le cadre de la création d'un atelier-garage pour le Tram-Train Massy-Evry (91). Tram-Train Massy-Every.</i>	2014	2019	-restauration du secteur défriché -mise en place d'une gestion du site et suivi des espèces protégées animales et végétales -création d'un muret en pierre sèche pour Lézard des murailles -création d'hibernaculum	Milieus ouverts (pelouses,	-Orobanche pourprée -Lézard des murailles	Bilan des mesures dans un tableau : "mise en œuvre", "difficultés", "fonctionnalité". 5 mesures compensatoires non commencées, retardée à 2020 4 mesures compensatoires en cours entre 2015-2020 8 mesures compensatoires réalisées : Récolte graine Orobanche : terminé Muret en pierre sèche pour lézard des murailles : terminé Mise en place hibernaculum : terminé Gestion conservatoire du site de Mousseaux-sur-Seine (30 ans) : "correct" Gestion conservatoire du site de Saint-Martin-la-Garenne (30ans) Pour une durée de 30 ans. Pas de retour précis sur l'efficacité des mesures compensatoires
Biotope. (2017). <i>Bilan du suivi de la faune Année 2017 ZAC du Haut de Wissous II</i> . Groupe Life - Groupe IDEC Développement.	2013	2017	-création de 2 murets de pierres sèches -mise en place de 2 abris insectes et nichoirs à oiseaux	Milieus ouverts (friches agricoles) Milieus arbustifs et arborés (bosquets, haies) Milieus anthropiques , Friche herbacée	-oiseaux -Lézard des murailles -Amphibiens -Mammifères terrestres	Aucun reptile n'ayant été observé sous les plaques ni le long des parcours --> pose de 2 muret de pierres sèches en 2017 (année du rapport, pas de données d'efficacité) Les cortèges d'oiseaux ne semblent pour l'instant ne pas être significativement impactés par les travaux. Mais diminution des effectifs des populations pour certaines espèces dûs aux surfaces de friches herbacées ayant fortement diminué et la disparition de secteur arbustifs Installation de mobilier pour la faune sauvage (2 abris à insectes, plusieurs nichoirs à oiseaux.) : ont été faites en 2017 (année du rapport, pas de données d'efficacité) Amphibiens : aucun habitat favorable, prospections reportées en 2018 Mammifères terrestres : 6 espèces communes sauf lapin de garenne.
STIF. (2018). <i>TCSP Massy Saclay Phase 2 - Mise en œuvre des mesures compensatoires écologiques : Suivi des mesures compensatoires et d'accompagnement</i> . CDC Biodiversité - Groupe Caisse des Dépôts.	2013	2018	Restauration des nouvelles prairies et zones humides Mise en place d'aménagements pour le Lézard des murailles au sein de friches abritant deux noyaux de l'espèce (hibernacula, fauche tardive autour des hibernacula)	<u>Zones humides</u> Prairies Friches	-Lézard des murailles -oiseaux -amphibiens	-utilisation de l'hibernacula par les lézard effective que sur 1 seule des structures mise en place Actuellement, l'efficacité des mesures engagées n'est pas certaine concernant le maintien des espèces et leur développement. Deux raisons justifient cela : Le territoire connaît actuellement de très nombreuses transformations au regard des nombreux travaux d'aménagement sur le plateau de Saclay, sources de perturbations constantes des espèces

						Le manque de recul temporel des mesures engagées ne permet pas de voir leur efficacité
Seine&Marne environnement. (2018). <i>Bilan de suivi espèces protégées dans le cadre de mesures d'accompagnement pour la société CEMEX Granulats - Communes de Marolles-sur-Seine et de Courcelles-en-Bassée</i> . CEMEX Granulats.	2014	2018	Mesure d'accompagnement	Zones humides		
DREAL Normandie. (2018). <i>Mesures compensatoires mise en 2x2 voies RN12 (Hauterive – Le Mêle sur Sarthe)- Bilan des actions 2018</i> . L'Orne Conseil Départemental.		2019		Zones humides		
Poitou-Charentes Nature. (2017). <i>Suivi du site d'acquisition « Bois du Touchand » - Montreuil-Bonnin (86) - Rapport de suivi - Résultat 2017</i> . LISEA.	2012	2017		Milieux forestiers vieillissants ou sénescents		On retrouve le cortège d'espèces observées des espèces forestières mais aussi espèces communes ubiquistes (Pipistrelle commune, pipistrelle de kuhl, sérotine commune. Faible activité chiroptérologique (4,32 contacts par heure comparé à 7,2 contacts par heure lors d'une étude menée dans Montmorillonnais en 2016 par Vienne Nature Résultat très encourageant pour coléoptères <u>"la pluvale des mesures de gestions pourra être évaluée de manière concrète après plusieurs années de suivi"</u>

Directeur de recherche :
Céline Tanguay
Mathieu Jauneau

Fanny Gourdon
PFE/DAE5
UIT Option ADAGE
2020-2021

L'équivalence écologique : tentative de prédiction des trajectoires des écosystèmes

Résumé :

En France, depuis la loi biodiversité et paysage de 2016, la séquence Eviter Réduire Compenser (ERC) dans le cadre de projet d'aménagement présentant un impact sur l'environnement, et plus précisément la compensation, a été renforcée. Cette loi nécessite désormais que pour tous ces projets, les résultats de l'absence nette de perte de biodiversité (« *no net loss* » au niveau international) soient prouvés. Pour respecter cet objectif, le principe de l'équivalence écologique doit être notamment atteint. Afin d'apporter des preuves de l'atteinte de cette équivalence, cette dernière doit être évaluée dans le cadre du dimensionnement de la compensation.

Or, l'absence de méthode nationale standardisée des milieux terrestres conduit à se demander si cet objectif d'absence de perte nette, voire de gain écologique, peut réellement être réalisable et atteint.

Depuis 2016, les milieux humides disposent quant à eux d'une méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides, permettant d'évaluer à l'aide d'indicateur les fonctions de ces milieux et donc l'atteinte ou non de l'équivalence. Afin d'homogénéiser les méthodes standardisée, il est intéressant de s'appuyer sur cette méthode nationale des zones humides pour l'évaluation de l'équivalence écologique. Cette évaluation est obtenue par le biais d'indicateurs préalablement définis et par la prédiction des trajectoires des écosystèmes.

Le travail présent porte sur cette seconde étape, et représente tout à la fois un « état des lieux » et une tentative de la prédiction de ces trajectoires des écosystèmes. Pour ce faire, une compilation des suivis de mesures compensatoires auprès des organismes de l'état (DREAL, DRIEE, DDT...) a été effectuée en vue d'étudier l'efficacité des mesures compensatoires proposées et de pouvoir ou non en extraire les grandes tendances et trajectoires écologiques.

Mots Clés : Compensation , Mesure ERC, Equivalence, Trajectoire, Génie écologique,