



HAL
open science

Dimensionner les mesures de compensation écologique : des outils opérationnels pour une meilleure appropriation par les acteurs de l'aménagement du territoire

Agnès Mechin

► To cite this version:

Agnès Mechin. Dimensionner les mesures de compensation écologique : des outils opérationnels pour une meilleure appropriation par les acteurs de l'aménagement du territoire. Géographie. Université Paul Valéry Montpellier 3, 2020. Français. NNT : . tel-03097343v1

HAL Id: tel-03097343

<https://shs.hal.science/tel-03097343v1>

Submitted on 24 Aug 2020 (v1), last revised 5 Jan 2021 (v2)

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

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



THÈSE

Pour obtenir le grade de
Docteur

Délivré par l'**Université Paul Valéry Montpellier 3**

Préparée au sein de l'école doctorale Territoires, Temps,
Sociétés et Développement (ED 60)

Et de l'unité de recherche : Centre d'Ecologie
Fonctionnelle et Evolutive (CEFE), UMR 5175

Spécialité : **Géographie et Aménagement de l'Espace**

Présentée par **Agnès MECHIN**

**Dimensionner les mesures de compensation
écologique :
des outils opérationnels pour une meilleure
appropriation par les acteurs de l'aménagement
du territoire**

Soutenue le 26 juin 2020 devant le jury composé de :

Monsieur Pierre Pech , professeur émérite, Université de Paris 1	Rapporteur
Madame Lorène Prost , chargée de recherche, INRAE	Rapporteuse
Monsieur Harold Levrel , professeur, AgroParisTech	Examinateur
Monsieur Jean-Marie Miossec , professeur émérite, Université de Montpellier, Paul Valéry	Président du jury
Madame Sylvie Vanpeene , ingénieur-chercheur, INRAE	Examinatrice
Monsieur Sylvain Pioch , Maître de conférences, Université Paul Valéry Montpellier 3	Directeur de thèse
Monsieur Alexandre Cluchier , Directeur R&D, ECO-MED	Invité
Madame Frédérique Millard , Cheffe du bureau des plans, programmes et projets, Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire	Invitée



Dimensionner les mesures de compensation écologique : des outils opérationnels pour une meilleure appropriation par les acteurs de l'aménagement du territoire



Marais salants, Port la Nouvelle, zone d'emprise du projet d'agrandissement de la zone logistique portuaire, 2015 (photo : Agnès Mechin)

Version du 20 juillet 2020



PRÉFET
DE LA RÉGION
GRAND EST

Résumé

La réglementation française prévoit dans son code de l'environnement, l'obligation pour un maître d'ouvrage d'éviter, réduire et enfin de compenser les impacts négatifs résiduels significatifs causés par ses aménagements sur la biodiversité, dans un objectif d'absence de perte nette et d'équivalence écologique. Dans un contexte mondial de perte de biodiversité alarmante, les différents acteurs du dispositif partagent le constat d'une application insuffisante de la séquence ERC dont les raisons sont multiples. L'une d'entre elles tient au manque de méthodes partagées par l'ensemble des acteurs (aménageurs, bureaux d'études, services de l'Etat) pour évaluer l'équivalence écologique et dimensionner les mesures compensatoires. Ce manque est à relier en particulier, à la complexité scientifique et technique du sujet, comme le montrent les nombreuses publications scientifiques traitant de la question. La proposition de méthodes d'évaluation représente donc un enjeu important à la fois pour les acteurs des territoires, praticiens d'ERC et pour les chercheurs.

Plusieurs équipes de chercheurs travaillent, en France, à la proposition de méthodes, avec un objectif affiché d'opérationnalité, c'est-à-dire de proposer un outil « *qui est prêt à entrer en activité, à fournir le résultat optimal voulu, à réaliser parfaitement une opération* » (dictionnaire Larousse). Pourtant les travaux de recherche réalisés sur ces méthodes, au niveau international, ne traitent pour ainsi dire pas de cette dimension opérationnelle, au profit de la dimension technique (choix des indicateurs, des formules de calcul). Nous formulons les hypothèses suivantes : (1) les enjeux opérationnels ne sont pas pris en compte lors de la conception des méthodes, (2) les méthodes ainsi développées sont potentiellement peu opérationnelles, (3) cela peut constituer un frein à l'appropriation de ces outils par les acteurs de la séquence ERC (bureaux d'études, services de l'Etat, aménageurs), et (4) il est possible d'agir sur la conception des méthodes et leur fonctionnement pour qu'elles soient opérationnelles.

Notre question de recherche est la suivante : comment concevoir des méthodes opérationnelles d'évaluation de l'équivalence écologique et de l'absence de perte nette de biodiversité afin de faciliter leur appropriation par les acteurs de la séquence ERC ? Pour y répondre, nous mobilisons des concepts et des méthodes issues de l'ergonomie, discipline qui cherche à comprendre les interactions entre les humains et les autres composantes d'un système.

Nous proposons une définition de l'opérationnalité adaptée à notre problématique de recherche. Nous l'accompagnons de critères issus de l'analyse des pratiques de dimensionnement des acteurs de la séquence ERC, ainsi que des repères pour un processus de conception orienté opérationnalité inspirés du design centré utilisateur. Nous analysons la prise en compte de l'opérationnalité dans les processus de conception de sept méthodes françaises. Enfin, après avoir testé l'opérationnalité d'une des méthodes étudiées, nous les lui appliquons afin de proposer des améliorations et la rendre plus opérationnelle.

Notre approche ouvre des perspectives pour mieux comprendre les enjeux de l'interface entre recherche et action dans le champ de l'aménagement du territoire et proposer une meilleure prise en compte de l'opérationnalité dans les projets de recherche appliquée.

Abstract

French regulations provide in its environmental code, the obligation for a land developer to avoid, reduce and finally offset (ARO sequence) significant residual negative impacts caused by its installations, structures, works, or activities on biodiversity. Different authors, in dedicate scientific literature, conclude on the weakness in mitigation hierarchy implementation. One of the reasons of this weakness is the lack of methods shared by all stakeholders (applicants/developers, environmental consultants, public regulators) to assess the ecological equivalence and the attainment of the No Net Loss Goal. This is linked in particular, to the scientific and technical complexity of the subject, as shown by scientific publications. Proposing assessments methods therefore is an important issue both for ARO practitioners and for researchers.

Several teams of researchers are working in France to propose offsetting methods, with a stated objective of practicality (we name it “operationality”), meaning to offer a tool “which is ready to start operating, to provide the desired optimal result, to carry out an operation perfectly” (Larousse dictionary). However, the research work carried out on these methods show that the practical dimension isn’t really done, in favor of the technical dimension (choice of ecological indicators, calculation formulas). We formulate the following hypothesis: (1) practical issues are not taken into account during the design phase of methods, (2) thus the methods developed are not practical, (3) this can constitute a weakness to enhance their application by ARO sequence’s stakeholders (applicants/developers, environmental consultants, public regulators), and (4) it’s possible to act on the method design in the aim to a better operationality.

Our problematic of research is: how to design practical methods to assess and sizing ecological equivalence, under no net loss of biodiversity policy, in order the stakeholders are able to use these methods more effectively? In this aim, we will use concepts and methods from ergonomics research, this discipline seeks to understand the interactions between humans and other components of a system.

We will analyze the practices of the ARO practitioners and we will propose a definition of an operational tool accompanied by several criterion, as well as guidelines for an operational design process inspired by user-centered design theory. We analyze how designing process of seven French methods deals with operationality. Then, after a test with one of the studied methods, we suggest improvements toward more operationality.

Our approach opens up perspectives to better understanding the challenges of the science-policy interface, in the field of environmental planning, and proposing a better consideration of operationality in applied research projects to enhance ARO sequence application, in the aim of a NNL policy.

Liste des acronymes

AFB	Agence Française pour la Biodiversité
APN	Absence de Perte Nette de biodiversité
ASO	Acceptabilité socio-organisationnelle
AVP	Avant-Projet
BE	Bureau d'études
CDNPS	Commission Départementale de la Nature des Sites et des Paysages
CEFE	Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive
Cerema	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CGDD	Commissariat Général au Développement Durable
CNPN	Conseil National de Protection de la Nature
CODERST	Conseil de l'Environnement et des Risques Sanitaires et Technologiques
CRERCO	Communauté Régionale ERC d'Occitanie
CSRPN	Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DCSMM	Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin
DDT	Direction Départementale des Territoires
DDTM	Direction Départementale des Territoires et de la Mer
DEP	Dérogation Espèces Protégées
DLE	Dossier Loi sur l'Eau
DMG	(méthode d'évaluation des) Dommages de Moindre Gravité
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DUP	Déclaration d'Utilité Publique
ERC	Eviter Réduire Compenser
ESQ	Esquisse
GIBOP	Global Inventory of Biodiversity Offset Policies
GT	Groupe de Travail
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IOTA	Installation, Ouvrage, Travaux, Activité
IPBES	Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
IRSTEA	Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture
ME	Méthodes d'Evaluation des mesures compensatoires
MERCI-Cor	Méthode d'Evaluation Rapide de la Compensation des Impacts sur les récifs Coralliens
MERCie	Méthode d'Evaluation Rapide de la Compensation des Impacts écologiques

MNFZH	Méthode Nationale d'identification des Fonctions des Zones Humides
MNHN	Museum National d'Histoire Naturelle
MOA	Maître d'ouvrage
MOP	Maître d'ouvrage Public
MTES	Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire
OAD	Outil d'Aide à la Décision
OFB	Office Français de la Biodiversité
ONEMA	Office National des Eaux et des Milieux Aquatiques
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PRO	Projet
RBNP	(loi pour la) Reconquête de la Biodiversité, de la Nature et des Paysages
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SCOT	Schéma de Cohérence Territoriale
SE	Services de l'Etat
SIG	Système d'Information Géographique
UC	Unité Compensatoire
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
VNF	Voies Navigables de France
WWF	World Wildlife Fund
ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique

Préambule

Ce projet de thèse est né à la faveur d'un contrat de 13 mois au sein du Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE) sous la direction de Sylvain Pioch et dans le cadre d'un projet financé par l'Onema. Ce contrat faisait suite à 15 ans de parcours professionnel en tant qu'ingénieur agronome.

La mission confiée pendant ce CDD consistait à développer une méthode de dimensionnement pour les zones humides, qui est devenue MERCIe (Méthode d'Évaluation Rapide de la Compensation des Impacts écologiques). Les observations réalisées ainsi que les questionnements qui ont émergé pendant ce contrat ont abouti à la construction de ce projet de thèse.

La thèse a bénéficié d'une subvention obtenue via le dispositif Cifre (Convention Industrielle de Formation par la Recherche) et a fait l'objet d'une convention entre le bureau d'études ECO-MED et l'Université de Montpellier 3 Paul Valéry. Elle s'est déroulée au sein de l'équipe Ecologie des Systèmes Anthropisés (ESA) du Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE, UMR 5175) et de l'équipe d'ECO-MED.

Elle a été également co-financée par différents partenaires que je remercie tout spécialement :

- La DREAL Grand-Est
- Le programme IFRECOR du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire
- Vinci - ASF autoroutes
- Terega
- Nîmes Métropole

Les propos développés dans la thèse sont libres de tout contrôle et n'engagent que l'auteur.

Remerciements

Je tiens à remercier les nombreuses personnes qui m'ont accompagnée, aidée, ou soutenue d'une façon ou d'une autre au cours de ces trois années de thèse, et au cours des quelques mois cruciaux qui les ont précédés.

Je remercie avant tout les membres du jury qui me font l'honneur de prêter attention à mes travaux.

Je remercie particulièrement mon directeur de thèse Sylvain Pioch, qui m'a assuré de son soutien et de son enthousiasme dès l'émergence de ce projet de thèse. J'ai particulièrement apprécié la très grande liberté qu'il m'a laissée pour mener ma recherche, tout en jalonnant ces trois ans de quelques repères solides pour m'aiguiller dans les moments de doutes. Je le remercie aussi pour m'avoir tendu la main en me proposant cette mission de recherche qui a précédé ma thèse alors que je traversais une période de grand doute professionnel. C'est grâce à cette mission que je crois avoir trouvé ma voie !

Je remercie également ECO-MED, et particulièrement Alexandre Cluchier qui m'a accompagnée tout au long de ces trois ans. Son écoute, sa confiance et son expertise ont été précieuses pour mener à bien mes travaux. Je remercie aussi Julien Viglione, fondateur et gérant de l'entreprise pour sa confiance et son accueil chaleureux. Je remercie particulièrement les personnes qui m'ont apporté de l'aide dans la réalisation de mes recherches et des tâches administratives : Sonia Anmella, Marie-Caroline Bousilmani, Catherine Caltagirone, Eric Fiévet, Sébastien Fleury, Xavier Fortuny, Silke Heckenroth, Jérémy Jalabert, Béatrice Kelly, Maxime Le Hénaff, Marie-Noël Paul, Marie Pissou-Govart (la belle carte !) Justine Przybilski, Océane Vellot. Enfin, je n'oublie pas la joyeuse et passionnée équipe de Montpellier qui a contribué à ce que je me sente bien chez ECO-MED pendant ces trois ans.



*Une partie de l'équipe ECO-MED, le 6 février 2020
(photo : Agnès Mechin)*

Je remercie tout spécialement les partenaires financiers de la thèse, sans qui celle-ci ne serait pas, ainsi que les interlocuteurs qui m'ont suivie pendant ces trois ans : ASF et Patrice Lebrun, la DREAL Grand-Est et Laurent Grandjean, appuyé de Laureline Ledoux (DDT des Ardennes) et Sébastien Mougenez (OFB), le programme IFRECOR du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, Nîmes Métropole et Cédric Bohun ainsi que Pierre Bieuzen et Fabien Boulier, et enfin Terega et Thomas Aüllo.

Je leur suis très reconnaissante d'avoir permis la réalisation de ce projet de thèse, dont les issues étaient par définition, incertaines lorsqu'ils se sont engagés à la co-financer.

Je remercie les membres de mon comité de thèse pour leurs conseils, leurs commentaires et leur disponibilité : Pascal Chevalier, Jérôme Cortet, Virginie Maris, Sébastien Roussel, John Thompson, Alan Vergnes. Je remercie particulièrement Marianne Cerf, ergonome, pour m'avoir suivie et accordé du temps malgré un agenda très chargé et des sollicitations que je suppose multiples. Nos échanges toujours fructueux, et les conseils que j'ai reçus ont été très importants pour moi et m'ont permis de franchir des obstacles à plusieurs reprises.

Je remercie aussi Jean-François Nogier, ergonome, pour les conseils apportés pendant la thèse et pour m'avoir fait découvrir l'ergonomie sous son angle appliqué à l'occasion d'une collaboration pendant

ma vie professionnelle antérieure à la recherche. Celle-ci a contribué à faire émerger mon projet de thèse !

Je remercie les nombreuses personnes qui ont accepté de m'accorder un entretien afin de nourrir mes recherches. Dans un contexte professionnel où les journées semblent toujours trop courtes, je leur suis particulièrement reconnaissante du temps qu'ils m'ont ainsi « offert ». Je remercie spécialement les personnes de la région Grand-Est qui se sont mobilisés lors des ateliers organisés autour de la méthode MERCIe malgré les incertitudes et les décalages de calendrier engendrés par le travail de recherche. Leur contribution a été importante pour mon travail. Je remercie également Xavier Caron et Laureline Ledoux de la DDT des Ardennes qui m'ont accompagnée sur le terrain, lors des visites des zones humides de compensation.

Je remercie particulièrement Mathieu Pinault et sa famille pour son accueil amical et chaleureux pendant ma mission à la Réunion, ainsi que pour notre collaboration sur le projet IFRECOR, sans oublier la contribution de Jean-Benoît Nicet.

Je remercie les personnes qui m'ont apporté leur aide ou accordé de l'attention durant le montage du projet de thèse : Véronique de Billy, Jacques Chevalier, Serge Franc, Hélène Gaubert, Julien Gauthey, Sébastien Mougenez, John Thompson.

Je remercie mes collègues du laboratoire, ainsi que d'autres équipes de recherche pour les échanges divers et variés qui ont accompagné, suscité, enrichi ma réflexion : Camila Leandro avec qui je partage notamment le plus grand intérêt pour le transfert des résultats de recherche, Céline Jacob pour m'avoir ouvert la voie et pour la relecture du manuscrit, Coralie Calvet et Charlotte Bigard avec nos « coffichat » et tuyaux sur ERC, Aurore Léocadie pour la relecture des schémas et pour son dévouement pour l'organisation des missions IFRECOR, Pierre-Yves Hardy et sa bibliothèque intégrée de SHS, Séverine Durand et ses connaissances en sociologie, William Perrin pour être passé par là quelques mois avant et pour ses photos, Camille Richebourg pour le titre et la relecture du manuscrit. Je n'oublie pas non plus Julia, Juliette, Jon, Martine, Nassera, Pierre et Valentin de l'équipe. A eux tous, ils ont contribué à établir une atmosphère familiale au sein de l'ESA, propice à la réalisation de la thèse. Je remercie aussi Tod BenDor, Lucie Bezombes, Constance Berté, Sylvie Blangy, Denis Brouillet, Arnaud Cosson, Vincent Devictor, Stéphanie Gaucherand, Guillaume Gayet, Fanny Guillet, Julien Hay, Marthe Lucas, Brian Padilla, Baptiste Régnery, Chloé Salembier, Sébastien Thorin. Que ce soit par des entretiens, des discussions, des commentaires, ou des écrits, tous ont contribué à ce que je puisse mener à bien ce projet.

Je remercie également Carmen Cantuarias, Hélène Gaubert, Séverine Hubert, Frédérique Millard et l'équipe du CGDD pour m'avoir permis de participer aux réunions d' « experts » sur ERC.

Je remercie Sarah Bauduin et Olivier Gimenez qui m'ont ouvert la porte de leur projet ERC Lynx. L'intérêt qu'ils ont porté à mon travail a été d'un grand réconfort alors qu'inévitablement, la thèse s'accompagne de moments de doutes !

Je remercie Yannick Autret et le programme ITTECOP pour avoir « labellisé » ma thèse et m'avoir ainsi permis de participer avec intérêt aux divers séminaires organisés dans le cadre du programme.

Je remercie mes amis Valérie, Cédric, Franck, Sophie P, Elise, Emilie, Sophie B, Arnaud, Nina, Béatrice, Ophélie, Thierry avec lesquels je partage l'aventure de la thèse, qui m'ont donné des (bons) conseils, qui m'ont encouragée, et qui m'ont accordé leur patiente attention alors que j'étais obsédée par le sujet de mes recherches.

Je remercie aussi mes parents et mon frère pour leur soutien inconditionnel.

Enfin, je remercie Fabrice pour ses encouragements, son soutien, sa patience et le reste.

Production scientifique

Articles

Mechin et Pioch, 2019, *Séquence ERC : comment améliorer l'utilisation des méthodes de dimensionnement de la compensation ?* Vertigo.

Mechin, Pioch et Cluchier, en préparation, *Connaître la réalité des pratiques des acteurs de la séquence ERC pour améliorer l'opérationnalité des méthodes de dimensionnement des mesures compensatoires* (titre provisoire).

Mechin, Bauduin, Gimenez, Leandro et Pioch, en préparation, *Operational design for ecological knowledge based tools* (titre provisoire).

Colloques – Communications orales

Vers une meilleure mise en œuvre de la séquence Eviter-Réduire-Compenser : accompagner les acteurs de la transition avec des outils adaptés, 2019, Journée d'études « Les transitions », UMR Passages de l'université de Pau, 17 juin 2019, Pau.

Vers une approche scientifique de l'opérationnalité des outils conçus par les chercheurs à destination des acteurs : cas des méthodes d'évaluation de la compensation écologique, 2019, Colloque « Fonctionnalités écologiques et territoriales des infrastructures linéaires de transport et de leurs emprises », ITTECOP, 7 juin 2019, Sophia Antipolis.

Une approche inspirée de l'ergonomie pour les méthodes d'évaluation des mesures de compensation écologique, 2019, Séminaire de recherche IDEAS (Initiative for the Design in Agrifood Systems), INRA, 29 janvier 2019, Grignon.

Vers une approche scientifique de l'opérationnalité des outils conçus par les chercheurs à destination des acteurs : cas des méthodes d'évaluation de la compensation écologique, 2019, Journée jeunes chercheurs, ITTECOP, 24 janvier 2019, Paris.

ERC: Évaluer les gains et les pertes écologiques, benchmark des méthodologies existantes et zoom sur la méthodologie MERCIe du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, 2018, webconférence, Parc naturel des boucles de la Seine normande, 11 octobre 2018.

Présentation de la thèse : Connaissances expertes et besoins opérationnels à l'échelle territoriale : comment accompagner l'application de la séquence Eviter, Réduire, Compenser ? 2018, Séminaire de recherche sur ERC, IRSTEA – CEFÉ, 25 octobre 2018, Grenoble.

Présentation de la thèse : Connaissances expertes et besoins opérationnels à l'échelle territoriale : comment accompagner l'application de la séquence Eviter, Réduire, Compenser ? 2017, Séminaire ITTECOP, 19-20 octobre 2017, Paris.

Les compensations écologiques : Le cas français, 2017, Colloque Les compensations écologiques en Wallonie, « Aspects juridiques et expériences concrètes », Conseil économique et social de Wallonie, 1^{er} juin 2017, Liège.

Participation à la table ronde sur les impacts cumulés, 2017, Colloque « Eviter réduire compenser les impacts des aménagements sur la biodiversité », Labex CEMEB, 30 et 31 mars 2017, Montpellier.

Une méthodologie d'accompagnement de l'application de la séquence Eviter Réduire Compenser sur les zones humides, Réunion de la commission du milieu naturel aquatique, comité de bassin Seine-Normandie, 15 mars 2016, Paris.

Participation à la table ronde *Eviter plus et compenser moins: comment faire ?*, 2016, Assises de la biodiversité, 14,15 et 16 septembre 2016, Clermont-Ferrand.

Animation de l'atelier *Eviter, réduire, puis compenser pour un aménagement raisonné, comment améliorer la mise en œuvre de la séquence ERC ? Comment favoriser les démarches cohérentes à l'échelle des territoires ?*, Séminaire de l'ARBA, 15 novembre 2016, Bordeaux.

Evaluer la compensation des impacts écologiques, séminaire « Loire & Affluents, l'innovation au service du bassin », EPTB Loire, 24 et 25 septembre 2015, Orléans.

Posters

Towards a scientific approach to consider operationality of the knowledge based tools for stakeholders, 2018, Colloque « Crossing borders for a greener and sustainable transport infrastructure », IENE, 11 septembre 2018, Eindhoven.

Guides méthodologiques

Pioch, Pinault, Brathwaite, Mechin, Pascal, 2017. *Methodology for scaling mitigation and compensatory measures in tropical marine ecosystems*. IFRECOR, Paris.

Mechin, Pioch, 2016. *Une méthode expérimentale pour évaluer rapidement la compensation en zone humide. La méthode MERCIe : principes et applications*. Rapport final, convention Cefe-CNRS-Onema 2013-2015, 85p.

École thématique et ateliers

Séminaire « *Ecologie numérique, Construisons les projets BIM et biodiversité de demain* », Terroïko, 27 juin 2019, Sorèze.

Formation avancée à la Recherche Action Participative, GDR PARCS – CNRS, 12-13-14 avril 2017, Montpellier.

Ecole thématique "*Recherche Action Participative : Outils et Ontologie*", GDR PARCS – CNRS, 7 au 11 mars 2016, Montpellier.

Participation à des groupes d'experts

Groupe de travail « Elaboration d'une méthode générique et harmonisée pour dimensionner la compensation ex-ante des atteintes à la biodiversité », 2018-2019, Commissariat Général au Développement Durable.

Groupe de travail « Méthodes d'évaluation biophysique des dommages écologiques de moindre gravité », 2015-2017, Commissariat Général au Développement Durable.

Commission « Méthodes de dimensionnement des mesures compensatoires », groupe de travail ERC, 2015, DREAL du Languedoc-Roussillon.

Enseignement

« *La compensation écologique : principes et application* », 2016, 2017, 2018, 6h. module biodiversité des étudiants de troisième année de l'option Territoires et Ressources : Politiques Publiques et Acteurs, de Montpellier SupAgro.

Table des matières

Introduction.....	17
--------------------------	-----------

Chapitre 1 : Le contexte de notre recherche : la séquence ERC et les mesures compensatoires en France.....	37
---	-----------

1. La réglementation française.....	39
1.1. La séquence ERC et les mesures compensatoires dans le code de l'environnement	39
1.2. Les acteurs de la séquence ERC	44
1.3. Des recommandations générales pour définir les mesures compensatoires	44
1.4. Emergence du besoin de méthodes d'évaluation des mesures compensatoires (ME)	47
1.5. Conclusion.....	49
2. Les enjeux d'opérationnalité des méthodes dans la littérature scientifique	51
2.1. Les enjeux opérationnels absents de la littérature scientifique sur les méthodes d'évaluation des mesures compensatoires	51
2.2. Des difficultés de mise en œuvre de la séquence ERC à relier au manque de méthode d'évaluation des mesures compensatoires	53
2.3. Les mesures compensatoires, un sujet de société	54
2.4. Conclusion.....	55
3. Opérationnalité des ME développées en France	57
3.1. Les différentes ME développées en France	57
3.2. Prise en compte des enjeux opérationnels.....	60
3.3. Conclusion.....	61
4. Conclusion du chapitre 1.....	64

Chapitre 2 : Démarche de recherche.....	65
--	-----------

1. Choix d'un cadre conceptuel.....	67
1.1. Exploration de la bibliographie relative aux outils comparables aux ME.....	67
1.2. Etude comparative de plusieurs cadres théoriques	70
1.3. Bilan et choix du cadre conceptuel.....	73
2. Présentation de notre cadre conceptuel : l'ergonomie.....	76
2.1. Le champ de recherche de l'ergonomie	76
2.2. Les concepts et approches à retenir pour notre recherche	79
2.3. Les méthodes de l'ergonomie : l'analyse de l'activité.....	87

3.	Notre démarche d'analyse	90
3.1.	Analyse des pratiques	90
3.2.	Les terrains d'étude	97
4.	Conclusion du chapitre 2 : résultats intermédiaires et résultats attendus	108
4.1.	Résultats intermédiaires	108
4.2.	Résultats attendus	109

Chapitre 3 : Analyse des pratiques de dimensionnement des mesures compensatoires en France111

1.	Les projets étudiés et leur contexte.....	113
2.	Déroulement du dimensionnement des mesures compensatoires	116
2.1.	Les étapes du dimensionnement : un véritable processus	116
2.2.	Une discussion entre aménageur, services de l'État et bureau d'études	124
2.3.	Un processus diffus	128
2.4.	Conclusion.....	129
3.	Les opérations réalisées dans le cadre du dimensionnement des mesures compensatoires	130
3.1.	Définir – calculer	131
3.2.	Préconiser	136
3.3.	Argumenter.....	137
3.4.	Vérifier.....	138
3.5.	Conclusion.....	141
4.	Les typologies d'acteurs du dimensionnement	143
4.1.	Typologies des aménageurs.....	143
4.2.	Les services de l'État	145
4.3.	Les bureaux d'études	146
4.4.	Conclusion.....	147
5.	Les conditions de réalisation des opérations.....	149
5.1.	Les contraintes	149
5.2.	Les ressources	158
6.	Place des méthodes d'évaluation dans le processus de dimensionnement	167
6.1.	Leur utilisation	167
6.2.	Position des acteurs sur les ME	169
6.3.	Place des ME dans les différentes opérations du dimensionnement	172
6.4.	Conclusion.....	173
7.	Conclusion du chapitre 3 : résultats intermédiaires	173

Chapitre 4 : Résultats : caractérisation de l’opérationnalité des ME et repères pour la conception.....	177
1. Caractérisation de l’opérationnalité	179
1.1. Utilité et usage	179
1.2. Critères d’utilisabilité	183
1.3. Critères d’acceptabilité socio-organisationnelle	185
1.4. Bilan : des ME à décliner selon les usages ?	187
2. Evaluation de l’opérationnalité.....	192
2.1. Résultats attendus de l’évaluation de l’opérationnalité des ME.....	192
2.2. Protocoles de tests.....	192
2.3. Bilan et discussion.....	198
3. Conclusion du chapitre 4 : des repères méthodologiques pour une conception orientée vers l’opérationnalité	201
3.1. Synthèse des résultats	201
3.2. Repères méthodologiques pour une conception orientée vers l’opérationnalité	201
Chapitre 5 : Application de nos résultats de recherche : opérationnalité des ME françaises et améliorations de MERCIe	203
1. L’opérationnalité dans le processus de conception des méthodes d’évaluation françaises.....	205
1.1. Matériel et méthodes	206
1.2. Résultats.....	210
1.3. Synthèse des résultats et discussion	223
2. Application du cadre d’analyse de l’opérationnalité et des repères de conception sur un cas d’étude, MERCIe	227
2.1. Test théorique.....	229
2.2. Tests terrains.....	231
2.3. Tests utilisateurs	236
2.4. Conclusion et discussion	240
2.5. Propositions de modifications de MERCIe pour une meilleure opérationnalité.	243
3. Conclusion du chapitre 5.....	252
Conclusion et perspectives	253
Bibliographie	261
Table des illustrations	277
Table des cartes.....	277

Table des figures.....	277
Table des tableaux.....	279
Table des encadrés	280
Table des annexes.....	282
Table des illustrations en annexes.....	282
Table des figures en annexes.....	282
Table des tableaux en annexes.....	283

Introduction

Le 6 mai 2019, l'IPBES¹ publiait un rapport sur l'extinction de la biodiversité dont faisait largement écho la presse (lemonde.fr, 6 mai 2019 ; leexpress.fr, 6 mai 2019 ; France culture, le journal des sciences du 10 mai 2019). Ce rapport, approuvé par les 132 pays qui le composent, mentionne qu'environ 500 000 espèces de faune et de flore terrestres pourraient être vouées à l'extinction en raison de la perte ou de la dégradation de leur habitat ayant déjà eu lieu. Les causes et les mécanismes sont connus : fragmentation, artificialisation, déforestation, pollution et enfin, introduction d'espèces exotiques envahissantes (Barbault, 2005; Diaz et al., 2019; Sanchez-Bayo et Wyckhuys, 2019).

La montée en puissance des politiques publiques environnementales

La parution de ce rapport s'inscrit dans un mouvement mondial de montée en puissance des préoccupations environnementales dans le monde scientifique et le grand public amorcé au vingtième siècle.

En effet, les scientifiques n'ont de cesse depuis 70 ans de s'alarmer, d'apporter preuves et explications sur la crise environnementale. En 1950, l'UICN² alertait déjà sur l'état préoccupant de la nature, mais sans que cela ne reçoive beaucoup d'écho (Lascoumes, 2018). En 1971, 2200 scientifiques signaient un manifeste destiné aux Nations-Unies et aux « 3 milliards et demi d'habitants de la planète » (Ibid., p. 28). L'époque était alors plus propice à la réception de ce message, tandis que les citoyens commençaient à se mobiliser pour la cause environnementale, et s'organisaient en associations puissantes comme le WWF³ en 1961 ou Greenpeace en 1971.

Ainsi, en 1971, la première convention internationale portant sur l'environnement est signée par 18 états dans la ville iranienne de Ramsar en vue de préserver les zones humides (ramsar.org, 2014). Ce premier évènement international est suivi en 1972 de la première conférence mondiale sur l'environnement à Stockholm. La convergence de sujets environnementaux de plusieurs ordres : lutte contre les catastrophes industrielles et les pollutions, risques pour la santé, gestion des ressources, et conservation, aboutit à l'internationalisation, l'institutionnalisation et la professionnalisation de l'environnement (Lascoumes, 2018; Fressoz et al., 2014). La biodiversité devient à partir de 1992 un enjeu de société avec la convention de Rio (même si les enjeux économiques associés à la diversité génétique semblent alors prépondérants selon Aubertin et al., 1998) et prend le relais de la protection de la nature, qui traduisait jusque alors les préoccupations environnementales.

La France s'inscrit dans ce mouvement mondial. L'année 1963 est marquée par la mobilisation contre des projets d'aménagements emblématiques (défense du Parc de la Vanoise, urbanisation de la côte Aquitaine, Lascoumes, 2018). Certains scientifiques français s'alarment également, comme Jean Dorst dans son ouvrage intitulé « *Avant que nature meure* » en 1965, de la « *gravité extrême* » du « *problème de conservation de la nature* ».

¹ Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services

² Union Internationale pour la Conservation de la Nature

³ World Wildlife Fund

En réponse à ces préoccupations environnementales, se mettent peu à peu en place, politiques publiques et réglementation. A partir des années 70, la réglementation évolue pour que les activités humaines, et en particulier l'aménagement du territoire, prennent mieux en compte les enjeux écologiques auxquels nos sociétés se trouvent confrontées. Ainsi, les états introduisent dans leur législation l'obligation de réaliser une **étude d'impact pour prévenir les dommages environnementaux** (Prieur, 2011) :

- National Environment Policy Act aux Etats-Unis en 1969,
- **loi sur la protection de la nature en France en 1976** ainsi qu'en Allemagne,
- loi sur la qualité de l'environnement au Québec en 1978.

En 1982, les nations unies adoptent une charte mondiale sur la nature indiquant qu'il faut réaliser une **évaluation environnementale** en cas de réalisation d'activités pouvant perturber la nature. Enfin, en 1985, la directive européenne 85/337 sur les études d'impact est le « *premier instrument international détaillé* » sur la question (Ibid., p.10).

Il s'agit ainsi de concilier développement économique et préservation de l'environnement. Cela se traduit par le concept de développement durable (Brundtland, 1987) qui devient en 1990 un principe fondateur des politiques européennes, englobant notamment les questions de préservation de la biodiversité (Bertrand et Fournier, 2009).

La séquence Eviter-Réduire-Compenser, pilier réglementaire de l'intégration de la biodiversité dans l'aménagement du territoire

Dans ce contexte européen et international où les notions de conservation, de biodiversité et de développement durable se généralisent (Lascoumes, 2018 ; Bertrand et Fournier, 2009) , apparait un dispositif particulier : la séquence Eviter-Réduire-Compenser, dite séquence ERC. Ce dispositif vise à neutraliser les impacts écologiques de l'aménagement du territoire. Le principe est le suivant, un aménageur doit mettre en œuvre toutes les mesures :

- pour que son projet **évite**, en priorité, les impacts sur la biodiversité (mesures d'évitement),
- pour qu'elles **réduisent** les impacts non évitables (mesures de réduction) et enfin,
- en dernier recours, qu'elles **compensent** les impacts résiduels par des actions de génie écologique.

Ainsi la séquence ERC cible directement ce qui constitue une des causes identifiées d'érosion de la biodiversité : la destruction des habitats (ou écosystèmes) et leur fragmentation, causées notamment par l'aménagement du territoire.

Le triptyque ERC est apparu en droit international en 1971, dans la convention de Ramsar sur les zones humides (Lucas, 2009). Les Etats-Unis, quant à eux, introduisent dans la loi de 1969, National Environment Policy Act (NEPA), l'obligation de mener une étude d'impact environnemental et de proposer des mesures d'atténuation, mesures dont la déclinaison en séquence Eviter-Réduire-Compenser ne sera précisée qu'en 1978 par le Conseil sur la Qualité de l'Environnement (Hassan et al., 2015 ; Lucas, 2009). L'Allemagne adopte cet instrument la même année que la France, en 1976 (Wende et al., 2015). Ainsi, des années 70 à aujourd'hui, le dispositif se généralise petit à petit dans le monde entier.

En Europe, il est introduit dans le droit en 1985 par la directive 85/337/CE évoquée un peu plus haut. Elle institue l'évaluation environnementale des projets avant autorisation. D'autres

directives européennes viendront la compléter et ainsi préciser ou décliner l'application de la séquence ERC dans diverses procédures. Il s'agit de :

- la directive 92/43/CEE sur la conservation des habitats naturels, instaurant le zonage Natura 2000,
- la directive cadre sur l'eau 2000/60/CE en 2000,
- la directive 2001/42/CE sur les plans et programmes en 2001.

En France, terrain de nos travaux de recherche, ce dispositif est introduit dans le droit avec la loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature et instaurant les études d'impact : « *le contenu de l'étude d'impact comprend au minimum une analyse de l'état initial du site et de son environnement (...) et les mesures envisagées pour supprimer, réduire, et si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement* ». La portée reste relativement limitée car les mesures compensatoires ne sont à mettre en œuvre que si cela est jugé possible et le dispositif n'est pas associé à un « *cadre réglementaire digne de ce nom* » (Martin, 2016, p. 604).

Malgré son origine remontant à 1976, la séquence ERC n'a commencé à être appliquée de façon généralisée qu'avec l'arrêté ministériel de 2007 fixant les conditions de demandes de dérogation aux destructions d'espèces protégées en transposant la directive européenne sur les habitats (Directive 92/43/CEE) datant quant à elle, de 1992 (Bigard et al., 2017; Semal et Guillet, 2017; Vaissière, 2014; Regnery et al., 2013). Ce décalage illustre un paradoxe français relevé par Chartier (2005, p. 11) selon lequel la France est « *leader en matière de discours écologiques alarmistes* » mais « *désigné par Bruxelles comme [le pays] le plus en retard en Europe en matière d'application du droit communautaire environnemental* ».

Jusqu'en 2010, la mise en œuvre de la séquence ERC se fait « *au coup par coup, sans orientation particulière ou générale* » (Martin, 2016, p. 604). Par la suite, les lois Grenelle 1 en 2009 et 2 en 2010 (loi 2009-967 du 3 août 2009 et loi 2010-788 du 12 juillet 2010) précisent le cadre réglementaire de la compensation écologique, élargissent l'obligation de compensation aux atteintes aux trames vertes et bleues et réforment l'étude d'impact. Si le cadre réglementaire est un peu moins flou, il reste néanmoins nécessaire d'apporter des précisions au moyen d'une doctrine ERC en 2012 et des Lignes Directrices éditées par le ministère en charge de l'écologie (CGDD, 2013). Les dernières évolutions sont apportées par la loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages (RBNP), qui reprend certains éléments des lignes directrices et instaure l'objectif d'absence de perte nette (APN) de biodiversité (cf. Figure 1).

Nous développerons davantage dans le premier chapitre le contenu du corpus réglementaire français actuel sur la séquence ERC.

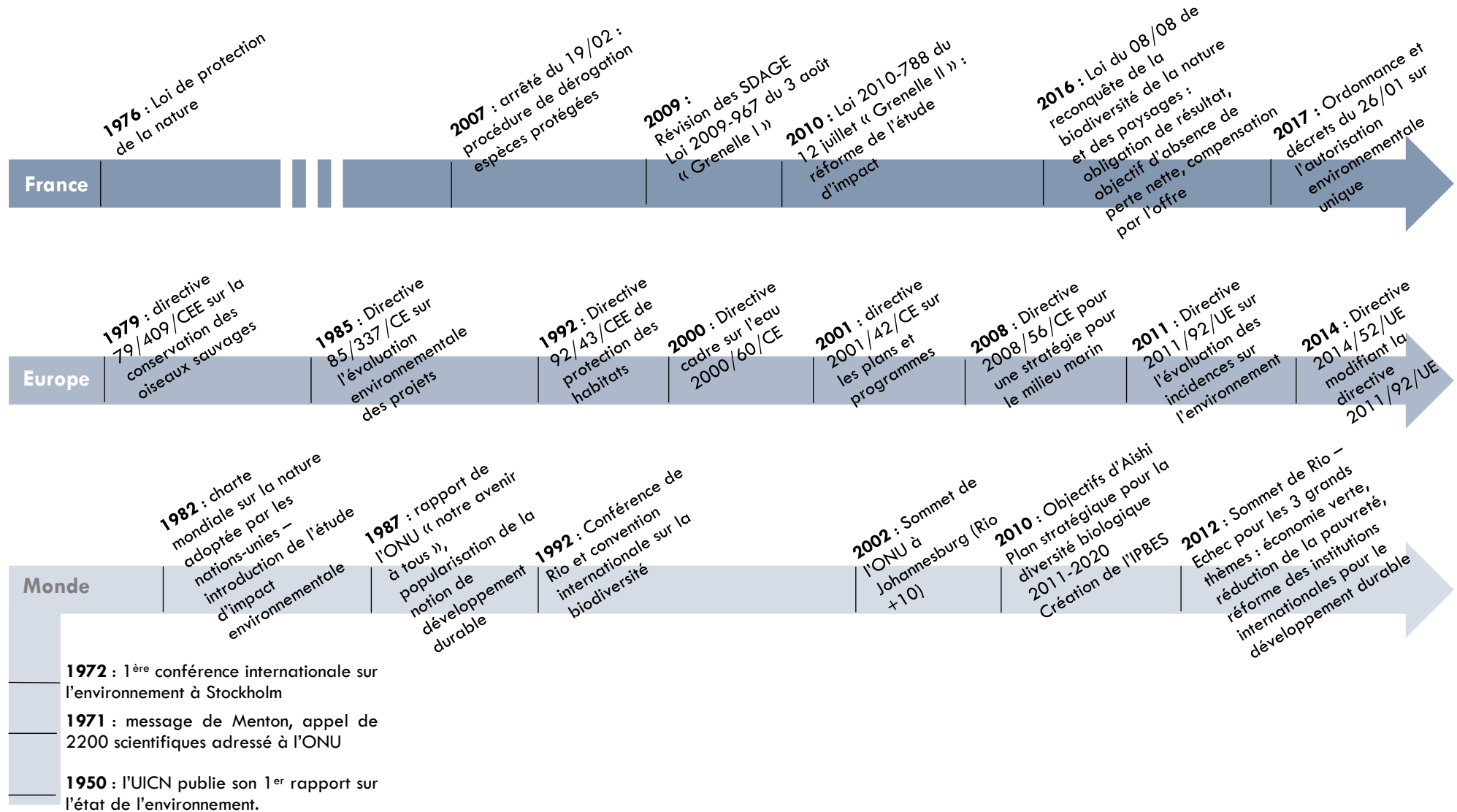


Figure 1 : Frise chronologique de l'évolution de la réglementation française sur la séquence ERC dans le contexte européen et mondial des politiques publiques environnementales (adapté de Lascoumes, 2018 ; Prieur, 2011)

Une pression d'aménagement croissante

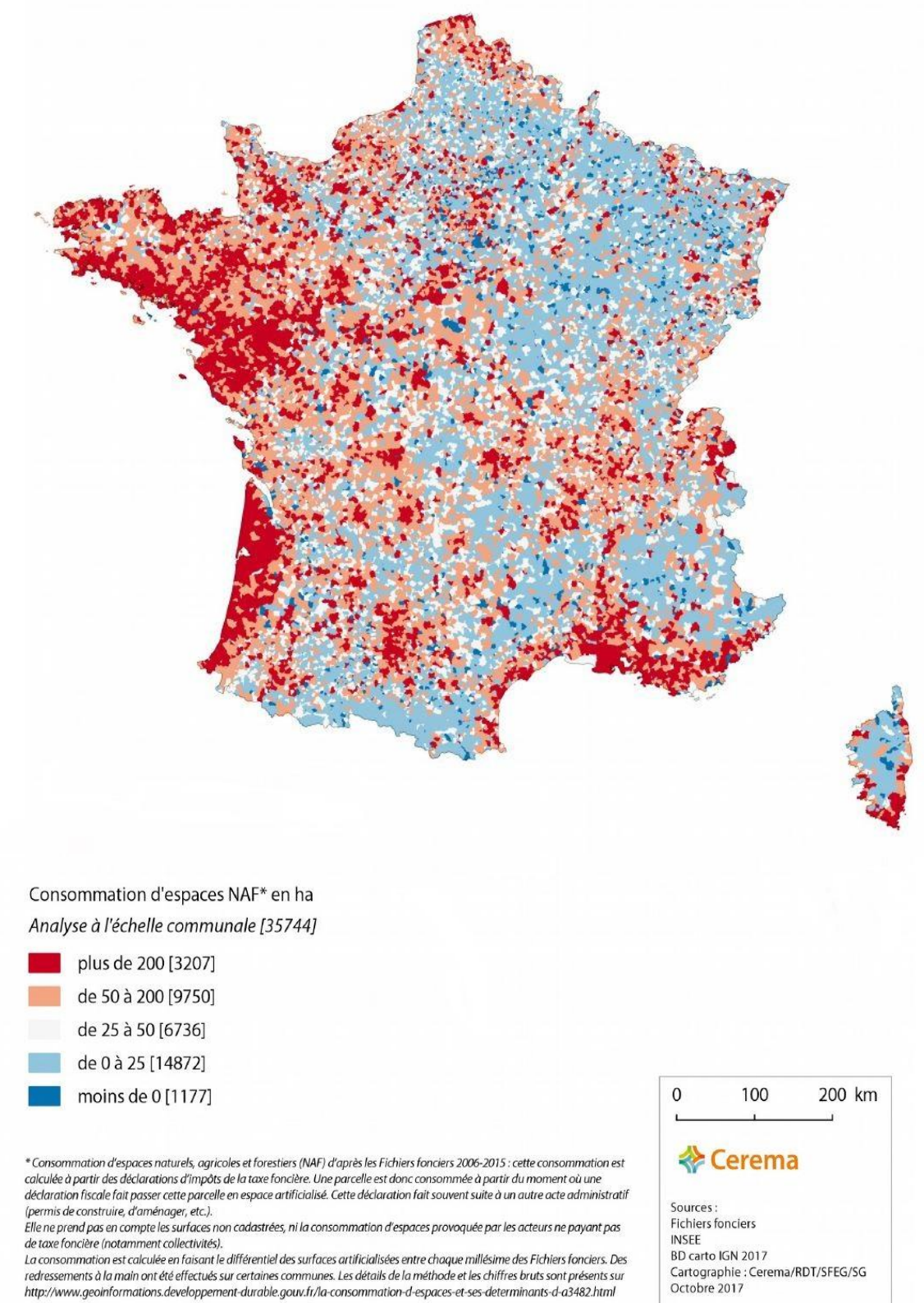
Parallèlement au déploiement progressif du dispositif ERC, la démographie et l'artificialisation des sols ne cessent d'augmenter.

Aujourd'hui, la France est le pays le plus artificialisé de l'Union Européenne, rapporté à sa densité de population (Fosse, 2019). Selon la méthodologie de comptage choisie, le pourcentage de territoire français qui est artificialisé, c'est-à-dire indisponible pour l'agriculture, la sylviculture ou les habitats naturels est de 5.5 % en 2012 (comptage Corine Land Cover utilisé par Eurostat) ou 9.3% en 2014 (comptage Teruti-Lucas). La pression d'artificialisation la plus importante s'exerce sur les littoraux et autour des grandes villes. (Cf. cartes 1 et 2).

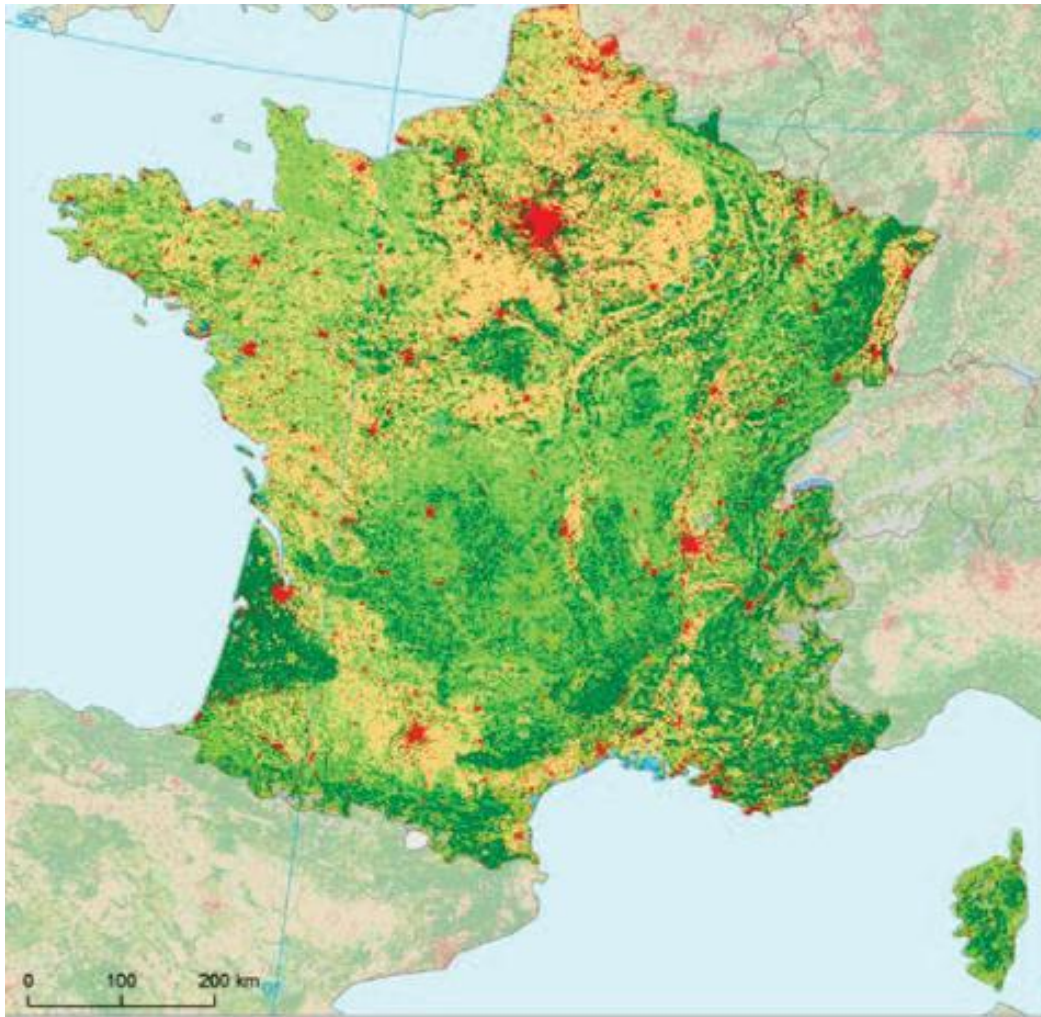
Mais quelle que soit la méthode utilisée, l'artificialisation s'est intensifiée depuis les trente dernières années (Béchet et al., 2017). Cela s'explique notamment par la prédominance du logement individuel dans les nouvelles constructions (Fosse, 2019). En France, l'accroissement de population est de 16% entre 1980 et 2009 (Adveev et al., 2011), soit 0.53% par an. Le taux d'artificialisation a augmenté de 20% entre 1990 et 2012 (Béchet et al., 2017), dont 7% entre 2000 et 2006 (1.16% par an), soit un rythme bien plus rapide que l'accroissement de population et plus soutenu que la moyenne européenne. En effet, selon les mêmes sources, en Europe, la population s'est accrue de 6% sur la même période, soit 0.2% annuellement, et le taux d'artificialisation des terres a augmenté de 2.7% entre 2000 et 2006, soit 0.45% annuellement.

Ce constat a d'ailleurs incité le gouvernement français à inscrire l'objectif de « Zéro Artificialisation Nette » dans son plan de la biodiversité 2018 qui comporte parmi ses objectifs, l'ambition d'améliorer la mise en œuvre de la séquence ERC (objectif 1.3).

Dans ce contexte, l'application de la séquence ERC apparaît d'autant plus cruciale, malgré les critiques qui s'élèvent pour dénoncer la contradiction qu'elle porte intrinsèquement, à savoir autoriser la destruction de biodiversité pour la conserver, via la contrepartie apportée par les mesures compensatoires (Devictor, 2018).



Carte 1 : Consommation nationale en ha d'espaces naturels, agricoles et forestiers (NAF) par commune, entre 2006 et 2016



CORINE Land Cover - 2012



Carte 2 : Répartition des types d'utilisation des terres en France métropolitaine en 2012 – Source : Agence européenne de l'environnement, 2017

Insuffisance de la prise en compte de la biodiversité dans l'aménagement du territoire : la séquence ERC est mal appliquée en France

Si la séquence ERC est réellement appliquée depuis 2007, sa mise en œuvre, bien qu'en amélioration, reste en deçà des ambitions officielles (Weissgerber et al., 2019 ; Semal et Guillet, 2017). De nombreuses publications académiques ont régulièrement pointé ce constat d'insuffisance (Bigard et al., 2017 ; Jacob et al., 2015, 2016 ; Calvet, Guillaume, et al., 2015; Levrel et al., 2015 ; Quétier et al., 2014).

Le rapport parlementaire Berthelot (2011) l'avait clairement identifiée. Elle est encore relevée en 2017 par la commission d'enquête du Sénat sur la réalité des mesures de compensation : « *l'application de la séquence ERC à des projets d'infrastructures est longtemps restée, en pratique, largement formelle et parfois théorique* » (Dantec, 2017, p.30).

L'insuffisance de l'application de la séquence ERC se relève de plusieurs façons.

Il règne, chez les acteurs de sa mise en œuvre, une certaine confusion sémantique entre mesures d'évitement, de réduction et de compensation, ce qui a pour effet que de nombreuses mesures présentées comme de l'évitement ou de la compensation sont en réalité des mesures de réduction selon les définitions gouvernementales (Bigard et al., 2017 ; Jacob et al., 2016).

Les mesures compensatoires ciblent souvent des milieux en bon état écologique, générant un gain écologique nul ou très faible (Weissgerber et al., 2019).

En outre, les mesures compensatoires ciblent en majorité les espèces protégées (procédure de dérogation à l'interdiction de détruire des espèces protégées) et les zones humides (procédure loi sur l'eau), laissant complètement de côté la biodiversité dite « ordinaire » ou à « faible enjeu de conservation » (Bigard et al., 2017; Jacob et al., 2016; Regnery et al., 2013). Or, selon la loi, la séquence ERC doit être appliquée sur l'ensemble des composantes écologiques impactées.

Enfin, la réglementation indique que seuls les impacts « *significatifs* » sont à compenser, sans qu'aucune définition ne soit associée à ce terme, ce qui autorise certains maîtres d'ouvrages à une rhétorique minimisant leurs impacts (Jacob et al., 2016).

Trois types de **causes** peuvent expliquer la faiblesse de l'application de la séquence ERC en France.

Premièrement, le **cadre juridique** reste encore flou, insuffisant et parfois incohérent (Dupont et Lucas, 2017; Martin, 2016). En effet, la réglementation reste très évasive sur les modalités d'appréciation de l'équivalence écologique. Il manque également les outils juridiques et financiers adaptés pour permettre des mesures compensatoires effectives pendant toute la durée des impacts, souvent irréversibles. En outre, l'obligation de résultat n'a pas de sens sur le plan juridique et peut donner lieu à des contentieux. Enfin, l'absence de définition et le flou sémantique ont longtemps entretenu la confusion entre les trois volets de la séquence et ouvert la possibilité à des interprétations variées (Bigard et al., 2017; Dantec, 2017; Dupont et Lucas, 2017).

Deuxièmement, les **contradictions** portées par le dispositif engendrent débat et difficultés d'interprétation. Son bien-fondé et son efficacité sont contestés et controversés. Le concept d'équivalence écologique « *ne semble pas bénéficier d'un fondement théorique clair. L'idée d'équivalence est donc conçue différemment selon la perspective adoptée* » (Devictor, 2018).

Tout comme l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité, il donne matière à discussions et à différentes interprétations (Bull, Gordon, et al., 2016; Bull et al., 2013; Quétier et Lavorel, 2011). La complexité et l'unicité des écosystèmes les rend irremplaçables, vouant de fait à l'échec toute promesse d'équivalence écologique stricte entre milieu détruit et milieu restauré (Moreno-Mateos et al., 2015). En outre, ce qui n'est pas mesuré ni observé n'est pas pris en compte dans les pertes et n'est donc pas compensé (Ibid.). En conséquence, le dispositif ne peut empêcher que des pertes subsistent effectivement (BenDor, 2009). Ainsi, le doute s'insinue sur la primauté sensée être accordée à l'évitement et à la réduction, qui transformerait la compensation en un « droit à détruire » (Martin, 2016).

Finalement, la séquence ERC est considérée par nombre de ses acteurs comme un « *moindre mal* » (Semal et Guillet, 2017) plutôt que comme un dispositif pleinement efficace.

Enfin, le troisième type de causes expliquant la faiblesse de la mise en œuvre d'ERC en France est **l'insuffisance des connaissances, des outils et méthodologies** partagés par les acteurs concernés mettant en pratique ERC. Ces insuffisances portent d'une part sur les connaissances scientifiques en biologie de la conservation et d'autre part sur les connaissances des agents des services instructeurs de l'Etat, aux parcours de formation très divers (Semal et Guillet, 2017 ; Bigard et al., 2017 ; Jacob et al., 2015). L'insuffisance d'outils et méthodologies concernent à la fois la gouvernance (Regnery et al., 2013), la pérennité des mesures compensatoires (Dupont et Lucas, 2017), leur suivi (Quétier et al., 2014), ou l'évaluation des impacts (Vanpeene-Bruhier et al., 2013) et de l'équivalence écologique et de l'absence de perte nette.

(Cf. annexe n°3 détaillant les Insuffisances des démonstrations de l'absence de perte nette relevés dans les publications scientifiques)

Conscients de ces faiblesses (ou de certaines d'entre elles seulement), les différents acteurs du dispositif prennent depuis peu des mesures concrètes.

Ainsi, depuis 2017, le ministère en charge de l'écologie a publié quatre guides qui complètent les Lignes Directrices de 2013 et précisent la mise en œuvre de la réglementation : guide sur la phase d'évitement faisant suite à un séminaire organisé par le ministère (CGDD, 2017a), guide sur les premiers éléments méthodologiques sur les effets cumulés en mer (CGDD, 2017c), guide d'aide à la définition des mesures ERC (CGDD, 2018), guide sur la compensation écologique des cours d'eau (CGDD et al., 2018). Des instituts comme le Cerema⁴ ou l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) y contribuent ou publient leurs propres guides et rapports. (Cf. tableaux 1 et 2 en annexe n°2)

Localement, les acteurs s'organisent pour améliorer leurs pratiques, s'entendre sur les modalités d'application. C'est le cas de la Communauté Régionale ERC d'Occitanie (CRERCO) pilotée par la Région Occitanie et la DREAL⁵ Occitanie depuis 2017, qui a pris la suite du groupe de travail régional ERC Languedoc-Roussillon piloté par la DREAL dès 2012. C'est également le cas de la DREAL Grand-Est qui est en train de mettre en place un groupe similaire (com. pers. Agent DREAL Grand-Est).

⁴ Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

⁵ Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

Ces très récentes initiatives ne peuvent que contribuer dans une certaine mesure, à améliorer la mise en œuvre de la séquence ERC. Il est cependant encore trop tôt pour observer des résultats ou en trouver des analyses dans des publications académiques.

Ainsi, aujourd'hui, il est impossible d'affirmer que l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité est atteint (Weissgerber et al., 2019). Une part de cette perte nette de biodiversité est certes imputable au dispositif ERC en lui-même, comme le soulignent de nombreux auteurs cités plus haut. Mais, une autre part de cette perte peut être reliée à l'application insuffisante de la séquence ERC. Nous supposons qu'elle pourrait être diminuée par une meilleure compréhension et une meilleure application de la réglementation par les acteurs concernés. On se place alors dans la perspective de la séquence ERC comme « *moindre mal* » telle qu'évoquée par Semal et Guillet (2017). C'est bien dans cette ligne que s'inscrivent les travaux de cette thèse, sans toutefois perdre de vue les limites et les critiques du dispositif évoquées plus haut.

Notre intérêt se porte ainsi sur **la mise en pratique**, en France, de la séquence ERC par les acteurs de terrain dont notamment les **aménageurs, leurs bureaux d'études et les services de l'Etat** ; et plus particulièrement sur le troisième type de cause expliquant l'insuffisance de l'application d'ERC en France : **l'insuffisance des connaissances, des outils et des méthodologies**.

Besoin d'outils pour une meilleure intégration de la biodiversité dans l'aménagement du territoire : les méthodes d'évaluation des mesures compensatoires

Les différentes insuffisances décrites concernent les outils et méthodologies pour l'évaluation de l'équivalence écologique et de l'absence de perte nette sur lesquels la réglementation reste floue. Nous choisissons de nous intéresser aux **méthodes d'évaluation de l'équivalence écologique et de l'absence de perte nette**, c'est-à-dire aux « *ensembles de démarches raisonnées* » suivies pour démontrer ou évaluer si des mesures compensatoires respectent l'exigence d'équivalence écologique ou d'absence de perte nette de biodiversité (d'après la définition du mot méthode par le dictionnaire Robert).

Ces méthodes permettent de déterminer la « dette » compensatoire théorique en fonction des impacts résiduels générés par le projet d'aménagement après évitement et réduction. On parle aussi de **méthodes biophysiques de dimensionnement des mesures compensatoires**. Elles s'appliquent avant la réalisation du projet d'aménagement, dans les phases de conception et de dépôt des dossiers d'autorisation réglementaires. Elles ne concernent pas le volet plans et programmes soumis également à la séquence ERC. Elles ont vocation à être utilisées ou connues par les bureaux d'études, les aménageurs et les services de l'État qui instruisent ces dossiers. Elles reposent sur l'évaluation de l'état écologique des milieux et des enjeux écologiques associés.

Elles sont recommandées dès 2013 par les lignes directrices (CGDD, 2013, p.107) (voir figure 1) tout comme par certains chercheurs (Quétier et Lavorel, 2011). C'est pourquoi certains bureaux d'études se sont appuyés sur leur expertise pour proposer leurs propres méthodes. Parfois, elles ont été développées en collaboration avec les services de l'État locaux pour des projets de grande ampleur. C'est le cas de la méthode développée pour le contournement

ferroviaire Nîmes-Montpellier par exemple (Quétier et al., 2015). Cependant, cela ne suffit pas, car ces méthodes ne sont pas appliquées de façon uniforme dans tout le territoire et pour tous les dossiers, elles ne sont en général pas publiées, et la situation reste très hétérogène.

D'une manière générale, les services de l'État déploraient lors d'une enquête réalisée en 2013, la faiblesse scientifique des démonstrations et des méthodologies employées dans les dossiers d'autorisations (Jacob et al., 2015). Plusieurs articles relèvent d'ailleurs ces différentes faiblesses des démonstrations de l'équivalence écologique par les bureaux d'études et les aménageurs dans les dossiers d'autorisation (Cf. tableau 3 en annexe n°3).

Ainsi, pour Dupont et Lucas (2017), « *un des enjeux majeurs des années à venir sera de développer des méthodologies qui soient à même de dimensionner les mesures de manière cohérentes et transparentes* » (p. 151). En 2017, le rapport Dantec, publié par le Sénat, relève que la France peine à « *adopter des méthodologies permettant d'apprécier de façon scientifique l'équivalence entre les atteintes à la biodiversité et les gains rendus possibles par une mesure de compensation* » (p. 38) et recommande de « *développer au niveau national les éléments d'une méthodologie permettant de disposer d'une approche plus fine du fonctionnement des écosystèmes* » (p. 80).

Alors que la mise en application effective de la séquence ERC démarre en 2007, douze ans plus tard, **il n'existe toujours pas en France de méthode d'évaluation répondant aux principes réglementaires, partagée par l'ensemble des acteurs concernés et validée par l'Etat.**

Pourtant, le besoin de méthode d'évaluation des écosystèmes n'est pas né avec la mise en œuvre de la séquence ERC. En effet, avec le développement des politiques de conservation de la biodiversité, particulièrement depuis la conférence de Rio en 1992, les travaux pour mettre en place des indicateurs de biodiversité adaptés se multiplient sous l'égide des institutions européennes ou françaises (Levrel, 2006). Des méthodologies spécifiques ont alors été développées pour évaluer l'état de conservation des habitats, l'état écologique des masses d'eau ou encore les services écosystémiques. Ces différents exemples montrent la diversité des outils visant à évaluer sous un angle ou un autre, les écosystèmes ou certaines de leurs composantes. Mais, aucun d'entre eux ne répond aux besoins propres à l'évaluation de l'équivalence écologique telle qu'elle est exigée dans les principes de la séquence ERC et de l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité (Article 69 de la loi du 8 août 2016). En effet, la conception d'une méthode dépend de son objet et de son objectif d'évaluation (Sutula et al., 2006). La multitude des outils existants ne pouvant pas être utilisés directement, il est donc nécessaire de proposer des méthodes spécialement conçues pour la mise en application de la séquence ERC.

Dès lors, l'apport des méthodes déjà existantes pour l'évaluation de l'équivalence écologique mises en œuvre dans d'autres pays constitue un retour d'expérience intéressant à étudier (Cf. encadré 1). Un certain nombre de méthodes sont bien identifiées, particulièrement pour les zones humides (Bezombes et al., 2017 ; Pioch et al., 2015 ; Barnaud et Coïc, 2011). Cependant, leur application directe en France n'est pas possible d'un point de vue écologique mais aussi réglementaire (Gaucherand et al., 2015). Un travail d'adaptation et de test est nécessaire (Bezombes et al., 2017 ; Mechin et Pioch, 2016;). Si les méthodes existantes constituent un apport indéniable, un travail reste à faire pour proposer des outils adaptés aux besoins français.

Encadré 1 : Les difficultés d'évaluation des écosystèmes

L'évaluation des écosystèmes ou la biodiversité est un exercice complexe qui peut recouvrir plusieurs réalités. En effet, Maître d'Hôtel et Pelegrin (2012) distinguent, tout d'abord, l'évaluation objective. Dans ce cas, la valeur est mesurée directement, elle correspond à des caractéristiques biophysiques. Elle se veut descriptive (Heink et al., 2015). Utilisée à des fins scientifiques (Bouleau et al., 2009), cela ne soulèverait pas de débat particulier (Devictor, 2018).

Le débat surgit lorsque l'évaluation poursuit des visées normatives à des fins de décision ou de gestion, comme c'est le cas pour nombre d'indicateurs de biodiversité par exemple (Heink et al., 2015). En effet, les notions de « qualité », d'« état de santé » (Millenium Ecosystem Assessment, (Mallee, 2017)), de « bon état » (Directive Cadre sur l'eau) sont mobilisées ; autant de notions qui sont porteuses de valeur (Turnhout et al., 2007 ; Lackey, 2001). Et cela va en contradiction avec l'idée répandue que la science est dégagée de valeur morale, produit des faits, à l'inverse des décisions politiques (Ibid.). Pour Turnhout et al., il est essentiel, dans le cas des indicateurs écologiques, par exemple, de les considérer à l'interface entre le politique et le scientifique. En effet, ils sont construits par les préférences politiques, et le choix de protéger certaines espèces, certains types de nature, etc.

Cette rapide analyse nous renseigne sur les enjeux de la construction des ME qui sont à rapprocher des enjeux liés aux indicateurs écologiques destinés à la prise décision, la définition d'objectifs de gestion. Parler de gains et de pertes écologiques est à mettre en rapport avec des priorités politiques de conservation. Cela transparait nettement lorsqu'il s'agit d'appliquer la séquence ERC en relation avec la réglementation sur les espèces protégées par exemple.

La dimension normative de l'exercice ne doit pas être négligée, alors que la question des connaissances est le plus souvent sur le devant de la scène (Rametsteiner et al., 2011).

En France, plusieurs initiatives ont commencé à voir le jour à partir de 2012-2013, pour aboutir aux premières propositions méthodologiques expérimentales dès 2016 et 2017. Pour autant, aucune d'entre elles ne fait l'objet d'un consensus national du fait de leur déploiement récent, des limites de leur périmètre d'application ou de leur caractère encore expérimental. Le ministère de la transition écologique et solidaire (MTES) et l'agence française de la biodiversité (AFB) devenue en 2020 l'office français de la biodiversité (OFB) ont d'ailleurs mis en place un groupe de travail (GT) visant à proposer un référentiel méthodologique national (2018-2020). Une importante **dynamique associant scientifiques, acteurs de terrain** (aménageurs, bureaux d'études, services instructeurs) et **institutions** s'est mise en place pour répondre à ce besoin de méthodes biophysiques.

Cette dynamique est d'autant plus nécessaire que l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité et d'équivalence écologique est, au-delà des controverses qu'il peut susciter

(Devictor, 2018 ; Moreno-Mateos et al., 2015), particulièrement complexe à évaluer. En effet, dès 2011, Quétier et Lavorel insistaient sur la difficulté d'interpréter de façon univoque l'objectif d'équivalence écologique alors que les réalités écologiques associées sont complexes. La multiplicité des mécanismes et concepts à prendre en compte complexifie l'évaluation écologique des projets d'aménagement. L'exercice est particulièrement difficile et incertain car, comme le soulignent Calvet, Napoléone, et al. (2015), intégrer le savoir écologique dans les pratiques compensatoires est limité par le manque de connaissances en biologie de la conservation et en restauration écologique, ainsi que par l'inévitable décalage entre récentes avancées scientifiques et déploiement en pratique. Ainsi, la mise au point de méthodes d'évaluation de l'absence de perte nette de biodiversité et de l'équivalence écologique représente un défi technique et scientifique de taille.

En outre, le besoin de méthodes s'inscrit dans un contexte de manque de moyens, d'hétérogénéité des compétences des services de l'État (Semal et Guillet, 2017 ; Jacob et al., 2015), de manque de connaissances des différents acteurs, d'absence de retours d'expérience partagés ou encore d'une prise en compte de la séquence ERC trop souvent en fin de cycle des dossiers (Dantec, 2017). Plus précisément, les niveaux de connaissance et les profils des agents des services de l'État peuvent considérablement varier en fonction des postes antérieurs et de leur formation initiale qui peuvent être très éloignés de l'écologie (Jacob et Pioch, 2014). Quant aux maîtres d'ouvrage, les attitudes sont variables vis-à-vis de la séquence ERC : de la plus adaptée qui anticipe les obligations réglementaires à la plus hostile qui fait pression pour faire valider son projet sans mettre en œuvre de mesures compensatoires (Pioch, 2017).

Ce contexte d'utilisation des méthodes suggère de possibles freins à leur appropriation massive, freins pratiques, liés à la diversité des profils et des situations.

Problématique de recherche

En résumé :

Position du problème : dans un contexte mondial de perte de biodiversité alarmante, comment intégrer l'exigence de protection de la biodiversité dans les projets d'aménagement du territoire ?

Notre contexte de recherche : la réglementation française Eviter-Réduire-Compenser qui oblige notamment les maîtres d'ouvrages à mettre en œuvre des mesures compensatoires avec une exigence d'équivalence écologique et d'absence de perte nette de biodiversité et qui s'applique sur les projets d'aménagement.

Notre objet de recherche : les méthodes d'évaluation de l'équivalence écologique et d'absence de perte nette de biodiversité (ME).

Le développement de méthodes d'évaluation des mesures compensatoires dans le contexte français cumule des enjeux à la fois technico-scientifiques et pratiques. Les enjeux technico-scientifiques ont fait l'objet de nombreuses recherches que ce soit sur le plan international (voir chapitre 1), ou en France (travaux de Bezombes et al., 2018 ; Gaucherand et al., 2015 ; Regnery et al., 2013 ; Quétier et Lavorel, 2011). A l'inverse, les enjeux pratiques sont très peu abordés (Cf. figure 2). Nous reviendrons en détail sur ce dernier point dans le chapitre 1.

Les méthodes d'évaluation de l'absence de perte nette de biodiversité (ME)

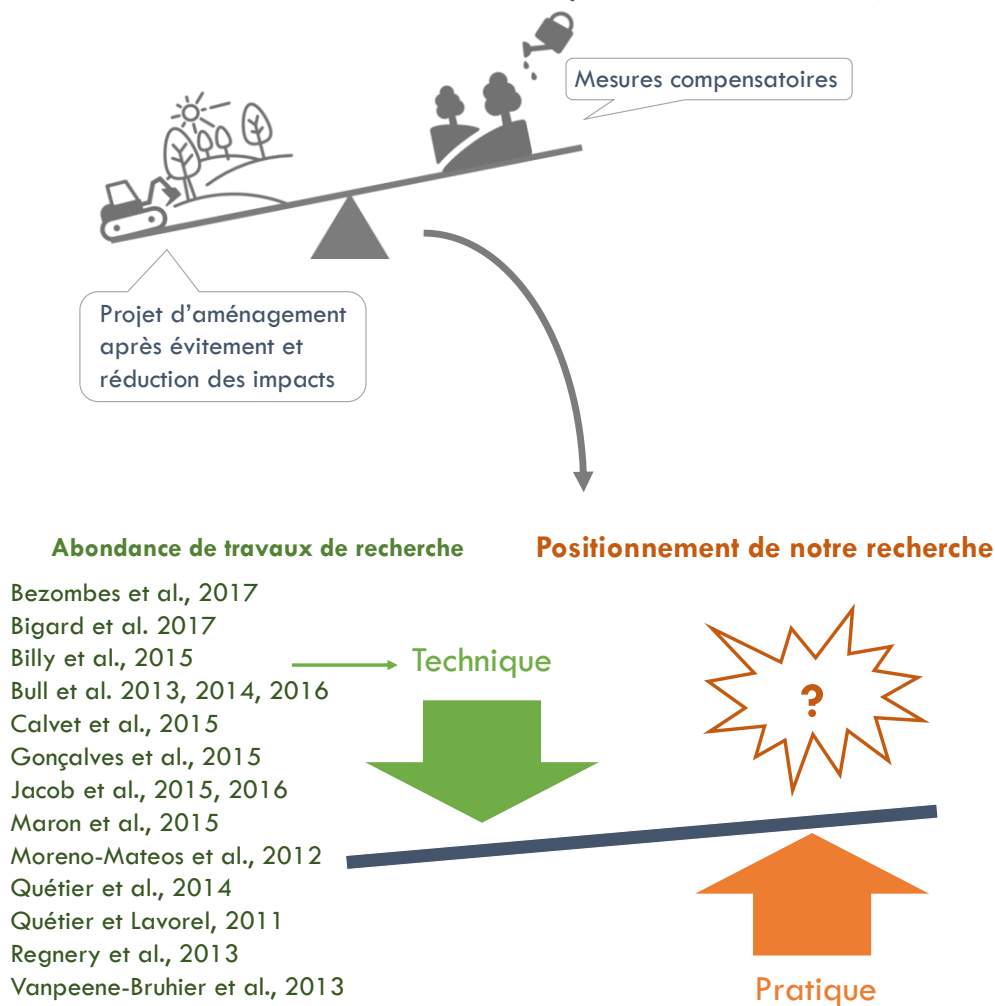


Figure 2 : Problématique de recherche (conception : A. Mechin)

Nos hypothèses de recherche :

Hypothèse 1 : les enjeux pratiques ne sont pas pris en compte lors de la conception des méthodes. Cette hypothèse repose sur l'absence de ce sujet dans les publications scientifiques sur les méthodes, et sur le fait que les concepteurs des méthodes en France sont des scientifiques ou des experts issus du monde scientifique.

Hypothèse n°2 : la non prise en compte des enjeux pratiques dans la conception peut conduire à des méthodes peu **opérationnelles**, c'est-à-dire «*prête à entrer en activité, à fournir le résultat optimal voulu, à réaliser parfaitement une opération* » d'après le Larousse.

Hypothèse n°3 : le manque d'**opérationnalité** des méthodes constitue un frein à leur utilisation.

En effet, de nombreuses publications font état du faible niveau d'utilisation sur le terrain d'outils de planification territoriale (Pelzer, 2017 ; van Delden et al., 2011 ; Uran et Janssen, 2003), d'outils d'aide à la décision environnementaux (Rose et al., 2017 ; McIntosh et al., 2011) ou agricoles (Rose et al., 2016 ; Prost et al., 2011). Ces outils partagent les mêmes caractéristiques que les méthodes d'évaluation de l'équivalence écologique et d'absence de perte nette :

- ils sont basés sur des connaissances scientifiques,
- ils sont conçus par des scientifiques,
- leurs utilisateurs ont des niveaux de connaissances et des profils différents des concepteurs
- leur contexte d'application est complexe.

Les raisons de non-utilisation de ces outils ont été étudiées et sont en grande partie à relier à un manque d'opérationnalité dans le sens où ces outils ne semblent pas fournir le résultat attendu par leurs utilisateurs (Cf. tableau 1).

Tableau 1 : Raisons de non-utilisation des outils d'aide à la décision (OAD) dans les domaines de l'environnement, de la planification spatiale et de l'agronomie

Causes de non-utilisation	Référence bibliographique	Type d'outil d'aide à la décision
Système trop détaillé, trop précis	Uran et Janssen, 2003 te Brömmelstroet, 2017	Environmental Planification
Prend trop de temps à utiliser	Uran et Janssen, 2003	Environmental
Coûte trop cher	Geertman 2006 ; Uran et Janssen, 2003	Environmental
Système trop compliqué, pas assez compréhensible	Uran et Janssen, 2003 te Brömmelstroet, 2017 Vonk et al., 2005 Prost et al., 2011	Environmental Planification Agronomique
Trop rigide	te Brömmelstroet, 2017	Planification
Trop lent	te Brömmelstroet, 2017	Planification
Trop d'incertitude dans les résultats produits	Uran et Janssen, 2003	Environmental
Résultats ou fonctionnement pas appropriés à la prise de décision ou aux besoins des utilisateurs	Uran et Janssen, 2003 Vonk et al., 2005 Geertman 2006 te Brömmelstroet, 2017 Prost et al., 2011	Environmental Planification Agronomique
Indisponibilité des données d'entrée	Prost et al., 2011	Agronomique
Complexité des interfaces, design inapproprié	Uran et Janssen, 2003 Vonk et al., 2005 Prost et al., 2011	Environmental Planification Agronomique
Manque de confiance des utilisateurs sur les résultats produits	Prost et al., 2011	Agronomique
Pas assez transparent	te Brömmelstroet, 2017	Planification
Accompagnement, soutien, attitude de l'environnement de travail, de l'encadrement	Vonk et al., 2005	Planification

Au vu de ces travaux de recherche, améliorer l'opérationnalité semble être une piste intéressante pour faciliter l'appropriation des méthodes par les utilisateurs.

D'autres pistes peuvent être envisagées également : par exemple, les rendre d'utilisation obligatoire sous peine de sanctions, ou encore organiser des sessions de formations et de mises à niveau massives accompagnées d'un suivi des utilisateurs. Ces deux assertions n'ayant pas de consistance en tant qu'objet de recherche, nous nous sommes orientés logiquement vers l'opérationnalité dans le cadre de cette thèse. Cette orientation est accompagnée de :

Hypothèse n°4 : il est possible d'agir sur la conception des méthodes, leur processus de fabrication, leur composition, leur fonctionnement pour qu'elles soient opérationnelles, tout en reposant sur les connaissances scientifiques existantes.

Notre question de recherche est :

Comment concevoir des méthodes opérationnelles d'évaluation de l'équivalence écologique et de l'absence de perte nette de biodiversité afin de faciliter leur appropriation par les acteurs de la séquence ERC ?

Pour répondre à cette question, cette thèse s'organise selon le schéma de la figure 3.

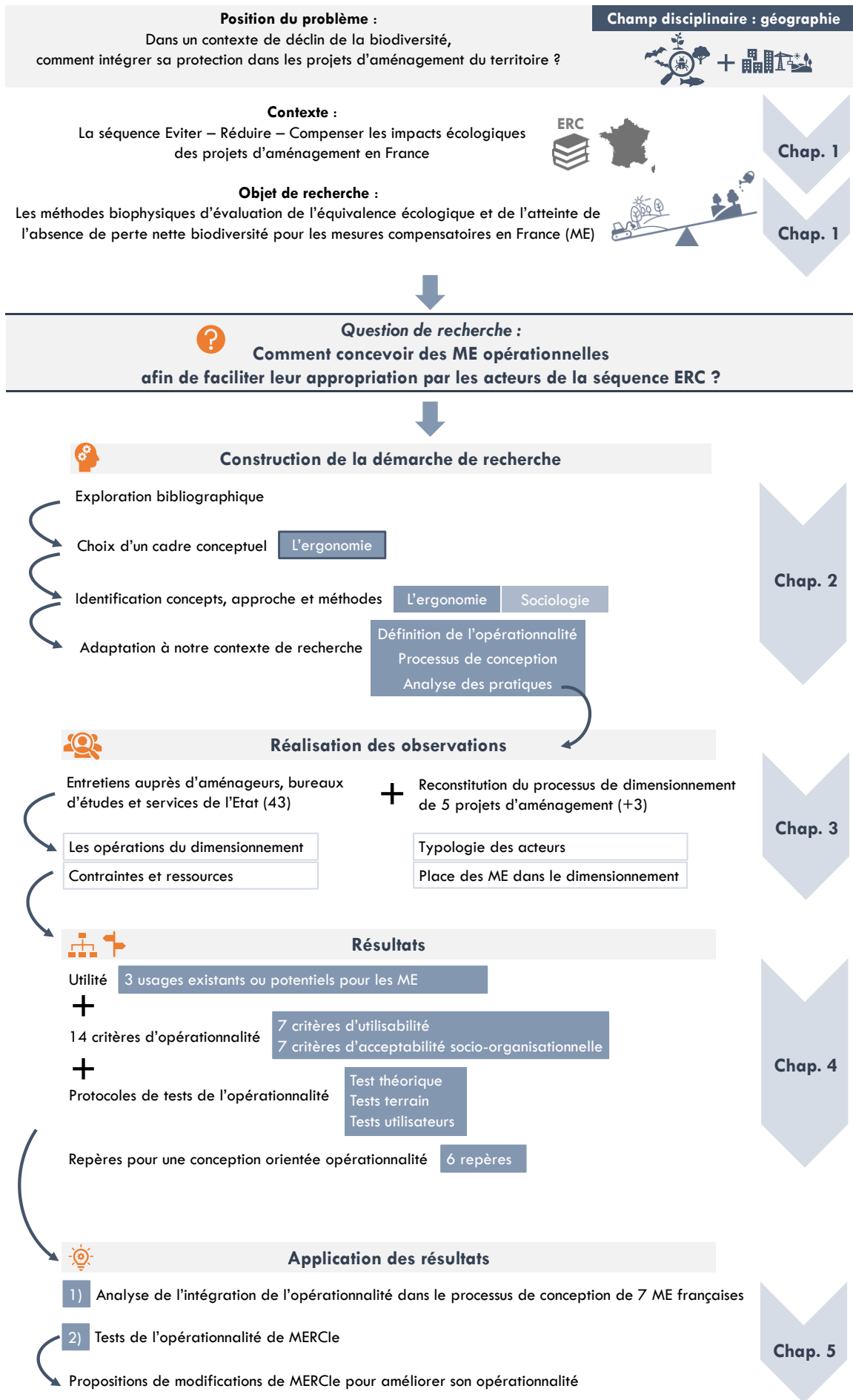


Figure 3 : Plan de la thèse (conception : A. Mechin)

Chapitre 1

Le contexte de notre recherche :
la séquence ERC et les mesures
compensatoires en France

Ce premier chapitre consiste à expliciter la réglementation française relative à la séquence ERC, et plus particulièrement la question de la définition des mesures compensatoires qui constitue le contexte de notre recherche.

L'objectif est d'exposer les tenants et les aboutissants de ce contexte afin d'en extraire le questionnement scientifique qui a guidé la définition du périmètre de notre sujet de recherche au sein de la géographie.

Nous commencerons par rappeler brièvement l'état actuel de la réglementation française sur la séquence ERC et les mesures compensatoires, afin de clarifier la question sur « quelles règles doit respecter un maître d'ouvrage qui demande une autorisation d'aménager ? » Nous compléterons la présentation de la réglementation par l'exposé des recommandations existantes de la part de l'Etat en matière de définition des mesures compensatoires.

Nous réaliserons ensuite une analyse critique de la littérature scientifique traitant des méthodes d'évaluation des mesures compensatoires : nous approfondirons l'hypothèse exposée en introduction selon laquelle la question de l'opérationnalité a été ignorée dans les recherches sur ces méthodes.

Nous verrons enfin quelles méthodes ont été ou sont développées actuellement en France pour suivre les recommandations faites en matière de définition des mesures compensatoires.

1. La réglementation française

1.1. La séquence ERC et les mesures compensatoires dans le code de l'environnement

La séquence ERC constitue aujourd'hui un des principes de base du code de l'environnement dans lequel il est introduit au travers du « *principe d'action préventive et de correction par priorité à la source* » (article L 110-1). La figure 4 représente l'articulation des différents articles du code de l'environnement relatifs à la séquence ERC. Tout projet soumis au régime d'autorisation environnementale est dans l'obligation de mettre en œuvre des mesures d'évitement, de réduction et en dernier recours de compensation.

Les mesures d'évitement sont définies comme toute « *mesure qui modifie un projet ou une action d'un document de planification afin de supprimer un impact négatif identifié que ce projet ou cette action engendrerait* » (CGDD, 2013, p. 191).

Les mesures de réduction sont des « *mesures définies après l'évitement et visant à réduire les impacts négatifs permanents ou temporaires d'un projet sur l'environnement en phase chantier ou en phase exploitation* » (ibid.).

Enfin, **les mesures de compensation** « *ont pour objet d'apporter une contrepartie aux effets négatifs notables, directs ou indirects du projet qui n'ont pu être évités ou suffisamment réduits* ». Elles « *font appel à une ou plusieurs actions écologiques : restauration ou*

réhabilitation, création de milieux et/ou, dans certains cas, évolution des pratiques de gestion permettant un gain substantiel des fonctionnalités du site de compensation. » (Ibid.)

L'autorisation environnementale a remplacé en 2017 (ordonnance n° 2017-80 et décrets n° 2017-81 et 2017-82 du 26 janvier 2017) la multitude d'autorisations auxquelles pouvait être soumis un projet et qui donnaient lieu à des procédures indépendantes, complexifiant considérablement l'exercice. Parmi ces procédures, nous pouvons mentionner :

- l'autorisation au titre de la dérogation espèces protégées,
- l'autorisation de défrichement,
- l'autorisation au titre de la loi sur l'eau,
- l'étude d'incidences Natura 2000,

qui donnaient toutes lieu, avant 2017 à la mise en œuvre de la séquence ERC (Article L181-2 du code de l'environnement).

Selon le type de projet et s'il dépasse, ou non, certains seuils déterminés par voie réglementaire, la demande d'autorisation environnementale doit être accompagnée d'une étude d'impact ou d'une étude d'incidence environnementale, plus légère que l'étude d'impact, toutes deux comportant une rubrique relative à la mise en œuvre de la séquence ERC. Les procédures administratives sont cadrées par des textes réglementaires qui définissent les étapes successives, les délais à respecter etc. La figure 5 détaille la procédure pour les projets soumis à étude d'impact.

Les mesures compensatoires sont de la responsabilité du maître d'ouvrage. Mais leur mise en œuvre peut être déléguée à un tiers : un opérateur de compensation, connu plus couramment sous le nom de banque de compensation (article L163-1). L'article L163-1 du code de l'environnement le définit comme une « *personne publique ou privée chargée, par une personne soumise à une obligation de mettre en œuvre des mesures de compensation des atteintes à la biodiversité, de les mettre en œuvre pour le compte de cette personne et de les coordonner à long terme* ». Cette possibilité a été introduite par la loi de 2016 après une phase expérimentale de dix ans (Calvet, 2015).

Il est à noter une certaine contradiction dans le code de l'environnement qui rend les mesures compensatoires obligatoires (à la suite des mesures d'évitement et de réduction), tout en prévoyant que dans certains cas, s'il n'est pas possible de compenser, cela ne bloque pas l'autorisation d'un projet. En effet, l'article L163-1 définit les mesures de compensation comme les mesures « (...) *rendues obligatoires par un texte législatif ou réglementaire pour compenser, dans le respect de leur équivalence écologique, les atteintes prévues ou prévisibles à la biodiversité (...)* » et il précise ensuite que « *Si les atteintes liées au projet ne peuvent être ni évitées, ni réduites, ni compensées de façon satisfaisante, celui-ci n'est pas autorisé en l'état* ». Cependant, les textes réglementaires détaillant le contenu des études d'impacts et des études d'incidence stipulent que « *s'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité* » (article R122-5 sur le contenu de l'étude d'impact). Toutefois, étant donné la primauté des textes législatifs sur les textes réglementaires, les mesures compensatoires s'imposent dans tous les cas et de ce fait, s'il n'est pas possible de compenser, il ne doit pas être possible d'aménager selon la loi. C'est une des nouveautés marquantes de la loi de 2016.

Les articles L110-1 et L163-1 définissent les exigences qui s'appliquent aux mesures compensatoires : équivalence écologique et absence de perte nette de biodiversité, mais le code de l'environnement n'indique rien de plus. L'objectif d'absence de perte nette (APN) de biodiversité a été introduit dans le code de l'environnement par la loi n° 2016-1087 du 8 août 2016. Bien qu'elle en fasse un des socles de la législation environnementale, ce sont encore les Lignes Directrices (CGDD), datant de 2013 qui donnent, à ce jour, le plus de précision et de recommandations sur les modalités de définition des mesures compensatoires. C'est ce que détaille la partie suivante.

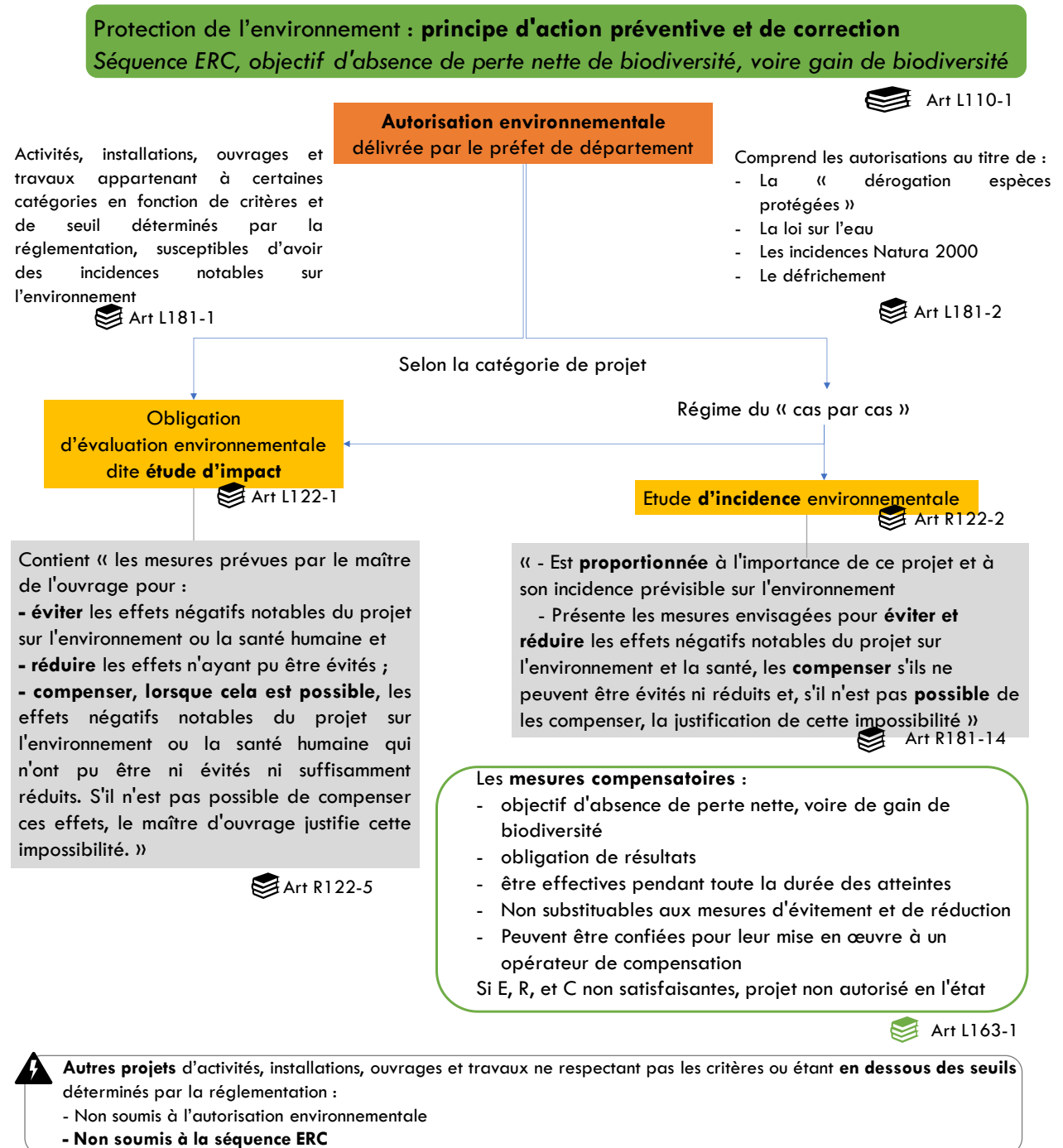


Figure 4 : Synthèse du code de l'environnement relatif à la séquence ERC (en vigueur en 2019)

(source : Code de l'environnement ; conception : A. Mechin)

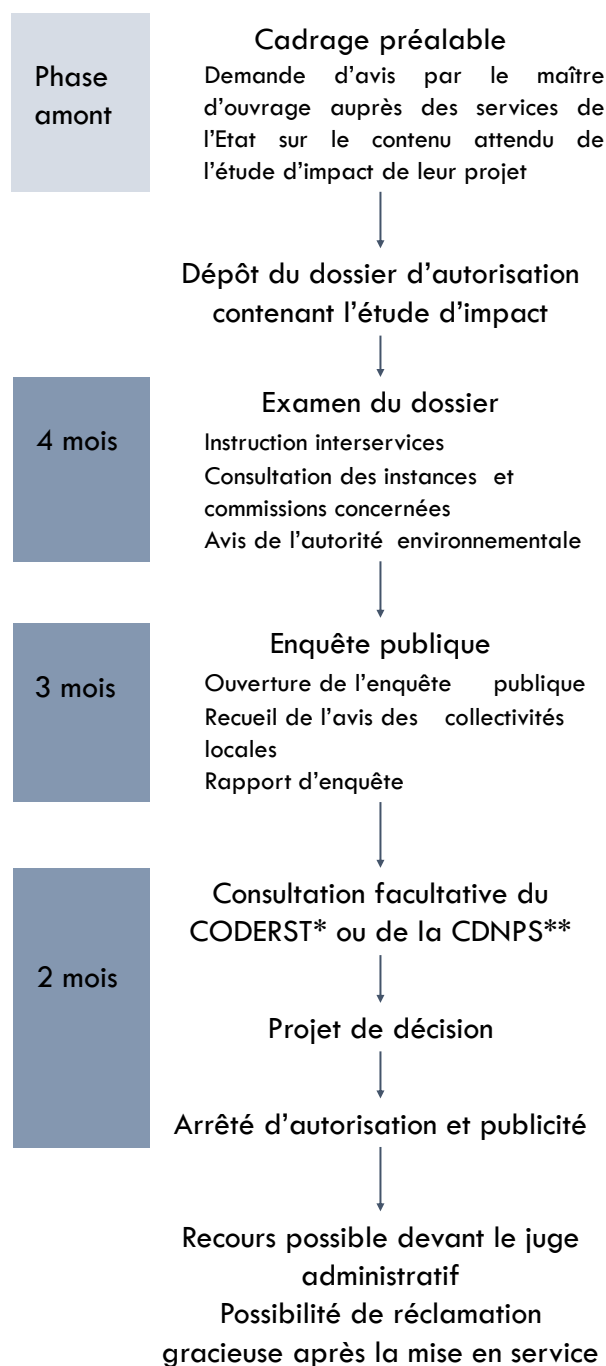


Figure 5 : Procédure d'autorisation d'un projet soumis à étude d'impact (Adapté de Ministère de l'Environnement de l'Énergie et de la Mer, 2017, p. 4)

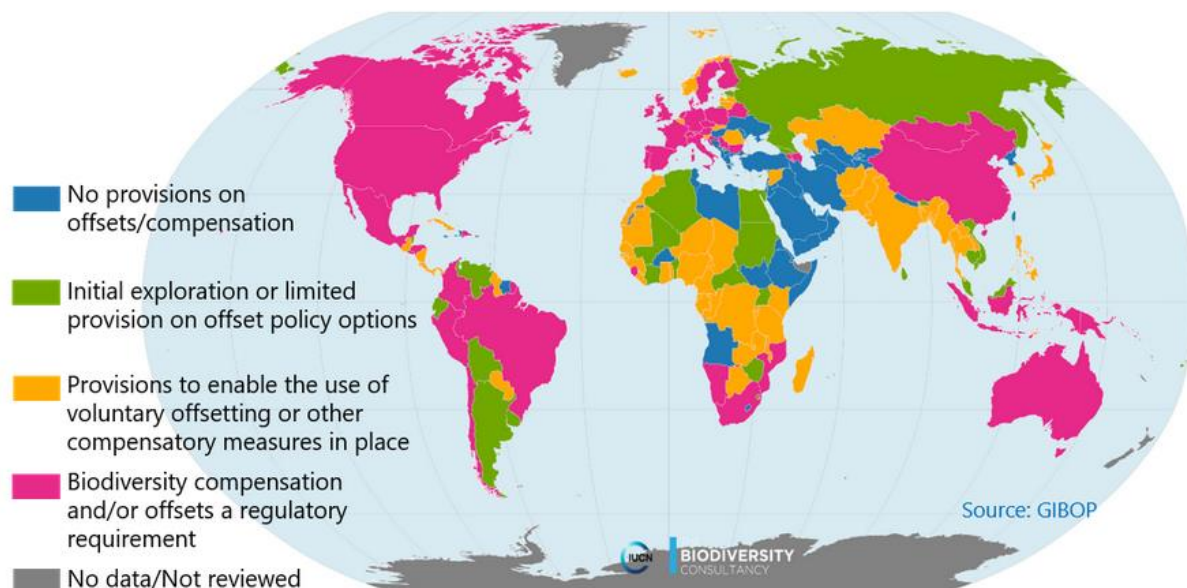
* Conseil de l'Environnement et des Risques Sanitaires et Technologiques

**Commission Départementale de la Nature, des Sites et des Paysages

Encadré 2: Les mesures compensatoires dans le monde

La législation française sur ERC s'inscrit dans le cadre de la législation européenne. Dans le droit européen, la séquence ERC est introduite par la directive Habitats. Celle-ci prévoit que si un projet a une incidence sur un site Natura 2000, en l'absence de solution alternative et pour des raisons d'intérêt public majeur, il peut être autorisé si « *l'Etat membre prend toute mesure compensatoire nécessaire pour assurer que la cohérence globale de Natura 2000 est protégée* » (article 6). Cette directive européenne s'applique à tous les pays membres de l'Union Européenne mais tous n'ont pas adopté comme la France, une législation spécifique rendant obligatoire la séquence ERC.

Au niveau mondial, 37 pays ont rendu obligatoire l'application du triptyque ERC (GIBOP⁶, 2019). Mais seulement 10 d'entre eux imposent une hiérarchisation entre évitement, réduction et compensation. Quand elle n'est pas imposée par la réglementation nationale, la compensation écologique peut être volontaire, ou encore rendue obligatoire par les bailleurs internationaux : la compensation volontaire concerne ainsi 64 autres pays (*Ibid.*). Le programme BBOP (Business and Biodiversity Offsets Programme) a longtemps servi de référence mondiale en matière de doctrine ERC (Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP), 2013) et reprend les grands principes faisant l'objet d'un certain consensus dans les différentes législations (absence de perte nette, priorité à l'évitement et la réduction, etc.). Il a été relayé par le GIBOP qui fait un inventaire mondial des politiques ERC mises en œuvre dans les pays.



A world view – stage of national biodiversity offset policy development

Carte 3 : Etat mondial de la mise en application du dispositif ERC (source : GIBOP <https://portals.iucn.org/offsetpolicy/>)

⁶ Global Inventory of Biodiversity Offset Policies

1.2. Les acteurs de la séquence ERC

Les acteurs de la séquence ERC évoluent à différents niveaux (international, national, régional, local) et sont de différentes natures : institutionnelle, publique, privée, associative, citoyenne (Cf. figure 6). Dans cette thèse, nous nous intéresserons aux acteurs centraux de la mise en œuvre de la séquence ERC : les services de l'État, les aménageurs, et les bureaux d'études en environnement.

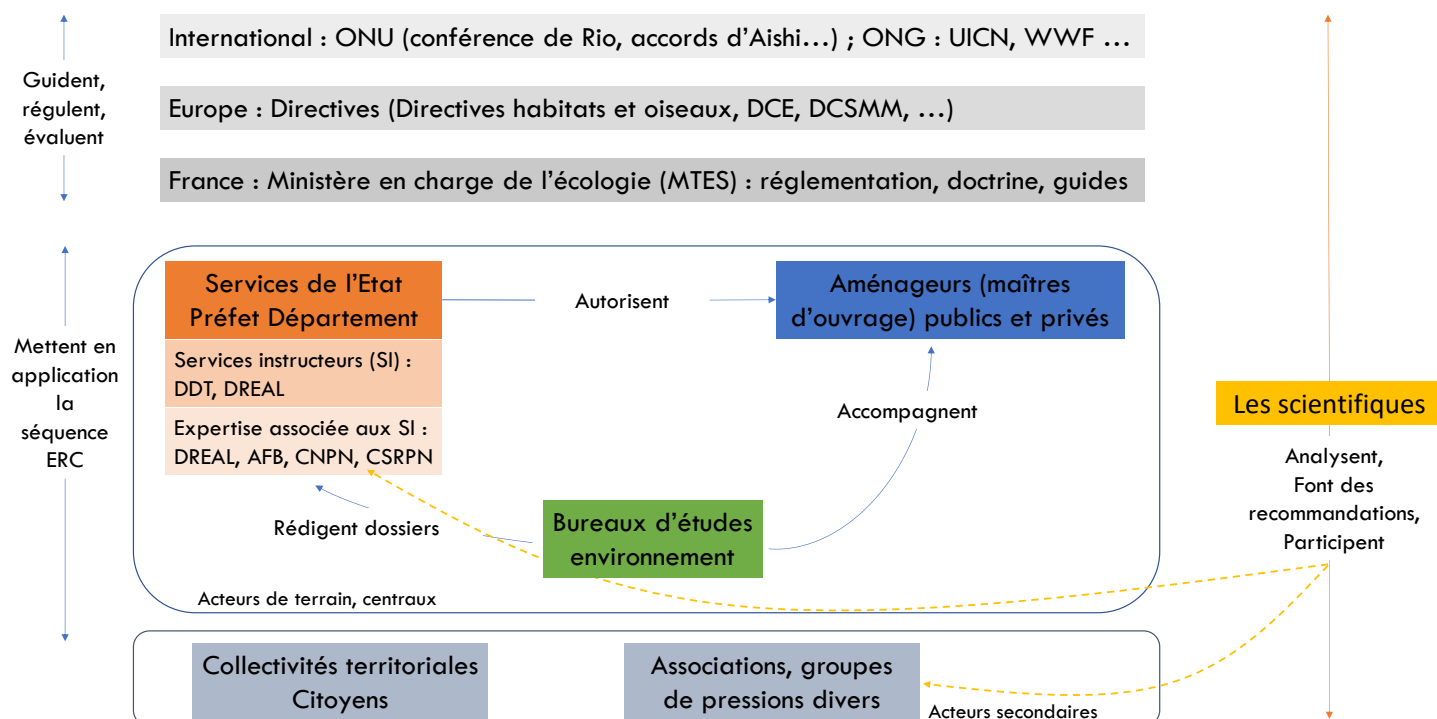


Figure 6 : Les acteurs de la séquence ERC en France (adapté de Pioch, 2017)⁷

1.3. Des recommandations générales pour définir les mesures compensatoires

La loi indique les grands principes que doivent respecter les mesures compensatoires à mettre en œuvre sur les impacts résiduels n'ayant pu être ni évités ni réduits. Pour connaître les attentes de l'Etat sur la manière d'interpréter ces principes, il faut se référer à la doctrine française de 2012 et aux Lignes Directrices parues en 2013. Celles-ci ont été élaborées par un groupe de travail rassemblant divers experts et piloté par le ministère en charge de l'écologie (CGDD, 2013).

⁷ DCE : Directive Cadre sur l'Eau
 DCSMM : Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin
 DDT : Direction Départementale des Territoires
 CNPN : Conseil National de Protection de la Nature
 CSRPN : Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel

La doctrine française, reproduite dans les Lignes Directrices (p. 10 et 11) détaille les exigences à respecter pour la définition des mesures compensatoires (Cf. tableau 2).

Tableau 2 : Principes réglementaires régissant la compensation écologique d'après les Lignes Directrices

Equivalence écologique :
nature des habitats
nature des fonctions réalisées par l'écosystème
degré de fonctionnalité de l'écosystème
hauteur des pertes ou des gains écologiques
Tenir compte du décalage temporel
Additionnalité écologique (gains écologiques) et par rapport aux engagements publics et privés
Proximité géographique (même bassin versant)
Proportionnalité de la compensation par rapport à l'intensité des impacts
Faisabilité (choix d'une technique de restauration écologique et procédures organisationnelles associées)
Efficacité
Tenir compte des risques associés aux incertitudes sur l'efficacité des mesures compensatoires
Conditions de fonctionnement des espaces susceptibles d'être le support des mesures
Suivi de la compensation

Depuis la parution des Lignes Directrices en 2013, le principe d'absence de perte nette (APN) de biodiversité a été introduit par la loi RBNP de 2016 mais aucune recommandation particulière supplémentaire n'a accompagné l'apparition de ce nouveau principe. En effet, quatre autres guides ont été publiés en 2017 et 2018 :

1. guide sur la phase d'évitement (CGDD, 2017a),
2. guide sur les premiers éléments méthodologiques sur les effets cumulés en mer (CGDD, 2017c),
3. guide d'aide à la définition des mesures ERC (CGDD, 2018),
4. guide sur la compensation écologique des cours d'eau (CGDD et al., 2018).

Aucun de ces guides ne revient sur l'interprétation des principes réglementaires exposés dans les Lignes Directrices, ni n'aborde particulièrement l'absence de perte nette de biodiversité.

À ce jour, ce sont donc toujours les Lignes Directrices qui font foi pour identifier les critères que doivent respecter les mesures compensatoires. Il est à noter cependant, qu'elles mentionnent le principe d'absence de perte nette à plusieurs reprises. La fiche n°13 indique que « l'objectif poursuivi de la compensation est donc d'atteindre une non-perte nette de biodiversité et dans certains cas, de tendre vers un gain net » (CGDD, 2013, p. 98), et la non-perte (ou absence) nette de biodiversité est mentionnée également dans la fiche n°15. Nous considérerons donc que les recommandations produites dans les Lignes Directrices sont toujours valables pour définir et dimensionner les mesures compensatoires même si l'introduction du principe d'absence de perte nette (APN) de biodiversité dans la loi est postérieure à leur date de parution.

Selon les Lignes Directrices, pour définir les mesures compensatoires il faut « *déterminer la cible* » et les dimensionner, le tout avec un objectif d'équivalence écologique. D'un point de vue pratique, la définition des mesures compensatoires est décomposée en quatre étapes :

- Définir les modalités de mesure compensatoire (fiche 13)
- Justifier l'additionnalité de la mesure compensatoire (fiche 14)
- Démontrer l'équivalence entre les gains compensatoires et les impacts résiduels significatifs du projet (fiche 15)
- Organiser la maîtrise du site de compensation et assurer sa pérennité (fiche 16)

L'équivalence entre gains compensatoires et impacts résiduels signifie d'après la fiche 15 que les mesures compensatoires sont caractérisées par un « *ciblage et [un] dimensionnement (...) rigoureux scientifiquement et adaptés aux enjeux du territoire et aux objectifs fixés par la réglementation.* » et que le dimensionnement est réalisé à l'aide d'une « *méthode relative à l'évaluation des pertes et gains écologiques* » (Ibid., p. 107). L'équivalence est définie comme un « *ensemble de critères, de méthodes et de processus participatifs visant à évaluer et comparer les pertes écologiques liées à l'impact résiduel significatif d'un projet et les gains écologiques liés à la mesure compensatoire, de manière à cibler et dimensionner cette dernière. L'équivalence d'une mesure compensatoire au regard des impacts résiduels significatifs d'un projet s'apprécie à quatre niveaux : écologique, géographique / fonctionnelle, temporelle et sociétale.* » (Ibid., p. 189)

La démarche d'évaluation de l'équivalence écologique passe par l'évaluation des pertes et des gains, l'application éventuelle de coefficients d'ajustement ainsi que le calcul d'un ratio compensatoire. Le ratio compensatoire est le rapport mathématique entre les pertes et les gains. Le calcul d'un ratio au cas par cas constitue selon les Lignes Directrices l'étape de dimensionnement proprement dite :

Ratio de compensation = coefficient d'ajustement x pertes / gains

Mais cette étape de calcul découle directement des résultats des évaluations des pertes et des gains ainsi que des coefficients d'ajustement. Par commodité, nous élargirons le dimensionnement à l'ensemble de ces opérations. **Nous parlerons, dans ces travaux de recherche, indifféremment de méthode de dimensionnement ou de méthodes d'évaluation des mesures compensatoires, ou de méthodes d'évaluation de l'équivalence écologique et de l'absence de perte nette de biodiversité (ME).**

Les Lignes Directrices précisent également les principes que doivent respecter les méthodes :

- Tenir compte de l'état initial des sites impactés et des sites de compensation
- Tenir compte de la dynamique d'évolution des sites
- Calculer pertes et gains en comparant les états écologiques des sites avant et après projet, évaluations réalisées sur la base des mêmes indicateurs et des mêmes unités.

Ainsi les Lignes Directrices tracent les grands principes techniques que les ME doivent respecter, tout en laissant la liberté de les construire. Elles donnent quelques exemples de ME existantes. C'est au maître d'ouvrage de produire la démonstration requise dans le dossier d'autorisation, c'est à dire de justifier ses choix : « *les modalités de détermination des ratios évalués [à l'aide d'une méthode] sont justifiés dans le dossier de demande* » (Ibid., p.112). Au

final, la réglementation n'impose pas de ME particulière, elle donne un objectif, ainsi que des principes méthodologiques très généraux.

Ces recommandations sur la définition et le dimensionnement des mesures compensatoires s'inscrivent dans une dynamique nationale de parutions de guides et de rapports destinés à accompagner la mise en œuvre de la séquence ERC, ainsi que l'organisation de colloques sur le sujet. (Cf. tableaux 1 et 2 détaillant les références en annexe n°2). La figure 7 montre l'accélération des publications en 2016 et 2017 (Publications des premières ME et des premiers guides Thema du MTES).

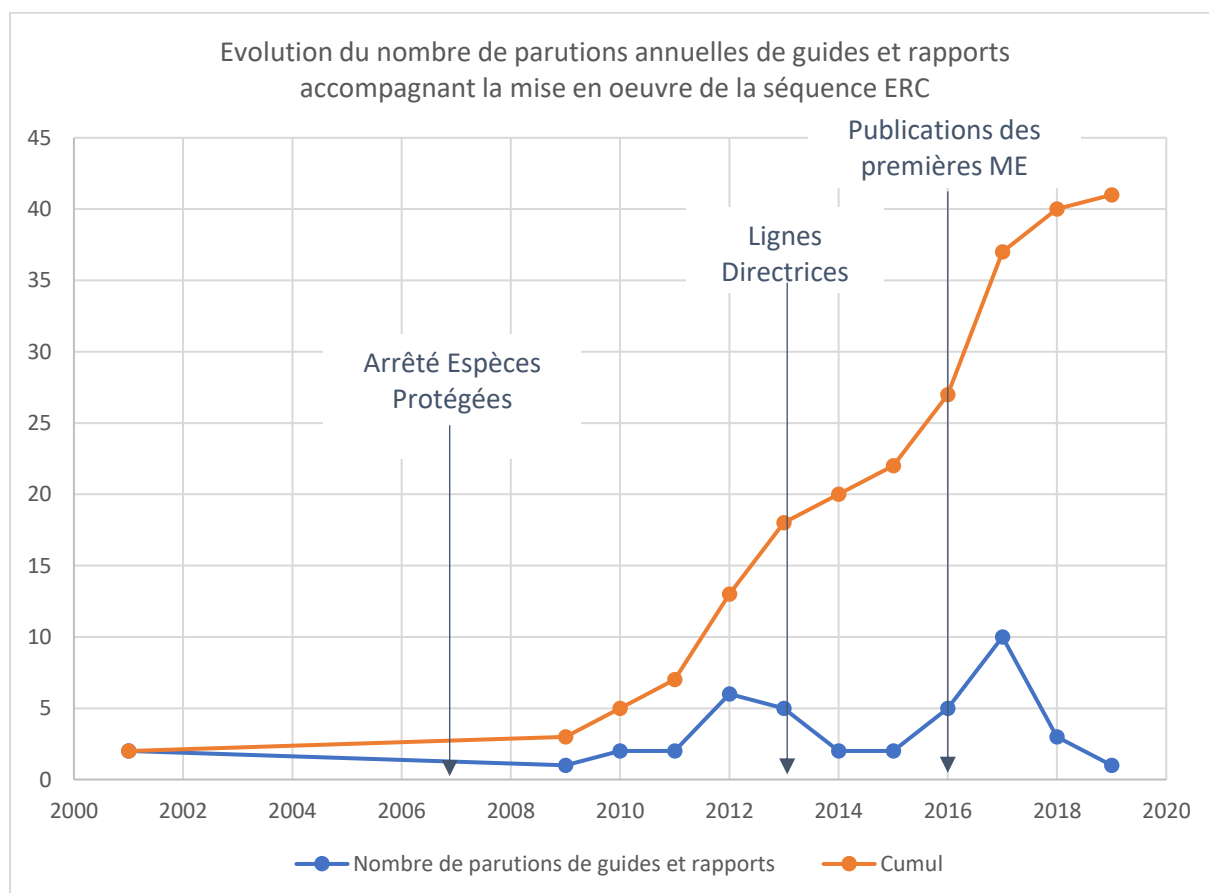


Figure 7 : Evolution du nombre de parutions annuelles de guides et rapports accompagnant la mise en œuvre de la séquence ERC

1.4. Emergence du besoin de méthodes d'évaluation des mesures compensatoires (ME)

Le calcul du ratio compensatoire à l'aide d'une ME constitue une nouveauté dans les Lignes Directrices. En effet, jusque-là, des ratios fixes, déterminés à l'avance étaient utilisés.

Ces ratios fixes s'appliquent aux surfaces des zones aménagées et des zones de compensation sans tenir compte d'aucun paramètre écologique propre à ces zones. Un ratio de 1 pour 2 signifie que la surface de la zone de compensation doit être deux fois plus grande que la surface de la zone impactée, sans tenir compte de l'état écologique des zones en question ou

du niveau des impacts. La Doctrine Nationale insiste pour abandonner cette pratique : « *En dehors des cas où leurs minimums sont prévus au niveau de textes ou de documents cadre (SAGE, SDAGE, etc.), les ratios ou coefficients d'ajustement ne sont pas utilisés de manière systématique et ne constituent pas une donnée d'entrée. Lorsqu'ils sont utilisés pour dimensionner une mesure compensatoire, ils doivent en effet être le résultat d'une démarche analytique visant à atteindre les objectifs recherchés et intègrent :*

- *la proportionnalité de la compensation par rapport à l'intensité des impacts ;*
- *les conditions de fonctionnement des espaces susceptibles d'être le support des mesures*
- *les risques associés à l'incertitude relative à l'efficacité des mesures ;*
- *le décalage temporel ou spatial entre les impacts du projet et les effets des mesures. »*

(Extrait de : Commissariat Général au Développement Durable (CGDD), 2013, p. 11)

En effet, on retrouve dans les documents guidant les pratiques avant la parution des Lignes Directrices, des références à ces ratios fixés à l'avance. La doctrine de la DIREN PACA⁸ qui date de 2009 (Cf. figure 8) fait référence à des ratios fixes, déterminés a priori, de même qu'une note de la DREAL Franche Comté et du Ministère de l'écologie de 2011.

Pour la compensation des zones humides, les SDAGE⁹ imposent des ratios qui varient de 100% à 200% de la surface de zone humide impactée. Ainsi, un guide de la DREAL Bretagne de 2012 rappelle les ratios fixés par le SDAGE du bassin Loire-Bretagne (DREAL Bretagne, 2012, p.15)

« *En fonction de la qualification de l'impact, la mesure devra intégrer des « ratios ». Ces ratios demandent des calculs dont les unités doivent être les mêmes que celles utilisées lors de la quantification ou la qualification des impacts. Aujourd'hui, il est clair que l'unité de mesure reste essentiellement la surface. Pour autant, cette unité est loin d'être unique car d'autres facteurs interviennent dans l'évaluation de la sensibilité des milieux et des espèces à un projet.*

Les facteurs suivants doivent être également analysés même si ceux-ci ne peuvent pas faire l'objet d'une quantification :

- *La diversité et la patrimonialité des habitats ou espèces impactées, le maintien de la fonctionnalité, en favorisant la connectivité entre des espaces naturels au lieu de stimuler des îlots de conservation,*
- *la cohérence écologique des aires de répartition de ces espèces et habitats, celles impactées par le projet et celles bénéficiant des mesures compensatoires,*
- *le maintien ou le développement de services rendus par les milieux ainsi compensés (production, Tourisme)...*

Si ces facteurs sont importants, la surface de la mesure compensatoire reste le principal élément de discussion. Elle exprime « la valeur patrimoniale » de la perte observée. Plus un habitat ou une espèce a une valeur patrimoniale forte, plus la surface à compenser sera multipliée par un ratio important, et ce quelle que soit la valeur de la surface consommée. Les ratios observés jusqu'à présent peuvent atteindre une valeur de 10 ha compensés pour 1 ha consommé. »

Figure 8 : Extrait de la doctrine de la DIREN PACA (2009), p. 16

Ainsi, au début des années 2010, si sur le terrain les mesures compensatoires sont dimensionnées à l'aide de ratios surfaciques fixes, **les instances nationales commencent à recommander de recourir à des méthodes de dimensionnement**, au travers des Lignes Directrices.

⁸ Direction Régionale de l'Environnement de Provence-Alpes-Côte d'Azur

⁹ Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

Ces recommandations s'inscrivent dans la lignée des réflexions menées au sein des institutions et s'inspirent notamment des pratiques d'autres pays, celles des Etats-Unis en particulier. En effet, deux rapports institutionnels rendent compte des pratiques en vigueur à l'étranger, notamment en ce qui concerne l'utilisation de méthodes. Le rapport de l'Onema¹⁰ sur la compensation des zones humides (Barnaud et Coïc, 2011) décrit une vingtaine de méthodes utilisées aux Etats-Unis. L'étude de parangonnage réalisée à la demande du ministère en charge de l'écologie sur la mise en œuvre de la séquence ERC dans le monde (Morandea et Vilaysack, 2012) décrit également plusieurs méthodes, autres que pour les zones humides notamment. Ce dernier document relève la nécessité d'y recourir tout en reconnaissant le challenge que représente leur développement : « *Mettre en place des mesures compensatoires requiert une méthodologie d'évaluation des pertes et des gains écologiques qui, à ce jour, fait défaut dans la plupart des pays étudiés.* »
« *La nécessité d'une méthode robuste scientifiquement s'oppose au besoin d'une méthode accessible pouvant être mise en place dans un temps court et à moindre coût.* » (Ibid, p. 56)

Sur le terrain, la préoccupation pour les ME ressort également. C'est le cas en Languedoc-Roussillon dans lequel un groupe de travail piloté par la DREAL réunit les différentes parties prenantes de la séquence ERC avec l'objectif d'améliorer les études d'impacts. Dans le compte-rendu de la réunion du 19 juin 2014, il est fait état de la « *difficulté à déterminer les surfaces à compenser, leur emplacement, les modalités de compensation, le mode de gestion, suivi. Double compétence nécessaire: foncier et écologique. Manque de méthode partagée pour l'évaluation. Problème de compréhension des méthodes de dimensionnement.* » (p. 11). Il conclut qu'« *il convient de continuer à travailler sur ces aspects dans la lignée du groupe de travail mis en place par la DREAL, ou des travaux du CEFÉ - CNRS.* » (p. 4). Ce constat a d'ailleurs conduit à une collaboration avec le laboratoire du CEFÉ pour le développement d'une méthode baptisée « Méthode d'Evaluation Rapide de la Compensation des Impacts écologiques » (MERCIE) en 2015-2016, collaboration qui a contribué à faire émerger ce projet de thèse (Mechin et Pioch, 2016; Jacob et Pioch, 2014). Il est intéressant de noter la remarque que fait ce groupe de travail sur la difficulté à comprendre les méthodes de dimensionnement. Cela fait écho au constat exposé dans l'introduction sur l'hétérogénéité des compétences, des connaissances et des parcours des agents des services de l'État.

Ainsi, dans le courant des années 2010, le ministère en charge de l'écologie, l'Onema puis l'AFB, et les acteurs de terrain sont unanimes sur la nécessité de se doter de véritables méthodes pour évaluer l'atteinte de l'absence de perte nette par les mesures compensatoires. Ce besoin a été repris, au sein du parlement, par le rapport de la mission sénatoriale Dantec présenté au sénat en 2017 (Dantec, 2017). La figure 9 met en parallèle les évolutions réglementaires et l'évolution des modalités d'évaluation des mesures compensatoires.

1.5. Conclusion

L'analyse de la réglementation française et de ses recommandations d'application vont clairement dans le sens de la **nécessité d'utiliser des méthodes d'évaluation de l'équivalence écologique et de l'absence de perte nette de biodiversité pour définir les mesures compensatoires.**

¹⁰ Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

Ch 1- Le contexte de notre recherche : la séquence ERC et les mesures compensatoires en France



Figure 9 : Parallèle entre l'évolution réglementaire de la séquence ERC en France et les modalités d'évaluation des mesures compensatoires depuis ces 13 dernières années (conception : A. Mechin)

2. Les enjeux d'opérationnalité des méthodes dans la littérature scientifique

Nous avons indiqué en introduction que le contexte français actuel suggérait de possibles freins pratiques à l'appropriation massive des ME en raison de la diversité des situations et des profils des acteurs de la séquence ERC. Il s'agit dans cette partie d'analyser le contenu des publications scientifiques internationales sur les ME afin de vérifier si et comment y sont traités les enjeux opérationnels.

2.1. Les enjeux opérationnels absents de la littérature scientifique sur les méthodes d'évaluation des mesures compensatoires

Cette partie fait l'objet d'une publication dans la revue Vertigo : Mechin et Pioch, 2019. « Séquence ERC : comment améliorer l'utilisation des méthodes de dimensionnement de la compensation ? » (Cf. annexe n°1)

Le sujet de la compensation écologique fait son apparition dans les revues scientifiques au début des années 80 en lien avec le développement des politiques publiques mettant en œuvre ce dispositif (Calvet, Guillaume, et al., 2015). L'intérêt scientifique est parti des Etats Unis pour se développer en Australie, au Canada et au Royaume-Uni à la fin des années 90. Il se généralise, comme thème de recherche dans les pays européens et le reste du monde dans les années 2000. Les résultats des travaux de recherche en écologie, géographie ou économie, alertent sur les limites écologiques du dispositif (évoquées en introduction) et produisent des recommandations et des analyses sur l'évaluation des mesures compensatoires. La question la plus traitée est celle de la mesure des pertes, des gains, et de la biodiversité (Gonçalves et al., 2015). En effet, Gonçalves et al. (Ibid.) ont fait une revue des articles parus entre 1999 et 2014 sur la séquence ERC afin d'identifier les questions les plus traitées. Ils identifient des sujets qu'ils qualifient de « pratiques » :

- Degré d'application de la réglementation
- Suivi des résultats des mesures compensatoires
- Transparence de la mise en œuvre et du suivi de la compensation
- Crédits de compensation

Ces sujets font l'objet d'environ 190 analyses sur les 207 articles étudiés, alors que les sujets dits « conceptuels » (les métriques, l'équivalence, l'additionnalité, les ratios, le décalage temporel, la durée, etc.) mobilisent environ 380 analyses. Les sujets « pratiques » de ces articles sont relatifs à la mise en application de la séquence ERC mais pas aux enjeux opérationnels relatifs aux ME tels que nous les avons identifiés.

En complément de cette revue, nous avons analysé une sélection d'articles¹¹ relatifs à l'évaluation des mesures compensatoires proprement dites. L'objectif était d'identifier dans

¹¹ Sélection faite par une requête sur Web of Science sur tous les articles en anglais de la base parus entre 2008 et 2018

Mots-clés : no net loss, biodiversity offset*, ecological equivalenc*, method*, calcul*, operational*, practic*
Requête : (TS = ((« no net loss” OR “biodiversity offset*” OR ecological equivalenc*”) AND (method* OR calcul*)) NOT TS=(carbon)) AND LANGUAGE: (English) AND DOCUMENT TYPES: (Article) OR (TS = ((« no net loss” OR

quelle mesure les enjeux liés à l'utilisation pratique des ME, c'est-à-dire à leur opérationnalité étaient traités. Nous avons restreint notre analyse aux articles publiés sur la période 2008-2018, en langue anglaise. Ces articles abordent le sujet des ME sous différents angles :

- Ils présentent, analysent des ME existantes, et étudient des cas d'application,
- Ils proposent une nouvelle ME,
- Ils font des recommandations générales sur les ME, les critères à prendre en compte, le choix des métriques d'évaluation, l'interprétation des concepts clés de la compensation écologique (absence de perte nette de biodiversité, équivalence écologique, pertes, gains).

Le tableau 4 en annexe n°4 détaille ces articles.

Nous avons recherché dans cette sélection d'articles dans quelle mesure les enjeux opérationnels des ME étaient traités. Nous avons distingué :

- les articles qui n'en parlent pas du tout,
- les articles qui évoquent vaguement le sujet,
- les articles qui abordent le sujet en détail mais n'en font pas un axe majeur de leur recherche,
- les articles dont c'est le sujet central.

Le résultat est qu'aucun article traitant des méthodes d'évaluation des mesures compensatoires n'a pour sujet central, leur opérationnalité. Seulement 7 articles sur 30 abordent le sujet, soit vaguement, soit en détail mais sans que cela soit un axe central de la recherche présentée (cf. figure 10).

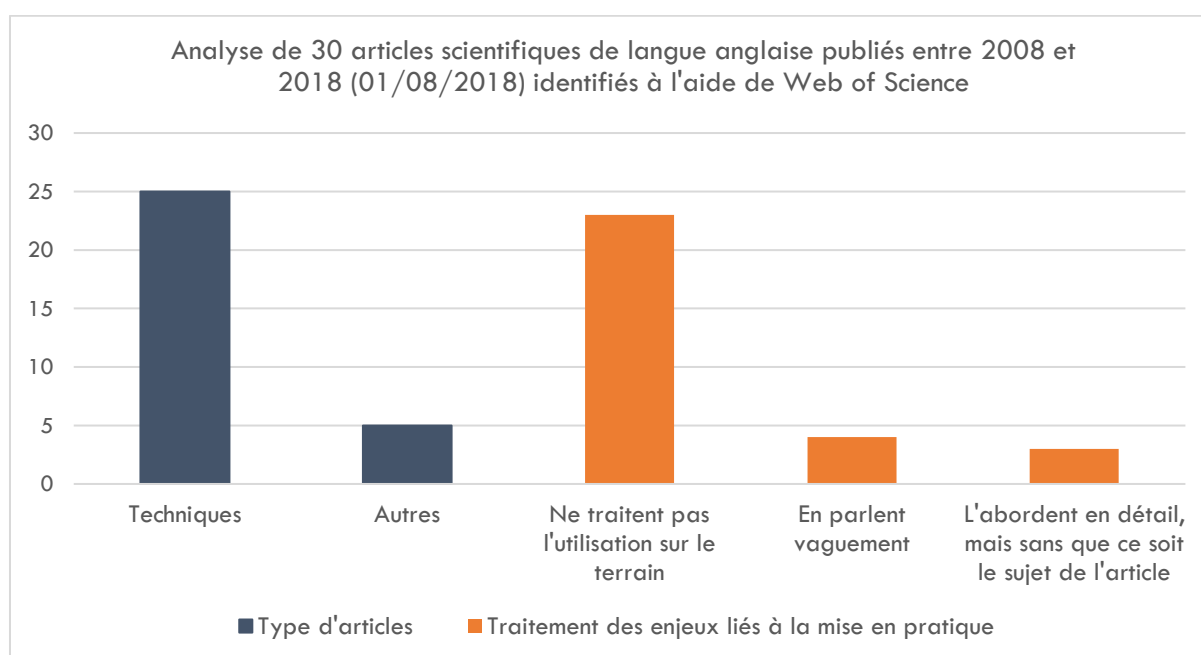


Figure 10 : L'opérationnalité dans les articles scientifiques traitant des méthodes d'évaluation des mesures compensatoires

“biodiversity offset*” OR ecological equivalenc*”) AND (operational* OR practice*) NOT TS=(carbon)) AND LANGUAGE: (English) AND DOCUMENT TYPES: (Article)

Parmi ceux-là, deux articles de Bezombes et al. (2018 ; 2017) proposent de définir l'opérationnalité avec des critères qui permettent soit d'évaluer les ME étudiées, soit de guider la conception d'une nouvelle ME. Ces critères sont la rapidité de mise en œuvre, les modalités de définitions des indicateurs (sont-ils prédéfinis ou non), la disponibilité des données nécessaires et enfin les modalités de définition des mesures compensatoires (possibilité de compensation dite « *like for unlike* », c'est-à-dire ne respectant pas une stricte équivalence écologique en termes de type d'écosystème).

Les autres articles restent plus superficiels sur le sujet de l'opérationnalité. Miller et al. (2015) ainsi que Rowe et al. (2009) relatent le développement de ME auxquelles les praticiens, futurs utilisateurs, ont été associés : cela reflète un certain degré de prise en compte de leurs besoins. Maseyk et al. (2016) présentent une ME développée avec l'objectif qu'elle soit opérationnelle mais n'en dit pas plus. Mann (2015) relève la difficulté à proposer des ME « *simples* », illustrant ici la difficulté à formuler de façon plus explicite et plus approfondie la nécessaire opérationnalité de ces outils. Enfin, Koh et al. (2017) dans l'étude de cas qu'ils exposent, relatent que la ME utilisée a été jugée difficile à comprendre pour les non experts.

Cette analyse souligne d'une part à quel point **les enjeux liés à l'utilisation des méthodes sur le terrain sont peu traités** dans les articles scientifiques, et d'autre part, que lorsqu'ils sont abordés, ils sont traités à la marge, même si certaines remarques des auteurs suggèrent que ces enjeux sont à prendre en considération.

2.2. Des difficultés de mise en œuvre de la séquence ERC à relier au manque de méthode d'évaluation des mesures compensatoires

Le fait que la doctrine française ne propose pas de méthode d'évaluation des pertes et de gains est critiqué (Quétier et al., 2014). De même, Bull, Lloyd, et al., (2016) recommandent que les politiques publiques soient accompagnées de guides pour déterminer les ratios compensatoires ou les coefficients d'ajustement, constatant la faiblesse des ratios mis en œuvre sur le terrain dans de nombreux pays. Vanpeene-Bruhier et al., (2013) et Jacob et al., (2015) relèvent la faiblesse scientifique des argumentaires des maîtres d'ouvrages dans les dossiers et le manque de méthodologie. Billy et al. (2015) analysent le cas du projet d'aéroport de Notre Dame des Landes ; ils insistent sur l'importance d'évaluer correctement les états initiaux des sites aménagés pour bien évaluer la dette compensatoire, de justifier solidement le choix des méthodes d'évaluation des pertes et des gains et enfin d'utiliser des ME « *intelligibles pour le public* » (p. 33)

Plusieurs travaux de recherche portant sur la situation française soulignent l'absence de méthodes d'évaluation des mesures compensatoires et les effets que cela peut entraîner.

Bigard et al. (2017) ont montré les confusions sémantiques entre les définitions des mesures d'évitement, de réduction, de compensation et d'accompagnement dans une quarantaine études d'impacts, en France. Au total, 77% des mesures d' E, de R et d'accompagnement ne respectaient pas les définitions de la doctrine française et des Lignes Directrices. En effet, des mesures présentées comme compensatoires ou d'évitement relevaient en fait, de la réduction ou de l'accompagnement. Ces confusions révèlent une mauvaise compréhension des définitions et du concept central, sous-jacent à la séquence ERC, d'atténuation puis de

compensation des impacts biophysiques d'un projet d'aménagement. Elles peuvent s'expliquer par le manque de définitions claires et d'exemples (que la publication du guide d'aide à la définition des mesures ERC par le CGDD en 2018 avait pour but de combler) mais également par l'absence de ME de référence permettant de guider le raisonnement des mesures compensatoires (la période étudiée dans les recherches de Bigard et al. est 2006-2016).

L'étude de Weissgerber et al. (2019) sur des projets autorisés en France entre 2012 et 2016 montre que la compensation se fait en majorité sur des sites naturels ou semi-naturels choisis en raison de la présence d'indicateurs permettant de conclure que l'état final attendu sera atteint (par exemple : présence sur le site de l'espèce ciblée par les mesures compensatoires). Cela sous-entend en réalité que les gains sont très faibles. En outre, la qualité initiale des sites de compensation est dans la majorité des cas non évaluée. Dans ce cas, les gains ne peuvent pas l'être non plus. Cette analyse montre clairement le défaut de méthode (et d'exigence) en termes d'évaluation de la compensation écologique en France.

Si le besoin de ME est clairement exprimé sur le terrain, au niveau institutionnel et dans les publications scientifiques, les derniers travaux de recherche analysant la mise en œuvre de la politique ERC en France renforcent encore ce constat.

2.3. Les mesures compensatoires, un sujet de société

La compensation écologique et les notions d'équivalence écologique et d'absence de perte nette (voire de gain net) qui lui sont associées font l'objet de controverses (Devictor, 2018 ; Moreno-Mateos et al., 2015) et peuvent donner matière à discussions et à différentes interprétations (Bull, Gordon, et al., 2016 ; Bull et al., 2013 ; Quétier et Lavorel, 2011).

En outre, les mesures compensatoires concernent la biodiversité protégée d'une façon ou d'une autre (zones humides, listes d'espèces et d'habitats protégées, zone Natura 2000), donc la biodiversité « mesurée », « perdue » ou « gagnée » est reliée à des valeurs humaines (Moreno-Mateos et al., 2015). De même, le choix des références à partir desquelles sont calculées pertes et gains correspond aux choix de la politique de conservation. Alors que les écosystèmes ne sont pas substituables, mettre en œuvre le dispositif de la compensation implique d'accepter que certaines pertes sont inévitables, la définition du type de perte « acceptable » dépend de choix sociétaux (Maron et al., 2016 ; Gardner et al., 2013). Enfin, Bull, Lloyd, et al. (2016) et Maron et al. (2016) proposent, de manière originale, de tenir compte dans les calculs d'équivalence de considérations sociales ou éthiques, par l'utilisation de coefficients multiplicateurs spécifiques.

Ces publications nous alertent sur le fait que des acteurs de terrain amenés à collaborer sur un projet peuvent avoir des positions ou des interprétations différentes. Cela peut rendre l'application de la séquence ERC plus compliquée que prévu en l'absence de méthodes normalisées et solides sur le plan scientifique, ou bien constituer un obstacle à l'adoption d'une méthode qui ne coïnciderait pas avec le point de vue de l'utilisateur potentiel. Ainsi, ces questions font partie intégrante des enjeux liés à l'utilisation des méthodes.

2.4. Conclusion

Il ressort de l'analyse bibliographique des articles traitant de la séquence ERC et plus particulièrement des méthodes d'évaluation de l'équivalence écologique et de l'absence de perte nette de biodiversité que :

- Les enjeux opérationnels des méthodes sont quasiment absents de la littérature scientifique
- La nécessité de méthodes d'évaluation en France est un constat partagé dans la communauté scientifique et renforcé par les dernières études relatives à la mise en œuvre des mesures compensatoires en France
- Les questions relatives à la compensation écologique ne sont pas uniquement des questions d'ordre scientifique mais aussi des questions de société dont la nature est à prendre en compte dans les enjeux d'opérationnalité des méthodes.

En outre, les enjeux technico-scientifiques (cf. encadré 3) sont particulièrement complexes dans un contexte d'incertitude liée à l'insuffisance des connaissances scientifiques et à la nature même des objets considérés. Cela nous conduit à supposer particulièrement contraignante l'exigence d'opérationnalité que nous associons aux méthodes.

Encadré 3 : Les principales recommandations techniques sur l'évaluation des mesures compensatoires issues des publications scientifiques

Les concepts d'équivalence écologique, de pertes et de gains ne sont pas clairement fondés sur le plan scientifique (Devictor, 2018) et cela rend d'autant plus complexe la construction de méthodes d'évaluation. Pour autant, de nombreux travaux font état de recherche autour de ces notions et font des recommandations sur leur interprétation et sur les modalités d'évaluation.

Les pertes et les gains peuvent concerner la biodiversité mais aussi des fonctions ou des services écosystémiques (Bull et al., 2013). Mesurer les pertes et les gains implique de choisir des indicateurs et des métriques. Puis de les exprimer dans une unité ou une autre (unités de compensation, habitat/hectare, etc.). Leur choix est particulièrement crucial car il influe sur le résultat, en mettant davantage l'accent sur la perte ou le gain d'un composant ou d'un autre.

Il existe de nombreuses possibilités de choix d'unités de mesures et de métriques. Les scientifiques s'accordent pour exclure de mesurer pertes et gains par la surface d'emprise (Quétier et Lavorel, 2011) et préfèrent proposer des panels de variables pour les qualifier (Gonçalves et al., 2015). Dans ce cas, leur choix doit être guidé par les composants de la biodiversité que cible la compensation (Quétier et Lavorel, 2011). En outre, pertes et gains s'évaluent par rapport à une référence écologique : trajectoire de la biodiversité stable ou déclinante ; état écologique d'écosystème naturel ou plus ou moins anthropisés (Bull et al., 2013 ; Sutula et al., 2006). Cette référence doit être explicite. Son choix est particulièrement crucial dans la mesure où il détermine le niveau de pertes et de gains (Maron et al., 2015; Bull et al., 2013).

Les recommandations de ces différents auteurs portent également sur la prise en compte de la durée des mesures compensatoires par rapport à la durée des impacts (le plus souvent irréversibles) : leurs effets doivent durer tant que les impacts sont effectifs. Le décalage temporel entre les impacts et les mesures compensatoires est également à prendre en compte. En effet, certains écosystèmes peuvent mettre beaucoup de temps à se former (cas des écosystèmes forestiers par exemple) ; ainsi même si les mesures compensatoires sont mises en œuvre au moment du démarrage des travaux d'aménagement, il y aura toute une période pendant laquelle l'écosystème impacté aura été détruit et l'écosystème de compensation n'aura pas encore atteint le stade voulu (Moreno-Mateos et al., 2015).

Il est également question des incertitudes sur les trajectoires écologiques, rendant incertains les bénéfices attendus des mesures compensatoires (Bull et al., 2013). Ces incertitudes sont accrues par le manque de connaissances en biologie de la conservation et en restauration écologique, ces disciplines scientifiques étant jeunes, ainsi que par l'inévitable décalage entre récentes avancées scientifiques et déploiement en pratique (Calvet, Napoleone, et al., 2015).

Enfin, Bigard et al. (2020) préconisent une approche de la compensation à l'échelle territoriale plutôt qu'à l'échelle des projets pour pouvoir mettre davantage l'accent sur les étapes de réduction et d'évitement.

3. Opérationnalité des ME développées en France

Alors que le besoin de ME en France est clairement avéré, quelles ME existent ou sont en cours de développement, aujourd'hui en France, et comment se situent-elles par rapport aux enjeux opérationnels ?

3.1. Les différentes ME développées en France

Dans ce contexte d'abondance de travaux scientifiques sur les modalités d'évaluation des pertes et des gains écologiques, et dans lequel le besoin de ME fait l'unanimité chez les acteurs de la compensation en France, différentes démarches de développement ont vu le jour, sous l'impulsion notamment de l'Onema dès 2013-2014 (Cf. tableau 3).

L'Onema, en collaboration avec le MNHN¹², le bureau d'étude Biotope et l'IRSTEA¹³ a produit une méthode d'identification des fonctions des zones humides. Il ne s'agit pas d'une méthode d'évaluation de ratio mais d'une méthode pour démontrer l'équivalence fonctionnelle entre zones humides détruites et zones humides de compensation. Elle a été publiée en 2016 et est devenue la méthode nationale de référence pour l'identification des zones humides (Gayet et al., 2016a).

L'Onema a également financé les travaux du CEFE pour identifier puis développer une méthode expérimentale complémentaire destinée, quant à elle, spécifiquement au dimensionnement de mesures compensatoires en zones humides. Il s'agit des travaux d'état des lieux des besoins et attentes en France (Jacob et al., 2015 « Vers une politique française de compensation des impacts sur la biodiversité plus efficace : défis et perspectives ; Jacob et Pioch, 2014 : Protocoles expérimentaux d'aide aux services instructeurs dans l'analyse de dossiers compensatoires) et de recherches aboutissant à la méthode MERCIe (Mechin et Pioch, 2016) développées en préalable à cette thèse.

D'autres équipes de recherche, en France, ont également pris l'initiative de développer des méthodes en collaboration avec des acteurs de terrain (aménageurs ou bureaux d'études) :

- Le CEFE et le bureau d'études Créocéan pour une méthode de dimensionnement des mesures compensatoires en milieu marin : Mitimed (Jacob, 2017 ; Bas et al., 2016)
- Le CEFE, l'Ifreco¹⁴ et le bureau d'études Marex pour une méthode de dimensionnement des mesures compensatoires en milieu corallien : MERCI-Cor (Pinault et al., 2017 ; Pioch et al., 2017)
- L'IRSTEA et EDF pour une méthode d'évaluation de l'équivalence écologique : Ecoval (Bezombes et al., 2018)

Ces méthodes n'ont pas exactement le même périmètre d'utilisation. En effet, plusieurs d'entre elles ciblent des milieux spécifiques (milieu marin, écosystèmes coralliens...). En outre, certaines ont vocation à calculer un ratio compensatoire, via le calcul des gains et des pertes

¹² Museum National d'Histoire Naturelle

¹³ Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

¹⁴ Initiative Française pour les Récifs Coralliens, programme piloté par le Ministère en charge de l'écologie

écologiques (approche quantitative), d'autres ciblent l'équivalence fonctionnelle (approche qualitative). Ces deux approches sont complémentaires et nécessaires pour évaluer l'atteinte de l'absence de perte nette de biodiversité. Enfin, elles ne sont pas toutes au même stade d'avancement. Si la méthode nationale de référence pour l'identification des zones humides (MNZH) est finalisée et recommandée d'utilisation par les services de l'État, les autres sont encore à des stades expérimentaux (excepté Mitimed).

Parallèlement, certains bureaux d'études ont développé leur propre méthode pour les dossiers de leurs clients. Parmi eux, on peut citer ECO-MED, Egis et Biotope, dont les méthodes étaient identifiées dès 2013 par les services instructeurs du Languedoc-Roussillon (Pariente, 2013). Les bureaux d'études Ecosphère et Naturalia disposent également de leur méthode. Il est difficile de citer ces méthodes de façon exhaustive, étant donné leur foisonnement, leurs variations possibles d'un dossier à l'autre, leur adaptation au cas par cas, d'autant qu'elles ne sont pas publiées.

Il existe également une méthode d'évaluation des dommages écologiques développée sous le pilotage du ministère en charge de l'écologie par un groupe d'experts, entre 2014 et 2017 (CGDD, 2017b). Cette méthode ne rentre pas dans le cadre de la mise en œuvre de la séquence ERC, mais dans celui de la loi de Responsabilité Environnementale (loi n° 2008-757 du 1^{er} août 2008 sur la responsabilité environnementale). Elle permet de déterminer quelles mesures sont à réaliser en compensation d'un dommage environnemental accidentel de faible gravité. Elle reprend les mêmes principes que les ME à la différence que l'état initial de la zone dégradée est inconnu (par définition, s'agissant d'accident, donc non autorisé), mais a contrario, on dispose de son état final.

Enfin, l'AFB et le MTES ont lancé un groupe de travail en 2018 pour définir une méthode nationale, dont l'objectif a évolué vers la définition d'une approche standardisée nationale. Le groupe de travail devra définir une approche de référence pour toutes les méthodes utilisées (socle commun). Cette approche complète les Lignes Directrices qui brossaient des objectifs et principes généraux.

Tableau 3 : Les méthodes développées en France

Type de milieu	Méthode	Institutions de rattachement des auteurs	Année de parution	Supports associés	Stade	Type d'évaluation
Milieu marin	Mitimed	CEFE - Créocéan	2016	Thèse	Publiée – utilisée sur un projet	Quantitative
Milieu marin –récif corallien	Merci-Cor	CEFE – Ifreco - Marex	2017	Guide (50 p.) + ateliers de formation	Publiée - 4 ateliers de formation (DEAL). Recommandée par certains services instructeurs et l'Ifreco	Quantitative et qualitative
Zones humides	MERCle	CEFE – AFB (ex-Onema)	2016	Rapport (85 p.) + ateliers	Expérimentale	Quantitative
Zones humides continentales	Méthode nationale fonctions ZH (MNFZH)	AFB - MNHN	2016	Guide (190 p.) + tableur + formation	Publiée – recommandée par certains services instructeurs	Qualitative
Zones humides continentales	Méthode nationale d'aide au dim. ZH	AFB - MNHN	-	-	En cours de développement	Quantitative
Tous milieux	Méthode Ecoval	IRSTEA – EDF – MNHN	2017	Thèse	Publiée – testée sur des projets EDF – en cours d'amélioration	Qualitative
Tous milieux	Méthodes des bureaux d'études (BE)	Bureaux d'études naturalistes (ECO-MED, Biotope, Naturalia, Ecosphère)	-	-	Utilisées au cas par cas dans les dossiers d'étude d'impact	Quantitative et qualitative
Tous milieux	Méthode dommages écologiques de moindre gravité (DMG)	CGDD, Biotope	2017	Guide (85 p.)	Présentée au CNPN.	Quantitative

3.2. Prise en compte des enjeux opérationnels

*Cette partie fait l'objet d'une publication dans la revue Vertigo : Mechin et Pioch, 2019
« Séquence ERC : comment améliorer l'utilisation des méthodes de dimensionnement
de la compensation ? »*

Toutes ces ME sont développées en réponse au besoin des acteurs/utilisateurs de la séquence ERC, et sont destinées à leur être utiles, donc utilisées. Nous constatons ici qu'elles ne sont donc pas uniquement des résultats ou objets de recherche, quand bien même leur conception est confiée à des groupes de travail comprenant des chercheurs.

Ayant identifié l'enjeu opérationnel auquel doivent répondre ces ME, nous avons réalisé une première analyse de la prise en compte de cet enjeu dans les documents les accompagnant.

Cette analyse a été menée sur les documents exposant et argumentant le fonctionnement des ME que nous venons d'identifier, et relatant de façon plus ou moins détaillée, le processus de développement. Ces documents peuvent être des thèses, des guides d'utilisation, des rapports rendant compte de leur conception, et des articles scientifiques.

Pour le groupe de travail national MTES-AFB, il s'agit de la lettre de mission émise par le MTES aux membres du groupe ainsi que la présentation de l'analyse des méthodes existantes produite par l'AFB, lors de la première réunion du groupe.

Il s'agit de répondre aux questions suivantes :

1. Est-ce que l'opérationnalité est bien affichée comme un objectif par les concepteurs ?
2. L'opérationnalité est-elle explicitée, définie ?
3. Est-ce que les concepteurs mentionnent des références bibliographiques sur lesquelles ils se seraient appuyés pour atteindre cet objectif ?

Les résultats de notre analyse documentaire sont détaillés dans les tableaux 4 et 5. Ils montrent que les concepteurs affichent tous pour objectif de proposer un outil qualifié d'« opérationnel ». L'objectif est toujours formulé et parfois détaillé. Dans 2 cas sur 7, cet objectif est accompagné d'une référence bibliographique (et une seulement).

Cela nous conduit à faire l'hypothèse que **les concepteurs ont traité l'objectif d'opérationnalité de façon plus ou moins intuitive**, pour reprendre à notre compte le constat fait par Hak et al. (2012) dans un autre contexte, celui de l'évaluation de la qualité des indicateurs de développement durable.

En ce qui concerne les méthodes MERCIe et MERCI-Cor, dont nous avons conduit le développement, nous pouvons confirmer cette hypothèse. Nous nous sommes seulement appuyés sur des collaborations avec les acteurs de terrain et sur notre propre expérience. Pour la méthode développée par Bezombes et al., les concepteurs ont recherché dans la littérature des références pour traiter l'objectif d'opérationnalité qu'ils s'étaient donné, mais ils n'en ont trouvé qu'une seule (Cf. tableau 5) et ont donc aussi travaillé en se fiant à leur intuition (Bezombes, Com. Pers.). Nous pouvons supposer qu'il en est de même pour les autres équipes de conception.

3.3. Conclusion

Plusieurs initiatives de conception de ME existent en France. Les équipes de conception associent chercheurs ou experts et acteurs de terrain. Toutes affichent l'opérationnalité comme une des qualités attendues de la ME développée. Cependant, l'analyse des documents associés à ces méthodes ne font pas ressortir de démarche clairement et solidement pensée pour l'opérationnalité et nous conduit à faire l'hypothèse que l'exigence d'opérationnalité est traitée avec une approche intuitive.

Tableau 4 : Prise en compte des enjeux opérationnels par les concepteurs des méthodes françaises

Méthode	Formulation de l'objectif d'opérationnalité dans les documents associés aux méthodes
Mitimed	Formulation explicite mais pas détaillée : « Approche opérationnelle », « méthode opérationnelle »
Merci-Cor	Formulation explicite mais pas détaillée : « approche très opérationnelle »
MERCle	Formulation explicite mais pas détaillée : « Approche opérationnelle »
Méthode nationale fonctions zones humides (MNFZH)	Formulation explicite, détaillée au travers des critères listés ci-contre : « Une méthode conçue pour être opérationnelle » « La méthode doit être pragmatique, opérationnelle et adaptée à des situations variées » (p. 13)
Ecoval	Formulation explicite et détaillée : Le cadre méthodologique devra être « opérationnel (Laycock et al., 2013) afin de pouvoir être utilisé par les acteurs impliqués dans la compensation dans un temps et un coût raisonnables en cohérence avec leurs compétences techniques » (page 31)
Méthode dommages écologiques de moindre gravité (DMG)	Formulation explicite et détaillée des caractéristiques attendues de la méthode : La méthode « doit être « simple, rapide, robuste et répliquable »
GT Approche standardisée nationale	Formulation explicite dans la lettre de mission du MTES adressée aux membres du groupe de travail piloté par le CGDD et l'AFB

Tableau 5 : Références bibliographiques citées par les concepteurs pour l'objectif d'opérationnalité des ME

Méthode	Mention de références bibliographiques pour l'opérationnalité
Mitimed	Aucune
Merci-Cor	Aucune
MERCle	Aucune
MNFZH	Fennessy et al., 2007 <i>An evaluation of rapid methods for assessing the ecological condition of wetlands</i>
Ecoval	Laycock et al., 2013 <i>Biological and operational determinants of the effectiveness and efficiency of biodiversity conservation programs</i>
DMG	Aucune
GT national	Aucune

Encadré 4 : Les ME existantes au niveau international

Alors que 37 pays dans le monde ont mis en place une réglementation imposant ou incitant à l'application de la séquence ERC, plusieurs d'entre eux sont déjà dotés de ME de référence.

C'est le cas en particulier des Etats-Unis où de nombreuses méthodes de dimensionnement des mesures compensatoires pour les zones humides ont été développées depuis 30 ans d'après Pioch et al. (2015) qui en ont recensées 24. Leur important développement correspond au renforcement des exigences réglementaires vis-à-vis des zones humides et à l'organisation du marché de la compensation (Ibid.). Elles sont connues sous le nom de Rapid Assessment Method (RAM) et ont inspiré notamment le développement des méthodes MNFZH (Gayet et al., 2016b) et MERCIe (Mechin et Pioch, 2016). Elles sont en général rattachées à un État (par exemple la Floride pour Uniformized Mitigation Assessment Method). Elles nécessitent d'une ½ journée à plusieurs jours pour être appliquées (Pioch et al., 2015). Plus récemment, ce sont des méthodes ciblant les cours d'eau qui se sont développées selon le CGDD et al., (2018) qui en ont identifié 19.

Bezombes et al. (2017) identifient également des méthodes en Australie, au Canada, en Allemagne, en Angleterre. Sur les 13 méthodes qu'ils ont étudiées, ils ont constaté que toutes reposaient sur une comparaison de pertes et de gains entre le site impacté et le site de compensation. Ils distinguent des méthodes généralistes et des méthodes ciblant un type d'écosystème particulier (zones humides, lacs, forêts endémiques d'Australie). Elles peuvent également différer les unes des autres en fonction des contextes réglementaires des pays dans lesquelles elles s'appliquent.

Ainsi, il existe une grande diversité de méthodes qui peuvent inspirer les concepteurs de ME françaises.

4. Conclusion du chapitre 1

Pour que la protection de la biodiversité soit davantage intégrée dans les projets d'aménagement du territoire, une meilleure application de la séquence ERC constitue une nécessité. Cela passe par, notamment, l'utilisation par les acteurs de terrain, de méthodes d'évaluation de l'équivalence écologique et de l'absence de perte nette de biodiversité (ME) pour définir les mesures compensatoires. Le constat du besoin de ce type de méthode est partagé à tous les niveaux : ministère, terrain, et scientifique. C'est pourquoi plusieurs équipes associant scientifiques, institutions et/ou acteurs de terrain se sont mobilisées pour en proposer.

La mise au point de telles méthodes cumule les **défis techniques et opérationnels** pour des raisons que nous avons développées dans l'introduction. Nous avons en particulier posé l'hypothèse que le manque d'opérationnalité constitue un frein à l'appropriation des méthodes par leurs utilisateurs, hypothèse justifiant le choix de nous intéresser à ce volet de la conception des ME. Cette hypothèse est basée sur des travaux de recherche analysant le degré d'utilisation et les raisons de non-utilisation d'outils conçus dans des contextes similaires (développées en introduction). Or, la littérature scientifique sur les ME ne traite quasiment pas de la question de l'opérationnalité. Il en est de même pour le développement des méthodes françaises : l'opérationnalité est un objectif mais semble traitée de façon intuitive.

Dès lors, **se pose la question de savoir comment traiter les enjeux relatifs à l'opérationnalité des méthodes, enjeu crucial pour l'appropriation des ME par les acteurs de l'aménagement du territoire.**

Notre objectif, au travers de nos travaux, est de proposer une **définition précise de l'opérationnalité** afin de mieux comprendre ce que recouvre cette notion ainsi que des repères méthodologiques pour **la prendre en compte dans la conception.**

Nous chercherons d'abord à **identifier un cadre conceptuel** à partir duquel nous pourrions développer notre cadre d'analyse : une définition de l'opérationnalité, des critères et des modalités d'évaluation et proposer des repères méthodologiques de conception.

Nous discuterons enfin de **l'opérationnalité des ME françaises** au travers du cadre d'analyse que nous aurons proposé, et **nous appliquerons nos résultats à la méthode MERCIe** que nous avons développée avant le début de ces travaux de recherche (Mechin et Pioch, 2016).

Chapitre 2

Démarche de recherche

Ce chapitre a pour objectif de présenter la démarche de recherche déployée en vue de répondre à la question formulée en introduction : comment concevoir des ME opérationnelles afin de faciliter leur appropriation par les acteurs de la séquence ERC ?

Notre démarche de recherche s'est construite autour de plusieurs étapes :

- Le choix d'un cadre conceptuel*
- L'étude du cadre conceptuel choisi et l'identification des concepts et des méthodes à mettre en œuvre pour répondre à notre question*
- La construction de notre propre méthode d'analyse adaptée à notre cas d'étude*
- La formulation des résultats attendus de notre analyse et permettant de répondre à notre question de recherche.*

1. Choix d'un cadre conceptuel

Nous recherchons un cadre théorique permettant de traiter la question de l'amélioration de l'utilisation d'un outil par ses caractéristiques opérationnelles, et de l'intégration de ses caractéristiques opérationnelles dans sa conception-même.

Nous souhaitons adopter une posture proche de la recherche-action, (Barbier, 1996) dans le sens où nos recherches ont pour objectif de « *transformer la réalité et (de) produire des connaissances concernant ces transformations* », d'après la définition de Hugon et Seibel (1988, p. 13). En effet, notre objectif est à la fois de cerner les enjeux liés à l'utilisation et à la conception d'un outil, ici les méthodes d'évaluation des mesures compensatoires (ME), mais également de proposer et tester sur le terrain des solutions pour améliorer leur opérationnalité (transformation de la réalité).

Pour identifier un cadre scientifique théorique adéquat, nous avons mené deux démarches en parallèle. La première a consisté à explorer la bibliographie relative aux outils similaires aux ME évoqués en introduction afin de voir si et comment notre sujet est traité ou abordé du moins. La deuxième a été d'étudier plusieurs cadres conceptuels afin de voir comment ils pouvaient nous aider à traiter notre sujet.

1.1. Exploration de la bibliographie relative aux outils comparables aux ME

Comme évoqué dans l'introduction, il existe des outils partageant les mêmes caractéristiques que les ME :

- Ils sont basés sur des connaissances scientifiques,
- Ils sont conçus par des scientifiques,

- Leurs utilisateurs ont des niveaux de connaissances et des profils différents des concepteurs
- Leur contexte d'application est complexe.

Il s'agit d'outil d'aide à la décision (OAD) dans le domaine de l'environnement (et en particulier, les indicateurs de biodiversité), de l'aménagement sur le thème de la planification territoriale, et enfin, de l'agronomie. L'objectif était de trouver des articles traitant des questions relatives à la mise en pratique de ces outils, et à la prise en compte des aspects pratiques ou des utilisateurs dans la conception. Les mots-clés identifiés en relation avec ces centres d'intérêt étaient :

- Utilisateur,
- Utile,
- Pratique.

Nous n'avons pas réalisé de revue bibliographique exhaustive : les requêtes renvoyaient à un nombre de résultats trop vaste pour mener une exploration efficace, même en restreignant la recherche de mots-clés aux titres des articles ou à une seule publication (Cf. tableau 6).

Tableau 6 : exemple de requêtes sur Web of Science, en date du 10/10/2019, mots-clés utilisés : « user » (utilisateur), « useful » (utile), « use » (utilisation ou usage), « practical » (pratique).

Cible de la Requête			Nombre de résultats
Sujet domaine recherche	et de	TS=(use* OR practic*) AND SU=(Biodiversity & Conservation OR Environmental Sciences & Ecology) Indexes=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH, ESCI, CCR-EXPANDED, IC Timespan=All years	622 075
Titre domaine recherche	et de	TI=(use* OR practic*) AND SU=(Biodiversity & Conservation OR Environmental Sciences & Ecology) Indexes=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH, ESCI, CCR-EXPANDED, IC Timespan=All years	63 707
Journal environmental management et sujet	of	SO=(JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OR JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT) AND TS=(use* OR practic*) Indexes=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH, ESCI, CCR-EXPANDED, IC Timespan=All years	5949

Le très grand nombre d'articles obtenus indiquait que le choix des mots-clés n'était pas judicieux car ils étaient flous et pas assez discriminants. Par exemple, le mot « utilisation » (des indicateurs) renvoie en réalité à leur utilisation par les décideurs, c'est-à-dire la prise en compte de la valeur de l'indicateur dans la décision. Cela ne fait pas référence au processus de calcul de l'indicateur (collecte de données, calculs et expression de résultat en une valeur finale) qui peut être mené par des experts, ou des acteurs de terrain, comme l'évoque l'utilisation des ME. A ce stade de nos recherches, nos questions n'étaient pas encore assez définies pour pouvoir trouver des articles potentiellement intéressants. La réflexion sur un

cadre théorique plus précis nous a aidé à mieux penser nos interrogations pour préciser et cerner le champ de nos recherches et ainsi, trouver la bibliographie appropriée.

Cependant, quelques publications relatives à ces divers types d'OAD ont apporté un éclairage intéressant. Rametsteiner et al. ont relevé en 2011 que si les publications sur le développement des indicateurs sont nombreuses, elles traitent en grande majorité des aspects techniques des indicateurs. En effet, d'après Levrel (2008), les concepteurs ne prennent pas en compte lors du développement, l'utilisation qui va être faite des indicateurs (la prise de décision) ni les besoins des utilisateurs.

Également, il existe de nombreux critères de qualité des indicateurs, mais la question de la méthodologie d'évaluation des indicateurs est très peu abordée, l'application de ces critères ou l'évaluation des indicateurs étant finalement mis en œuvre de façon intuitive par les concepteurs (Hak et al., 2012). En outre, parmi les critères d'évaluation des indicateurs, il existe les critères du Comité du Programme Statistique de l'Union Européenne : ces critères ont avant tout une origine statistique et ciblent très peu l'utilisation, quelle qu'elle soit (Levrel, 2008).

Si ces différents constats datent un peu, ils n'encouragent guère cependant à explorer dans cette direction. Les publications de Bouleau et al. (2009), Bouleau et Deuffic (2016), Rabaud (2016) sont sorties des approches purement techniques des indicateurs pour produire des analyses dans le champ des sciences sociales, sans toutefois coïncider avec nos préoccupations liées à l'opérationnalité des ME.

Des publications plus récentes, relatives aux outils d'aide à la décision agronomiques ainsi qu'aux outils de planification spatiale et urbaine abordent le sujet de leur **utilisation sur le terrain**. Prost et al. (2011), Rose et al. (2016) ont fait état de la faible utilisation des OAD agronomiques en dehors du champ de la recherche et ce, en partie en raison d'une facilité d'utilisation insuffisante. Prost et al. ont mis en évidence que non seulement les méthodes de conception sont un sujet peu traité dans les articles relatifs aux OAD agronomiques, mais que les chercheurs ne tiennent en général pas compte de l'utilisation ou des usages de leur outil pour l'action.

Pour ce qui est des outils de planification, Uran et Janssen (2003) se sont interrogés sur leurs raisons de non utilisation (Cf. tableau 1 dans l'introduction), et Pelzer et al. (2014) sur l'intérêt des utilisateurs pour ces outils. Te Brömmelstroet (2017) a proposé des critères de performance pour les outils de planification, tandis que Pelzer (2017) proposait un cadre d'analyse de la valeur ajoutée de ces outils pour les utilisateurs, en reprenant des concepts et des méthodes issus de l'ergonomie sans pour autant citer cette discipline en tant que telle. Cerf et al. (2012) ont relaté la méthode de conception qu'ils ont mise en œuvre : elle fait participer les utilisateurs à la conception, et porte une attention particulière aux situations d'utilisation dans une approche typiquement ergonomique.

Cette première exploration bibliographique nous enseigne que la question de l'utilisation (ou la non-utilisation) des outils conçus par les chercheurs est un sujet traité récemment dans des domaines voisins du nôtre que sont la planification spatiale et urbaine, ou plus éloigné comme l'agronomie. Cela **nous conforte dans la pertinence des questions posées par notre recherche** mais n'apporte que peu d'éléments pour ce qui est d'identifier notre cadre théorique et de construire notre démarche méthodologique. Un champ scientifique plus précis est cependant identifié, l'ergonomie.

1.2. Etude comparative de plusieurs cadres théoriques

Parallèlement, nous avons exploré divers champs disciplinaires afin d'identifier celui qui serait le plus adéquat pour notre recherche (Cf. tableaux 7 et 8).

Nous avons d'abord envisagé notre sujet comme un problème relatif aux relations entretenues entre utilisateurs et concepteurs. Cela nous a amené à nous tourner vers la sociologie en général, car c'est « *la science des relations sociales telles qu'elles sont imposées et transmises par le milieu – les cadres de socialisation – et telles qu'elles sont également vécues et entretenues par les individus.* » (Paugam, 2010, p. 3) et plus particulièrement la sociologie de l'innovation (Akrich, Callon et Latour) et la sociologie de l'objet (Star, Griesemer et Vinck).

Nous avons également envisagé notre sujet comme un problème d'outil au sein d'une organisation, ce qui nous a entraîné vers les sciences de gestion (Chiapello et Gilbert, David, Martinet et Pesqueux).

Enfin, nous avons considéré notre problématique sous l'angle des tâches à accomplir dans une situation de travail en référence ici au champ de l'ergonomie (Darses et Montmollin, Falzon, Rabardel, Shackel).

Ainsi selon ces différents cadres théoriques, les ME peuvent être considérées successivement comme :

- une innovation sur un objet-technique,
- un objet-frontière,
- un outil de gestion,
- un outil de travail.

Notre ancrage dans la géographie nous a permis cette exploration, avec la liberté de traiter, sous différents angles et avec différents cadres conceptuels, d'un sujet complexe dans un objectif quant à lui bien précis, comprendre les enjeux opérationnels et proposer des solutions pour améliorer l'utilisation des ME dans le cadre de projets d'aménagement du territoire.

Les tableaux 7 et 8 présentent les quatre cadres conceptuels étudiés relatifs à la sociologie de l'innovation, la sociologie de l'objet, les sciences de gestion et l'ergonomie et montrent comment s'est construite la réflexion sur notre question de recherche.

En annexe n°5, le tableau 5 reprend en détail le contenu du tableau 7 présenté ci-après.

Tableau 7 : Présentation synthétique des quatre cadres théoriques, l'objet d'étude disciplinaire et les concepts-clés retenus

Les comme	ME	Cadre conceptuel ou discipline	Auteurs de référence	L'objet d'étude de la discipline	Concepts-clés principaux
Une innovation		Sociologie de l'innovation	Callon, 2006 Latour, 1986 Akrich, 2006	Ces sociologues proposent une nouvelle approche pour étudier les sciences. Ils proposent d'étudier le processus de construction de ces réseaux, et par extension l'action <i>en train de se faire</i> .	Principe de symétrie : Autant d'attention est accordée aux humains et aux non-humains. Réseau socio-technique : réseau constitué par les humains et les non-humains parties prenantes du processus étudié. Objet technique : « <i>rapport construit entre</i> » le « <i>dispositif matériel</i> » et « <i>l'ensemble des usages qu'il remplit</i> » (Akrich, 2013, p. 160)
Un objet-frontière ou un objet-intermédiaire		Sociologie de l'objet	Star et Griesemer, 1989 Trompette et Vinck, 2009; Vinck, 2009	Dans la lignée des travaux de Callon et Latour, elle met sur le même plan, humains et non-humains, en particulier, les objets. En s'intéressant aux objets, l'idée est de révéler des faits qui seraient peut-être restés inaccessibles en s'attachant uniquement aux relations entre humains ainsi qu'à leurs discours.	L'objet-frontière , matériel ou immatériel, peut se résumer à 2 fonctions : - la facilitation de la coopération entre acteurs issus de mondes différents et dont les possibilités de communiquer efficacement, sont à ce titre, restreintes ; - la mise en circulation de connaissances (normes, conventions, habitudes, etc.).
Un outil de gestion		Sciences de gestion	David, 1999 ; Martinet et Pesqueux, 2013 ; Chiapello et Gilbert, 2013	Les sciences de gestion visent « <i>à analyser et à concevoir les dispositifs de pilotage de l'action organisée</i> » (David, 1999, p. 13). La conception d'outils de gestion, ainsi que l'analyse de la prise de décision font partie de son champ de recherche.	Organisation : c'est « <i>l'expression d'un projet de conceptualisation de la division et de la coordination du travail</i> » (Martinet et Pesqueux, 2013, p. 111) Elle est un « <i>fragment</i> » de ce que les sciences de gestion considèrent comme « <i>le continuum individu-groupe-communauté-entreprise-organisation-institution-Etat-société</i> » (Ibid., p. 79) Outil de gestion : « <i>ensemble délimité d'objets organisationnels doté de traits caractéristiques qui s'offrent à une triple description : fonctionnelle, structurelle, processuelle</i> » (Chiapello et Gilbert, 2013, p. 32)
Un outil de travail		Ergonomie	Shackel, 1991 ; Falzon, 2004 Darses et Montmollin, 2012a ; Lancry, 2016 ; Rabardel, 1995	L'International Ergonomics Association (IEA) la définit en 2000, comme la « <i>discipline scientifique qui vise la compréhension fondamentale des interactions entre les humains et les autres composantes d'un système, et la profession qui applique principes théoriques, données et méthodes en vue d'optimiser le bien-être des personnes et la performance globale des systèmes.</i> » Elle est à la fois une discipline et une pratique, et donc une discipline avec une « <i>finalité pratique</i> » (Falzon, 2004).	Instrument : addition d'« <i>un artefact matériel ou symbolique produit par le sujet ou par d'autres</i> » et d'« <i>un ou des schèmes d'utilisation associés résultant d'une construction propre du sujet, autonome ou d'une appropriation de schèmes d'utilisation déjà formés extérieurement à lui</i> » (Rabardel, 1995, p. 117-118) Utilisabilité : « <i>Capacité, en termes fonctionnels humains, à permettre une utilisation facile et effective par une catégorie donnée d'utilisateurs, avec une formation et un support adapté, pour accomplir une catégorie donnée de tâches, à l'intérieur d'une catégorie spécifique de contextes.</i> » (Barcenilla et Bastien, 2009, p. 313 ; Shackel, 1991)

Tableau 8 : Application et critique des quatre cadres conceptuels identifiés pour répondre à notre question de recherche

Les ME comme ...	Application à notre problématique	Intérêt pour notre recherche	Limites pour notre recherche
Une innovation	Les ME constituent une innovation menée au sein d'un réseau socio-technique composé des acteurs de la mise en œuvre de la séquence ERC, des experts qui conçoivent les méthodes, des connaissances sur l'équivalence écologique, de la réglementation ERC, des territoires, des écosystèmes, etc.	Permet de saisir les controverses associées au développement des ME. Permet de suivre l'avancement du processus de construction de ME identifiées et d'en comprendre les enjeux.	Portée descriptive ou explicative. Posture de recherche davantage dans la compréhension que dans la proposition de solutions (moyens d'agir sur les caractéristiques de l'objet)
Un objet-frontière ou un objet-intermédiaire	Les ME, en tant qu'objet-frontière entre concepteurs et utilisateurs sont : - Le véhicule de connaissances des experts vers les acteurs qui utilisent la méthode (et vice-versa ?) - L'objet de convergence entre intérêt et interprétations initialement divergentes de la part des acteurs et des experts	Peut permettre de décrire l'activité de conception. Voir les ME comme des véhicules de connaissances entre experts et acteurs.	Portée descriptive ou explicative. La finalité de l'étude est bien les relations entre les protagonistes, ce qui ne correspond pas à notre objectif de recherche qui est de trouver des moyens d'agir sur les caractéristiques de l'objet.
Un outil de gestion	Les ME sont utilisées par des agents organisationnels dans le cadre d'une organisation informelle représentée par le réseau des acteurs de la séquence ERC intervenant dans un projet. Le dimensionnement des mesures compensatoires serait assimilé à une forme de pilotage ou de planification de l'application de la séquence ERC dans le cadre de l'autorisation d'un projet.	Les 3 modalités descriptives des outils de gestion peuvent être déclinées sur les ME. Les travaux existants sur la conception des outils de gestion peuvent constituer des sources d'inspiration.	Le réseau des acteurs de la séquence ERC ne constitue pas véritablement une organisation au sens des sciences de gestion : ses contours fluctuent d'un projet à l'autre, et les agents qui le composent n'ont pas tous les mêmes objectifs, condition implicitement contenue dans la définition proposée par Martinet et Pesqueux. Les aménageurs ont pour but d'obtenir l'autorisation de leur projet ; les services de l'État de faire respecter la réglementation ERC donc l'absence de perte nette de biodiversité. Les outils de gestion ont une visée performative : les sciences de gestion prennent en compte dans leur analyse « l'efficacité des dispositifs étudiés ou conçus » (David, 1999, p.13)
Un outil de travail	Les ME sont des instruments utilisés afin de réaliser le travail du dimensionnement des mesures compensatoires.	Voir paragraphe suivant 1.3.4.	Voir paragraphe suivant 1.3.4.

1.3. Bilan et choix du cadre conceptuel

Nous tirons de l'étude de ces quatre cadres conceptuels les conclusions suivantes.

1.3.1. Les sciences de gestion : un cadre inapproprié à notre recherche

Le modèle proposé par les sciences de gestion ne correspond pas à notre cas d'étude. Il ne nous semble pas approprié d'assimiler le réseau des acteurs de la mise en œuvre de la séquence ERC à une organisation, dans la mesure où ils appartiennent en réalité à des organisations différentes et indépendantes (bureau d'études, aménageurs privés ou publics, services de l'État). Et si nous assimilons le réseau qu'ils forment lors du développement d'un projet à une organisation, alors cette organisation n'a pas de contours formels comme peuvent l'avoir une entreprise, une administration, une association ; les membres de cette organisation sont changeants d'un projet à l'autre (aménageurs et bureaux d'études différents) et la finalité des uns et des autres est différente.

D'autre part, considérer les ME comme un outil de gestion signifierait qu'on les considère comme des outils permettant de piloter la mise en œuvre de la séquence ERC, avec une visée performative. La question de recherche serait dès lors « est-ce que les ME sont efficaces pour le respect de l'absence de perte nette de biodiversité ? », et l'organisation serait à envisager à l'échelle d'un territoire (la région, la France). Cette question, bien qu'intéressante, ne correspond pas précisément à notre question de recherche. Nous choisissons donc d'écarter les sciences de gestion de notre choix de cadre théorique.

1.3.2. La sociologie de l'objet : une approche partielle de notre question

La sociologie de l'objet apporte une grille de lecture intéressante en considérant les ME comme un objet-frontière entre experts et acteurs de la mise en œuvre de la séquence ERC. Elle peut nous aider à comprendre certains enjeux des relations entre les uns et les autres. Mais elle ne rentre pas dans le cœur des questions qui nous intéressent : l'utilisation de l'objet, sa conception et son adaptation à l'utilisation. En outre, sa portée davantage descriptive nous semble d'un apport limité pour proposer des solutions en lien avec la recherche-action.

1.3.3. La sociologie de l'innovation : une définition à retenir

La sociologie de l'innovation se rapproche davantage de notre problématique en s'intéressant au processus de conception d'un objet-technique. Mais là encore, si le cadre d'analyse proposé nous permet d'attirer notre attention sur certains enjeux comme la traduction ou les controverses, nous n'y trouvons pas de quoi répondre à nos questions. Nous retiendrons cependant la définition de l'objet-technique proposée par Akrich : « *rapport construit entre* » le « *dispositif matériel* » et « *l'ensemble des usages qu'il remplit* » (2013, p. 160).

1.3.4. L'ergonomie : un cadre conceptuel adapté

C'est finalement l'ergonomie qui par sa finalité-même nous semble la plus appropriée pour répondre à nos questions de recherche. En effet, « pour l'ergonome, le fonctionnement de l'homme et son activité en situation constituent des contraintes qui doivent être intégrées par les concepteurs » (Béguin, 2004, p. 376). Cette affirmation va dans le sens de notre hypothèse initiale n°4. En outre, Rabardel (1995) dénonce l'approche techno-centrée qui a longtemps prévalu. Cette position va dans le sens de nos observations réalisées sur les publications scientifiques traitant des ME présentées au chapitre 1 : les articles traitent en grande majorité d'aspects techniques. Il préfère d'ailleurs le mot « instrument » au terme d'objet technique. Il le définit comme l'addition d'« un artefact matériel ou symbolique produit par le sujet ou par d'autres » et d'« un ou des schèmes d'utilisation associés résultant d'une construction propre du sujet, autonome ou d'une appropriation de schèmes d'utilisation déjà formés extérieurement à lui » (Ibid., p.117-118). Cette définition, ainsi que la définition d'Akrich sur les « objets-techniques » met en évidence qu'un outil ne se réduit pas au dispositif technique proprement dit.

Dans le cas des ME, on ne peut pas les considérer uniquement sous l'angle des données d'entrée, des indicateurs biophysiques, et des formules de calcul. L'usage qui en est fait, par qui les ME sont utilisées et dans quel contexte ont tout autant d'importance, ce qui conforte et légitime l'intérêt de nos travaux de recherche.

Dans cette perspective, nous considérerons dans la suite de notre analyse que les ME relèvent de deux dimensions (Cf. figure 11) :

- Une dimension technique,
- Une dimension opérationnelle.

La dimension qui fait l'objet de nos travaux de recherche est la dimension opérationnelle.

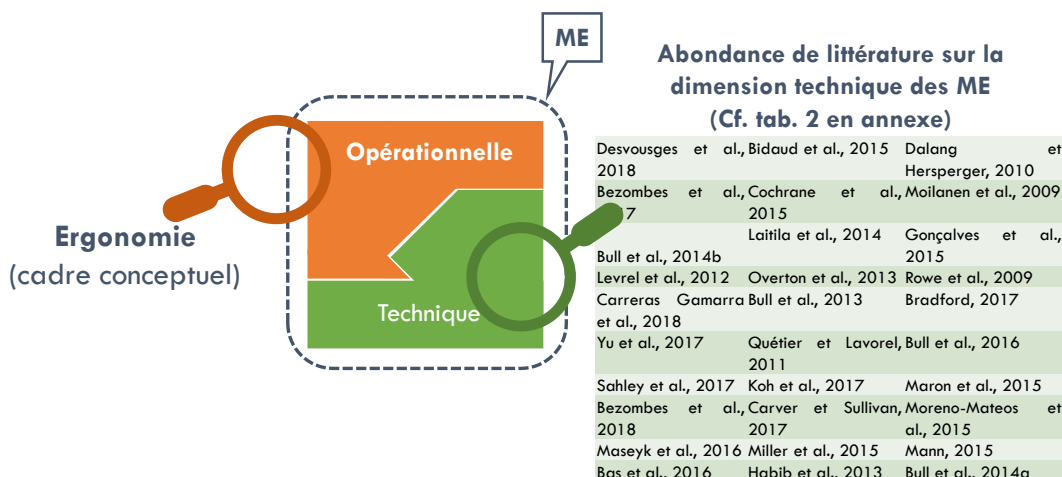


Figure 11 : Les dimensions opérationnelle et technique des ME (conception : A. Mechin)

En outre, l'ergonomie permet d'adopter une posture proche de la recherche-action (Barbier, 1996). En effet, l'analyse ergonomique des situations de travail ou des interactions homme-

machine a une finalité d'intervention (Darses et Montmollin, 2012b ; Daniellou et Béguin, 2004), soit par la production de normes ou recommandations d'ordre général à prendre en compte dans la conception, soit par la proposition de solutions spécifiques visant à améliorer les conditions de travail dans une situation donnée.

Ainsi, s'inscrire dans le cadre théorique de l'ergonomie nous permet d'une part, de mieux décrire et comprendre les ressorts de nos interrogations de recherche et d'autre part, d'utiliser les outils et méthodes de l'ergonome, pour être en mesure de proposer et tester des solutions d'opérationnalisation des ME (c'est-à-dire de transformer une ME réelle).

Enfin, géographie et ergonomie nous semblent avoir une proximité qu'il est intéressant de souligner. En effet, ce sont toutes deux des disciplines s'intéressant aux interactions entre des hommes et leur environnement. Si la géographie cherche à comprendre « *les interactions sociétés-milieus* » (Gautier et Pech, 2016, p. 336), l'ergonomie, elle, s'intéresse aux interactions entre les hommes composant ces sociétés et leur environnement de travail. Ainsi, il serait possible de conclure à une certaine logique ontologique s'agissant de recourir à l'approche ergonomique pour traiter de notre question géographique relative à l'amélioration de la protection de la biodiversité dans l'aménagement du territoire.

Nous présenterons le champ de l'ergonomie plus en détail dans la partie suivante, en regard avec notre questionnement de recherche.

Encadré 5 : recherche bibliographique sur la mention de l'ergonomie dans des publications ayant trait à la biodiversité

Est-ce que l'ergonomie est utilisée dans la conception d'outils du domaine environnemental ?

Nous faisons une requête très large dans Web of science pour identifier les articles où se trouvent à la fois les mots « biodiversité » et « ergonomie » (ou *human factor* en anglais). Nous obtenons à peine dix résultats :

- 2 publications qui relatent des études ergonomiques mais sans rapport avec les outils qui nous intéressent,
- 1 étude qui relate le test d'un outil tel que ceux que nous étudions et qui mentionne l'exigence ergonomique en introduction mais sans que l'article traite de la question
- 7 articles hors sujet.

Nous concluons que **notre approche est originale dans notre champ d'étude.**

Requête Web of Science (10/10/2019) :

TS =(((ergonom) OR ("human factor")) AND biodiversity)*

DocType=All document types; Language=All languages;

2. Présentation de notre cadre conceptuel : l'ergonomie

2.1. Le champ de recherche de l'ergonomie

2.1.1. Bref historique

Née en tant que telle après la deuxième guerre mondiale, l'ergonomie se développe parallèlement en Europe et aux Etats-Unis. En Europe, son émergence s'inscrit dans un contexte de reconstruction d'après-guerre : l'industrie cherche à accroître sa productivité, tandis que la préservation de la santé des travailleurs fait l'objet d'une attention particulière. L'objectif est donc d'améliorer les conditions de travail (Laville, 2004). L'approche diffère aux Etats-Unis où l'on préfère l'expression Human Factors. Il s'agit d'identifier les limites humaines afin de définir les conditions d'obtention des meilleures performances, en particulier dans le cadre du travail mené à l'aide d'interfaces homme-machine. Dans tous les cas, l'ergonomie cible au départ le travail physique en contexte industriel. Puis elle a évolué en même temps que le travail et la société se sont transformés tout au long du 20^{ème} siècle au cours duquel on est passé d'un travail essentiellement physique, à la mécanisation puis à l'automatisation qui a développé l'activité de traitement de l'information.

L'ergonomie est une discipline « *plurielle* » comme l'affirme (Lancry, 2016). Son développement foisonnant permis par la mobilisation (voire l'imbrication dans certains cas) d'autres disciplines voisines (Cf. figure 12) donne naissance à plusieurs spécialisations : l'ergonomie physique (qui s'intéresse en particulier aux gestes et aux postures mais pas seulement), l'ergonomie cognitive (qui prend en compte la dimension cognitive des activités, professionnelles ou non), et l'ergonomie organisationnelle (qui traite de la question des systèmes et des organisations, et de la régulation des activités).

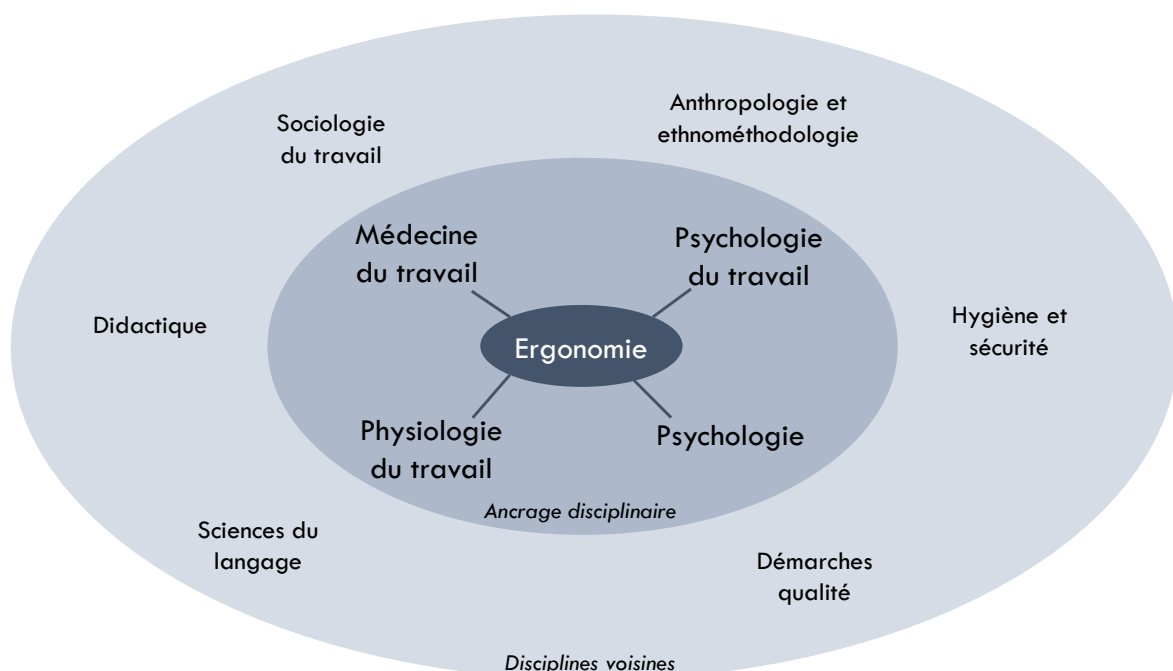


Figure 12 : Ancrage disciplinaires et disciplines voisines de l'ergonomie (Darses et Montmollin, 2012b)
(conception : A. Mechin)

Au cours de son développement, elle a élargi ses perspectives en ne considérant plus uniquement le travail en milieu industriel mais dans tous les secteurs, et en s'intéressant aussi aux activités humaines en dehors du monde du travail. (Karnas, 2011).

2.1.2. Définition

L'ergonomie a été dotée d'une définition claire et internationale en 2000 par l'International Ergonomics Association : « *Discipline scientifique qui vise la compréhension fondamentale des interactions entre les humains et les autres composantes d'un système, et la profession qui applique principes théoriques, données et méthodes en vue d'optimiser le bien-être des personnes et la performance globale des systèmes* ».

Malgré cette définition unifiée, on distingue deux courants, différents mais complémentaires, issus du développement de deux approches parallèlement en Europe et aux Etats-Unis (Darses et Montmollin, 2012b).

2.1.3. L'ergonomie du facteur humain

L'ergonomie anglophone (Human Factors) est l'ergonomie du **facteur humain**. Il s'agit de connaître les capacités des êtres humains en termes moteur et cognitif pour y adapter les outils avec lesquels ils travaillent. Elle s'intéresse au « système humain-machine ». Elle se traduit par la conception de dispositifs techniques tenant compte des caractéristiques humaines pour en favoriser une meilleure utilisation. Elle a pour objectif d'« *assurer la compatibilité entre les caractéristiques des utilisateurs et les caractéristiques des produits et systèmes techniques en vue de faciliter leur usage, à la fois sous l'angle de leur intégration technique et sociale et sous l'angle de leur appropriation* » (Barcenilla et Bastien, 2009, p. 312). Cette approche a permis de rassembler beaucoup de données sur le fonctionnement mental humain et les limites cognitives pour aboutir à la production de recommandations et de normes à prendre en compte dans la conception (Laville, 2004). Cela se révèle particulièrement utile alors que le travail mental a peu à peu remplacé le travail physique (Hoc et Darses, 2004) et que les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) ont pris un essor considérable.

2.1.4. L'ergonomie de l'activité

L'ergonomie francophone s'intéresse à **l'activité et la situation de travail** davantage qu'au fonctionnement de l'être humain (Darses et Montmollin, 2012a). Cela comprend les dimensions non seulement opérationnelles du travail (l'activité) mais aussi sociales, psychiques et organisationnelles. Ce courant ne produit pas des résultats et des recommandations à portée généraliste comme l'ergonomie « human factors » mais permet de mieux cerner la situation de travail et son contexte organisationnel dans toute leur singularité. A la différence de l'ergonomie des facteurs humains, ses observations ne se font pas en laboratoire mais bien sur le lieu de travail. Sa finalité est de transformer les situations de travail et d'en améliorer les conditions.

Transformer les situations de travail des différents acteurs de la séquence ERC n'est pas notre objectif car outre le fait que nous n'avons aucun mandat pour cela dans le cadre de cette

thèse, la tâche serait immense étant donné la diversité des acteurs et des organisations concernées. Cependant, l'analyse du travail permet de mieux cerner les usages existants ou potentiels (Cerf et Meynard, 2006), de mieux comprendre les contraintes qui découlent des situations de travail et ainsi de pouvoir y adapter les outils. L'analyse du travail devient ainsi un « outil de conception » (Keyser et Nyssen, 2006). Selon Darses et al. (2004), « *toute approche ergonomique [est cadrée] implicitement [par] la théorie de l'activité* » qui repose sur les travaux de Vygotsky¹⁵ (p. 196).

L'ergonomie au travers de ces deux courants va nous permettre d'apporter un cadre d'analyse à nos questions. En effet, les acteurs de la séquence ERC sont avant tout, à notre sens, dans une situation de travail qui nécessite la mise en œuvre de la séquence ERC. Les **ME sont un instrument** à l'aide duquel ils accomplissent leur tâche de dimensionnement des mesures compensatoires.

2.1.5. Ergonomie et processus de conception

La mise en œuvre d'une approche ergonomique va de pair avec une réflexion sur le processus de conception (Lancry, 2016; Darses et Montmollin, 2012b; Béguin, 2004) afin que les objets et les situations conçues intègrent les apports ergonomiques. Pour Béguin, associer l'ergonome aux premières étapes du processus de conception est une « *nécessité* » (p. 379) dans la mesure où concevoir un objet ou une situation suppose de « *projeter l'activité et le fonctionnement futur* » (p. 379). Cela est rendu possible en se représentant le fonctionnement de l'utilisateur (modèle de fonctionnement de l'homme) et en anticipant l'activité future, à l'aide notamment de l'analyse des situations de travail existantes.

Rabardel en 1995, dénonçant une approche des systèmes techniques trop techno-centrée jusqu'alors, relève l'émergence d' « *une conception où le système technique est centré sur celui qui va l'utiliser, où il va être imaginé, conçu, et réalisé en référence à l'activité de cet homme (ou de ces hommes) pour lequel il sera un outil, un instrument* » (p. 24). Il fait notamment référence aux travaux relatifs aux interfaces hommes-ordinateurs du courant américain de l'ergonomie, parmi lesquels ceux de Norman et Draper dont l'ouvrage intitulé *User centered system design : new perspectives in human computer interaction* et paru en 1986, a popularisé l'approche de « *design centré utilisateur* ». Elle s'est alors largement diffusée, et recouvre des pratiques assez diverses, sans qu'il y ait pour autant de définition unifiée et partagée (Gulliksen et al., 2003). Elle a d'abord considéré l'utilisateur comme une source d'expérimentation cognitive, une source d'informations (courant *human factor*) pour évoluer vers un utilisateur activement impliqué dans le processus de conception (Marti et Bannon, 2009), jusqu'au design coopératif. Marti et Bannon relativisent ce qu'ils appellent le « *mantra* » du design centré utilisateur (p. 7). Ils pondèrent la position scandinave de design coopératif dans laquelle concepteurs et utilisateurs sont mis sur le même plan. Selon eux, associer activement l'utilisateur au processus de conception est une chose désirable mais est à nuancer selon les contextes d'application, de développement, de technologies etc.

¹⁵ Vygotsky (1896-1934) était professeur à l'institut de psychologie de l'université de Moscou. « Il s'est consacré à l'étude du développement des fonctions mentales supérieures, en particulier chez l'enfant. Son apport majeur réside sans doute dans la conception qu'il propose du rôle du langage dans le développement mental » (...) langage dont il pense qu'il est « un instrument très important dans la régulation de l'activité ». (Richard, n.d.)

2.2. Les concepts et approches à retenir pour notre recherche

2.2.1. Utilisabilité et acceptabilité socio-organisationnelle

Les ergonomes appartenant au courant Human Factor ont développé des concepts appliqués initialement aux systèmes informatiques mais particulièrement intéressants pour nos questions de recherche. Il s'agit de :

- l'utilisabilité,
- l'utilité, et
- l'acceptabilité,

permettant de caractériser des outils utilisés par un opérateur.

La notion d'**utilisabilité** nous apparaît comme centrale. Barcenilla et Bastien (2009, p. 313) traduisent ainsi la définition donnée par Shackel en 1991 : « *capacité, en termes fonctionnels humains, à permettre une utilisation facile et effective par une catégorie donnée d'utilisateurs, avec une formation et un support adapté, pour accomplir une catégorie donnée de tâches, à l'intérieur d'une catégorie spécifique de contextes* ». Cette notion fait son apparition en 1979 (Geisen et Bergstrom, 2017; Shackel, 2009) et a fait depuis, l'objet de nombreux travaux et développements.

Bien qu'étant le sujet principal de ses travaux, Nielsen (1993) explique que l'utilisabilité ne constitue qu'une partie seulement d'une question plus large qui est l'acceptabilité globale d'un système par ses utilisateurs et les acteurs avec lesquels il interagit. Un système, comme une ME par exemple, serait acceptable par ses utilisateurs s'il l'est sur le plan pratique d'une part et sur le plan social d'autre part. Il décompose l'acceptabilité pratique en plusieurs notions (Cf. figure 14) qui sont :

- L'utilité de l'objet ou du système (le fait que les fonctions du système permettent théoriquement de réaliser les opérations attendues)
- L'utilisabilité, telle qu'elle vient d'être définie,
- D'autres critères tels que le coût, la compatibilité, la fiabilité etc.

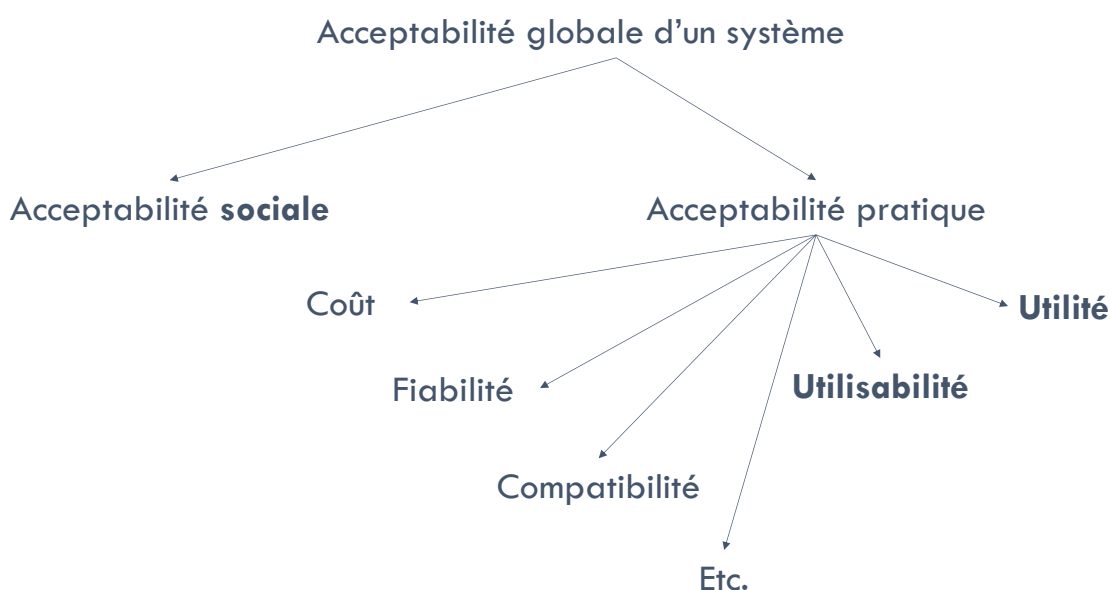


Figure 13 : Les différentes composantes de l'acceptabilité globale d'un système, adapté de Nielsen (1993)

Nielsen et Shackel proposent plusieurs **critères d'utilisabilité** (Cf. tableau 9), initialement pensés pour la conception des systèmes informatisés mais aisément transposables dans notre contexte d'étude.

Enfin, **l'acceptabilité sur le plan social** dont parle Nielsen, ou encore **acceptabilité socio-organisationnelle** n'est pas définie très clairement en ergonomie (Terrade et al., 2009). Elle fait référence selon Dubois et Bobillier-Chaumon (2009), aux normes sociales, à l'influence sociale, à l'image de soi, mais aussi au contexte organisationnel dans lequel se trouve l'utilisateur, particulièrement s'il est dans un contexte professionnel.

Tableau 9 : Critères d'utilisabilité proposés par Nielsen (1993) et Shackel (2009)

Critères de Nielsen		Critères de Shackel	
Efficienc	Le système doit être efficace de telle sorte qu'une fois que l'utilisateur sait se servir du système, un haut niveau de productivité est possible.	Effectivité	Les tâches requises doivent être accomplies dans le niveau de performance requis en termes de vitesse et d'erreurs par un certain pourcentage des utilisateurs dans l'environnement prévu d'utilisation
Facilité d'apprentissage	Le système doit être d'apprentissage facile afin que l'utilisateur puisse rapidement commencer à obtenir des résultats avec.	Apprentissage	L'utilisation doit être possible après un certain temps de formation dans le cadre prévu...
Mémorisation facile	Le système doit être facile à mémoriser de telle sorte que l'utilisateur standard puisse être en mesure d'utiliser le système après une période de non-utilisation sans avoir à réapprendre à s'en servir.		... et sans avoir à passer plus d'un certain temps de réapprentissage pour les utilisateurs intermittents.
Erreurs	Le système doit présenter un faible taux d'erreurs, de telle sorte que les utilisateurs fassent peu d'erreurs en utilisant le système et que s'ils en font, elles puissent être facilement résolues. Des erreurs catastrophiques ne doivent pas arriver.		(Voir effectivité)
Satisfaction	Le système doit être agréable à utiliser, de telle sorte que les utilisateurs soient subjectivement satisfaits quand ils l'utilisent, qu'ils apprécient l'utilisation.	Attitude	Les niveaux de fatigue, inconfort, frustration et effort personnel engendrés par l'utilisation sont acceptables de telle sorte que la satisfaction soit maintenue et encouragée à l'utilisation du système.
-		Flexibilité	La flexibilité du système autorise l'adaptation à un certain pourcentage de variation dans les tâches et/ou l'environnement au-delà de ce qui est spécifié.

Nous retenons de cette analyse bibliographique plusieurs concepts :

- **L'utilité** dans son sens commun
- **L'utilisabilité** : « *capacité, en termes fonctionnels humains, à permettre une utilisation facile et effective par une catégorie donnée d'utilisateurs, avec une formation et un support adapté, pour accomplir une catégorie donnée de tâches, à l'intérieur d'une catégorie spécifique de contextes* » (Barcenilla et Bastien, 2009, p. 313, traduisant Shackel, 1991)
- **L'acceptabilité sociale ou socio-organisationnelle** dont les contours semblent flexibles en l'absence de définition claire.

Nous retenons également que ces concepts sont complémentaires.

Nous considérerons les ME non pas comme un système homme-machine mais comme un système homme-méthode, en vue de transposer le concept d'utilisabilité et ses corollaires, l'utilité et l'acceptabilité socio-organisationnelle, pour caractériser leur capacité à faciliter leur usage par les acteurs du dimensionnement des mesures compensatoires.

Nous retenons enfin le terme **utilisateur** pour dénommer dans notre recherche, les acteurs qui utilisent les ME.

2.2.2. Tâche, activité, usages et utilité

L'ergonomie fait une distinction fondamentale entre la tâche et l'activité.

La tâche est définie par Falzon (2004, p. 24) comme « *ce qui est à faire, ce qui est prescrit par l'organisation* ». On distingue les tâches affichées, les tâches attendues (par l'organisation), les tâches comprises (par l'opérateur), les tâches appropriées (pour atteindre l'objectif fixé par l'organisation), les tâches effectives.

L'activité, « *c'est ce qui est fait, ce qui est mis en jeu par le sujet pour effectuer la tâche* » (Ibid., p. 24). Elle comprend le comportement mais aussi des processus non observables comme l'activité intellectuelle ou mentale. L'activité se définit par (Darses et al., 2004) :

- Un sujet : la personne ou le groupe qui réalise l'activité, appelée encore « opérateur ».
- L'objet qui correspond à la finalité de l'activité,
- L'action c'est-à-dire le processus conscient bâti sur les représentations mentales de l'objectif à atteindre,
- Les opérations qui sont les composants élémentaires de l'action, inconscients et dépendants des conditions.

L'activité peut être réalisée à l'aide d'instruments (dans le sens donné par Rabardel, 1995), comme les ME dans notre cas d'étude. Dans ce cas, l'opérateur est un utilisateur de l'instrument. Cela correspond au système évoqué par les ergonomes du courant Human Factors. Nous choisirons de dénommer les ME indifféremment instrument ou encore outil (objet qui permet à son utilisateur de réaliser une activité).

Plusieurs auteurs associent l'outil ou l'instrument à la notion d'**usage**. Ainsi Rabardel (1995, p. 34) : « *usage par le sujet de l'artefact en tant que moyen qu'il associe à son action.* » Akrich (2013, p. 160) décrit l'objet technique comme « *le rapport construit entre le dispositif matériel et l'ensemble des usages du dispositif* ». Selon Cerf et Taverne (2009), les utilisateurs

participent à la détermination de l'usage d'un outil dont « *la conception se poursuit dans l'usage* ». Brangier et Barcenilla (2003, p. 23 et 36), cités par Charrier (2016) le définissent comme « *la mise en activité effective d'un objet dans un contexte social, permettant à l'utilisateur de satisfaire un objectif* ».

Sur ces bases, nous proposons de définir dans le cadre de notre recherche, l'usage comme produit de l'opération accomplie, de l'utilisateur et du contexte d'utilisation.

Usage = {opération ; utilisateur ; contexte}

Ainsi, théoriquement, l'usage d'une méthode d'évaluation sera différent selon l'opération qu'elle permettra d'accomplir (l'objectif dans lequel l'opération est réalisée), le type d'acteur qui l'utilisera et le contexte dans lequel il l'utilisera.

Cette notion d'usage étant définie, elle peut être rapprochée de la notion d'utilité évoquée dans la partie précédente et qui, rappelons-le, signifie que le système (ou l'outil) permet théoriquement de réaliser les opérations attendues. Ainsi, un **outil utile serait un outil dont l'utilisateur aurait l'usage**. Nous proposons de définir un outil utile comme un outil conçu pour réaliser l'opération précise, dans un contexte précis, par l'utilisateur spécifié dans le cadre de l'usage qu'on peut y associer.

Nous retenons de cette partie (Cf. figure 14) :

- La distinction entre **tâche** et **activité**
- L'activité peut se décomposer en plusieurs **opérations** élémentaires
- La personne qui réalise l'activité est un **opérateur**. Si l'opérateur utilise un outil, il est un utilisateur de cet outil.
- **L'usage** est le produit de l'opération accomplie, de l'utilisateur et du contexte d'utilisation.

Usage = {opération ; utilisateur ; contexte}

- Un outil **utile** est un outil conçu pour réaliser l'opération précise, dans un contexte précis, par l'utilisateur spécifié dans le cadre de l'usage qu'on peut y associer.

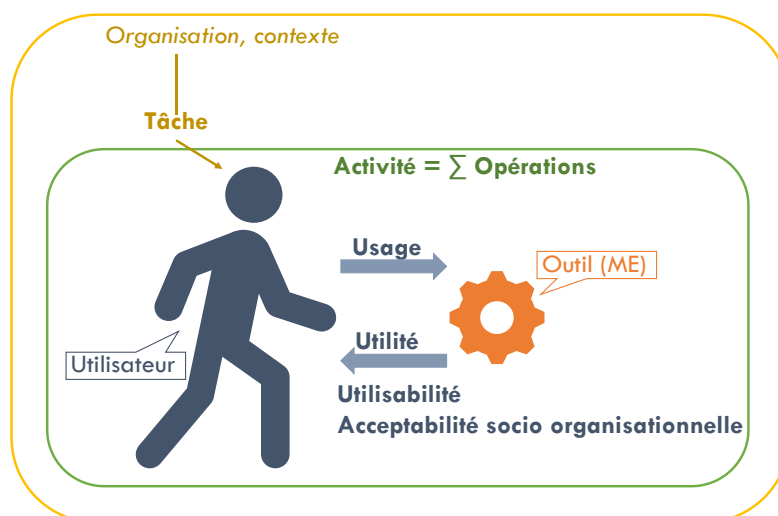


Figure 14 : Les concepts-clés issus de l'ergonomie et retenus pour nos recherches (conception : A. Mechin)

A partir des concepts identifiés dans ces deux derniers paragraphes, nous proposons une **définition de l'opérationnalité** (Cf. figure 15). Ainsi, un outil opérationnel est un outil qui :

- permet à l'utilisateur, dans un contexte précis, de réaliser l'opération attendue, c'est-à-dire qui correspond à l'usage attendu (utilité),
- facilement et de façon efficiente (utilisabilité),
- tout en étant adapté au contexte dans lequel l'utilisateur exerce son activité (acceptabilité socio-organisationnelle).

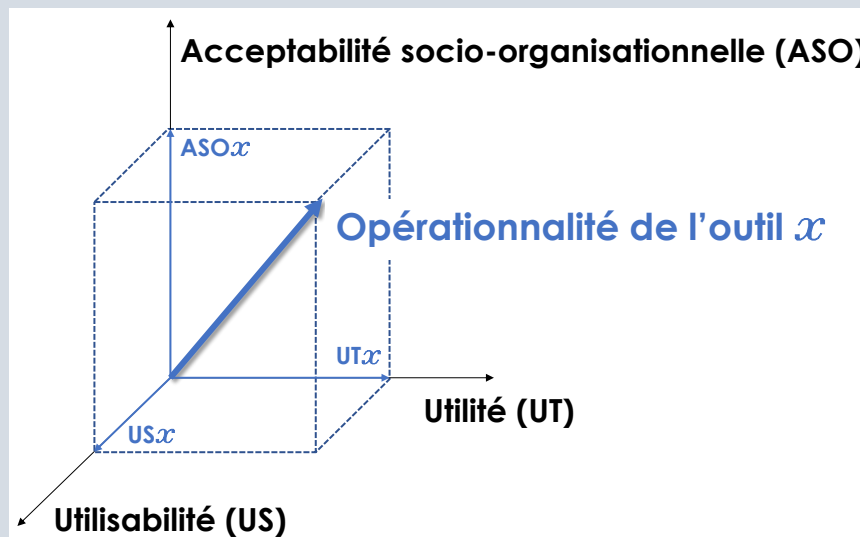


Figure 15 : Définition de l'opérationnalité (conception: A. Mechin et S.Pioch)

Cela constitue notre premier résultat intermédiaire.

2.2.3. Conception centrée utilisateur, test utilisateurs et conception participative

Les ergonomes étudient et proposent des approches relatives à la conception dont voici les traits les plus marquants pour traiter notre question de recherche.

La conception centrée utilisateur

Gulliksen et al. (2003) proposent une série de principes clés établis à partir de la bibliographie de référence sur le sujet ainsi que de leur propre expérience de participation à la conception de logiciel. Ces principes-clés qui caractérisent une démarche de conception centrée utilisateur sont les suivants :

1. Attention centrée sur les utilisateurs
2. Implication active de l'utilisateur
3. Développement itératif
4. Représentations simples du design du produit, compréhensives par tous
5. Faire des prototypes
6. Evaluer l'utilisation dans son contexte
7. Des activités de design explicites, conscientes
8. Une attitude professionnelle, une équipe multidisciplinaire
9. Un expert de l'utilisabilité à tous les stades du projet

10. Un design holistique
11. Des procédures souples, qui s'adaptent au contexte particulier de chaque projet
12. Une attitude centrée utilisateur de la part de toute l'équipe projet

Bastien et Scapin (2004) exposent les grandes étapes de la conception centrée utilisateur sur lesquelles selon eux, la plupart des auteurs sont d'accord (ces étapes ne se succèdent pas nécessairement dans l'ordre dans lequel nous les présentons) :

1. Description des caractéristiques des futurs utilisateurs
2. Analyse et description des tâches utilisateurs
3. Prise en compte des contraintes matérielles
4. Etablissement d'objectifs d'utilisabilité
5. Production de solution de conception, en passant notamment par un stade de maquettage
6. Evaluation des solutions proposées
7. Installation et suivi.

Que ce soit au travers de principes ou bien d'étapes du processus, ces auteurs mentionnent la **nécessaire participation active des utilisateurs** dans le processus, en particulier pour l'analyse et la description des tâches ainsi que pour l'évaluation des solutions proposées. Pour Gulliksen et al. (2003, p. 406) « *la participation des utilisateurs est la clé du succès* » pour concevoir des outils utilisables.

Ils soulignent également la **nature itérative du cycle de conception** qui se traduit notamment par des allers-retours entre évaluations et conception /modification en vue d'atteindre les objectifs d'utilisabilité.

L'implication des utilisateurs dans le processus de conception peut être poussée davantage. On s'oriente alors vers la conception participative ou encore conception coopérative ou co-conception (Marti et Bannon, 2009; Sanders et Stappers, 2008). Les utilisateurs sont alors des acteurs à part entière de la conception qui peut être enrichie de leur créativité et de leur anticipation des situations d'utilisation (Cerf et Meynard, 2006).

Cerf et al., (2012) proposent une application de l'approche participative pour des outils agronomiques. Leur interprétation de cette approche se décline en deux grandes étapes de conception :

1. **Le diagnostic des usages** dans l'objectif d'identifier la diversité des situations dans lesquelles l'outil peut être utilisé, ainsi que l'identification des usages des outils déjà existants
2. **Prise en main d'un prototype** de l'outil par les utilisateurs et bilan de cette manipulation par les utilisateurs et les concepteurs dans l'objectif d'améliorer le prototype.

Les auteurs insistent notamment sur l'importance du dialogue qui s'instaure entre concepteurs et utilisateurs pendant la phase de bilan et proposent de nommer ce type de conception « *design dialogique* ».

Les test utilisateurs

La conception centrée utilisateur accorde une place importante à l'évaluation des outils qui fait ainsi pleinement partie du processus de conception. Elle a pour finalité de « *proposer des améliorations aux concepteurs* » (Bastien et Scapin, 2004, p. 460). Béguin (2004) parle de la phase d'évaluation comme des essais qui permettent d'« *ajuster lorsqu'il est encore temps* » le prototype en cours de conception (p. 383). Cette phase nécessite l'implication active des utilisateurs.

Selon Gulliksen et al. (2003), ces utilisateurs doivent être représentatifs des utilisateurs prévus. Les tests d'évaluation doivent être menés au travers de l'accomplissement de tâches réelles avec des simulations ou des prototypes. Les comportements, les réactions, les opinions et les idées des utilisateurs qui réalisent les tests doivent être observés, enregistrés et analysés. Ces « tests utilisateurs » peuvent être complétés par des questionnaires et des entretiens (Bastien et Scapin, 2004).

Nous avons également consulté un praticien, expert de l'évaluation ergonomique des interfaces informatiques afin d'identifier les protocoles couramment utilisés. La modalité à privilégier est l'observation, en minimisant les interactions avec les testeurs. Idéalement, les évaluateurs se situent à l'extérieur de la salle de test et les observations sont faites via des caméras qui enregistrent le déroulement des tests. La situation de test doit être la plus proche possible de la situation de travail en termes d'environnement et d'opération à réaliser. Des entretiens et questionnaires peuvent compléter les observations mais il faut être conscient que cela induit un biais qui rend l'objectivation plus difficile (Nogier¹⁶, Com. Pers.)

Si l'accent est mis fortement sur l'implication des utilisateurs dans le processus d'évaluation, Bastien et Scapin (2004) distinguent, s'agissant de la conception de logiciels interactifs, un deuxième type de modalités d'évaluation : elles s'appliquent directement aux interfaces, donc à l'objet évalué : l'évaluation est réalisée par des experts par rapport à des normes existantes, des modèles, etc. et ne nécessitent pas l'implication directe des utilisateurs.

¹⁶ Jean-François Nogier est docteur-ingénieur en informatique et spécialiste de l'ergonomie digitale. Il a créé et préside la société Usabilis qui accompagne et forme les entreprises dans la conception de logiciels dits « métier ». www.usabilis.com

Nous retenons de cette partie :

- L'importance d'associer activement les utilisateurs au processus de conception
- La nécessaire phase d'identification des tâches, usages et caractéristiques de l'utilisation et de son contexte d'activité
- La nature itérative de la conception
- L'évaluation de l'outil comme une étape de la conception
- La nécessité de faire tester l'outil par les utilisateurs en situation pour la phase d'évaluation

Nous proposons de retenir pour nos recherches, quelques étapes et éléments qui nous ont semblé particulièrement importants dans les processus de conception centrée utilisateurs (Cf. figure 16). Cela constitue des **repères pour une conception orientée opérationnalité et constitue notre second résultat intermédiaire.**

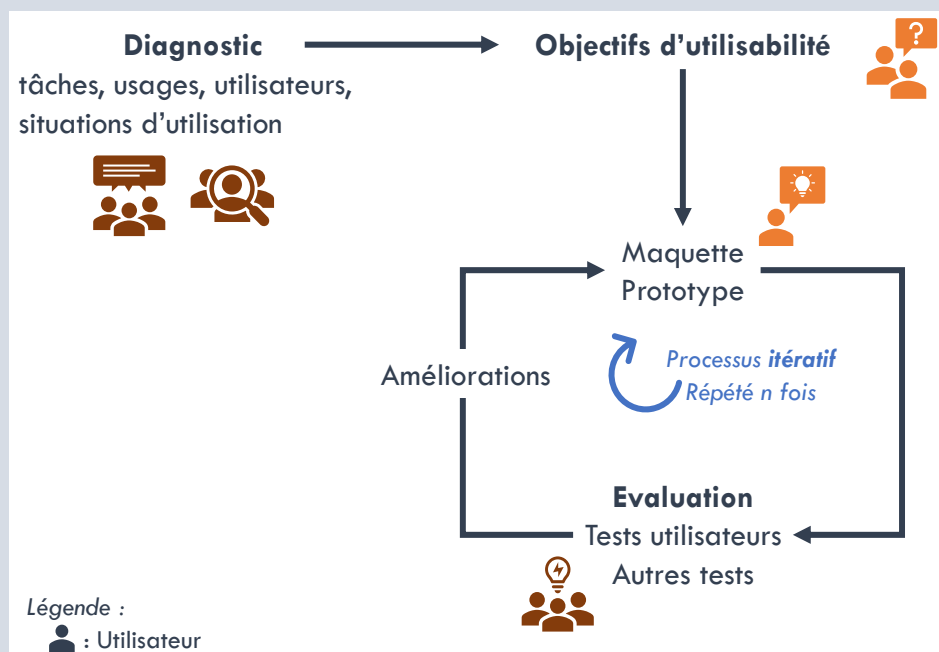


Figure 16 : Les principales étapes d'un processus de conception centrée utilisateurs avec l'implication des utilisateurs à toutes les étapes, particulièrement aux étapes de Diagnostic et d'Évaluation (conception : A. Mechin)

2.3. Les méthodes de l'ergonomie : l'analyse de l'activité

Sur le plan méthodologique, l'ergonomie francophone s'appuie sur **l'observation des opérateurs en situation d'activité** via les méthodes d'analyse du travail (Darses et Montmollin, 2012c). L'analyse du travail repose sur la distinction fondamentale entre la tâche et l'activité décrite dans le paragraphe précédent. Tout l'enjeu dans l'analyse du travail est donc de saisir ce qui est de l'ordre de la tâche et ce qui est de l'ordre de l'interprétation ou l'adaptation par l'opérateur, ainsi que ce qui est directement observable mais également, ce qui ne l'est pas, comme les processus mentaux.

2.3.1. Définition et origine

L'analyse de l'activité consiste à décrire, évaluer et expliquer le plus précisément possible les comportements et les logiques d'action mis en œuvre par les opérateurs pour accomplir les tâches prescrites, en prenant soin de distinguer le travail prescrit du travail réalisé (Darses et Montmollin, 2012c).

Elle marque une spécificité de l'ergonomie francophone, liée à son origine à la question sociale du travail, et à l'amélioration des conditions de travail des travailleurs (Keyser et Nyssen, 2006). Inspirée des méthodes d'observation développées en psychologie, ethnologie et anthropologie (Hoc et Darses, 2004), sa spécificité réside également dans le fait que cette analyse se réalise sur le terrain, sur le lieu de travail et non pas en laboratoire. Cette pratique méthodologique constitue une grande nouveauté à l'époque où elle se répand (Ouvrier-Bonnaz et Weill-Fassina, 2015). Cette approche s'est répandue au-delà des frontières françaises et a évolué au cours des décennies. De centrale dans les recherches des ergonomes français dans les années 60 et 70, elle devient une méthode, un instrument « *utilisé à des fins précises* » qui peut simplement n'être qu'un élément méthodologique déployé parmi d'autres dans un projet de recherche (Keyser et Nyssen, 2006). Elle reste aujourd'hui largement utilisée comme outil de conception en étant mobilisée pour la phase de Diagnostic identifiée un peu plus haut.

« Aujourd'hui, la plupart des laboratoires francophones utilisent des méthodes hybrides, allant du terrain au laboratoire lorsque c'est nécessaire, ou ajustant le générique au spécifique (...) L'analyse de l'activité demeure : elle n'est pas centrale, ce qui la sacrifierait, mais elle est utile, et s'est répandue bien au-delà des frontières. » (Ibid., p.5)

Leplat (2008) schématise de façon très simple l'analyse de l'activité comme l'analyse des relations au sein du triangle activité-opérateur-tâche (Cf. figure 17). En effet, la réalisation d'une activité dépend de celui qui la réalise, Leplat parle des conditions internes dont dépend l'activité ; elle dépend également de la tâche qu'il est demandé d'accomplir dans un contexte déterminé, ce sont les conditions externes.

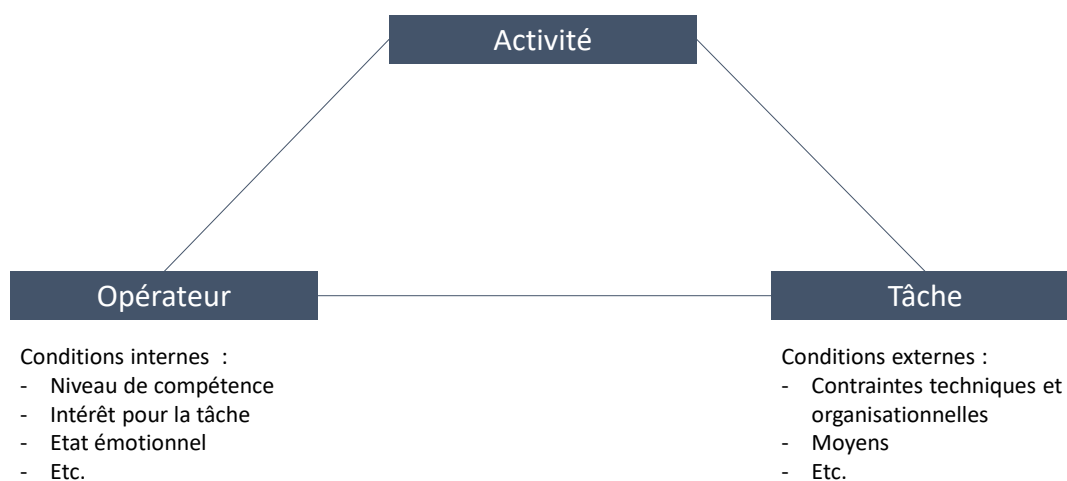


Figure 17 : Schéma simplifié de l'analyse de l'activité (adapté de Darses, 2016 et Leplat, 2008)

2.3.2. Les techniques de l'analyse de l'activité

La collecte des données

Il existe de nombreuses techniques et protocoles pour procéder à la collecte des données d'activité et à leur analyse. Cela dépend de l'objectif que l'on souhaite atteindre au travers de l'analyse de l'activité, mais aussi de l'activité elle-même.

Le principe méthodologique de base est d'observer l'opérateur en action, sur son lieu de travail et en situation réelle de travail. Les données à collecter peuvent être d'ordre comportementales ou bien verbales (Darses et Montmollin, 2012c).

Pour les premières, elles passent essentiellement par **l'observation in situ**. Il s'agit d'observer les gestes, les interactions entre personnes, etc. Ce qu'on appelle les « traces de l'activité » (documents écrits par exemple) font partie des données comportementales.

Les **données verbales** sont particulièrement intéressantes s'agissant d'activité avec une composante mentale importante : l'observation de comportements peut vite s'avérer très limitée pour comprendre la nature réelle des opérations réalisées et leur logique d'action. Les techniques d'entretiens complètent ou suppléent les observations in situ. Il existe plusieurs techniques d'entretien :

- l'auto-confrontation où l'opérateur commente l'enregistrement de ce qu'il vient d'accomplir,
- la verbalisation simultanée qui consiste à commenter en direct les opérations réalisées,
- les questionnaires,
- les simulations,
- l'entretien différé par rapport à l'action où l'on demande à l'opérateur de relater les opérations réalisées dans une situation spécifiée (et non pas dans un type de situation général).

Le traitement des données

Quel que soit le type de données collectées, il n'existe pas de traitement type. La façon dont doivent être traitées et interprétées les données dépend des objectifs de l'analyse de l'activité (Darses et Montmollin, 2012b)

Nous retenons pour notre recherche :

- L'analyse de l'activité consiste à décrire, évaluer et expliquer les comportements et les logiques d'action mis en œuvre par les opérateurs
- Elle peut s'intégrer au processus de conception pour réaliser la **phase de Diagnostic**
- Elle est réalisée en privilégiant l'observation de l'opérateur in situ, à compléter par des **entretiens** lorsque l'activité possède une composante mentale importante par exemple.

3. Notre démarche d'analyse

3.1. Analyse des pratiques

Notre démarche de recherche s'appuie sur la collecte et l'analyse de données réalisées dans un cadre s'inspirant de la méthode d'analyse de l'activité présentée un peu plus haut.

3.1.1. Quelles données collecter ?

En premier lieu, il s'agit de déterminer quels sont les opérateurs et les tâches associées à étudier pour analyser l'activité qui en découle (Cf. figures 17 et 18). L'activité qui nous intéresse s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre de la séquence ERC, et plus précisément du dimensionnement des mesures compensatoires, de l'évaluation de l'atteinte de l'équivalence écologique et de l'APN au cours du processus de développement du projet d'aménagement jusqu'à l'obtention de l'autorisation.

Notre connaissance du contexte de la séquence ERC nous conduit à choisir les opérateurs suivants :

- les aménageurs qui sont en charge de la mise en œuvre de la séquence ERC,
- les bureaux d'études qui les accompagnent de leur expertise pour cette mise en œuvre,
- les services de l'État qui instruisent ou expertisent les dossiers d'autorisation dans lesquels les aménageurs expliquent comment ils mettent en œuvre ERC.

Les tâches des uns et des autres concernent la mise en application de la séquence ERC. Nous ciblons, dans nos travaux plus particulièrement le dimensionnement des mesures compensatoires et la démonstration de l'évaluation de l'équivalence écologique c'est à dire de l'atteinte de l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité, tâche qu'il est recommandé de réaliser au moyen de ME, comme indiqué dans le chapitre 1.

Le triangle de l'activité adapté de Darses (2016) et de Leplat (2008) se décline de la façon suivante dans notre cas d'étude :

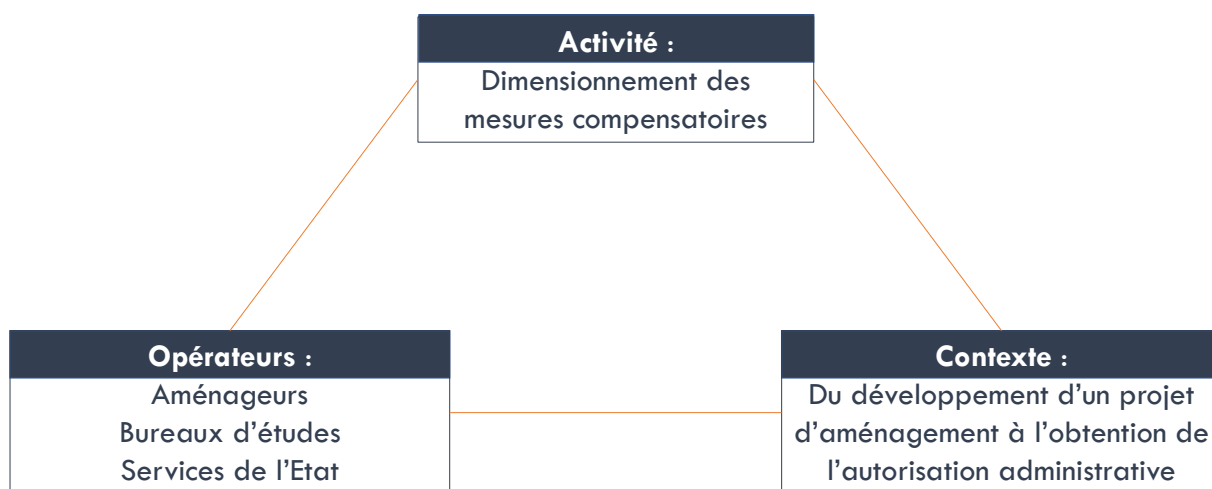


Figure 18 : Triangle de l'activité appliqué à notre contexte de recherche : le dimensionnement des mesures compensatoires

Enfin, il convient de déterminer quelle est la finalité de l'analyse : que cherche-t-on à savoir ?

L'objectif est de pouvoir caractériser l'opérationnalité des ME en répondant aux questions suivantes :

- Quelles **opérations** doit permettre d'accomplir une ME pour être utile à ses utilisateurs, quels usages peuvent être faits d'une ME ?
- Quels **critères** doivent-elles respecter pour être utilisables et acceptables sur le plan socio-organisationnel ?
- Qui sont les **utilisateurs** ? dans quels contextes travaillent-ils ? Avec quels moyens et quelles contraintes ?

3.1.2. Techniques de collecte de données

Les techniques de collecte de données sont essentiellement issues des techniques mobilisées en sociologie, discipline participant à l'ancrage de l'ergonomie (Darses et Montmollin, 2012b). Elles combinent études de cas et entretiens, dans l'idée que « *diversifier les méthodes, c'est croiser les éclairages* » (Combessie, 2007, p. 10).

Etudes de cas

Pour déterminer quelle technique de collecte de données choisir, il faut tenir compte du fait que dans notre cas, l'activité de définition des mesures compensatoires est une activité non seulement **mentale** mais qui en outre, se déroule sur un **temps long** (de quelques mois à plusieurs années) et donne lieu à des discussions en réunions entre les différents protagonistes d'un projet. Or, les techniques d'entretien d'auto-confrontation, de verbalisation simultanée, les questionnaires et simulations sont mises en œuvre pour des opérations manuelles ou des activités circonscrites dans le temps ou dans l'espace. Dans le temps de notre recherche, il n'est pas possible par exemple d'assister à toutes les réunions d'un projet. Ces techniques ne nous semblent pas adaptées. Par conséquent, nous avons choisi de recueillir nos données à l'aide des **entretiens différés**.

Ces entretiens s'insèrent dans un dispositif de collecte de données plus large, **l'étude de cas** (Leplat, 2002). Une étude de cas est une étude et une analyse approfondie d'un cas spécifié, ici des projets d'aménagement. Ce type d'analyse permet par définition de rendre compte du contexte dans lequel le cas s'insère, ce qui constitue un des paramètres que nous cherchons à décrire. Un cas correspond à un projet précis : un aménagement spécifié construit par un maître d'ouvrage et qui fait l'objet d'une autorisation sous condition notamment de la bonne mise en application de la séquence ERC. Mais il se veut aussi représentatif d'une catégorie de cas à définir. Nous avons donc cherché une certaine diversité de cas à étudier, ici des projets pour refléter la diversité rencontrée sur le terrain.

Pour conduire nos études de cas, nous avons reconstitué le plus précisément possible le processus de dimensionnement des mesures compensatoires au travers d'une part, d'entretiens croisés avec les différents protagonistes d'un même dossier : l'aménageur, le bureau d'études et les agents des services de l'État ayant instruit le dossier, et d'autre part,

des documents associés au projet : étude d'impact, dossiers d'autorisation, arrêtés d'autorisation, échanges éventuels de courriers entre les parties. Nous avons également réalisé 22 entretiens avec les mêmes types d'acteurs en dehors du cadre de la reconstitution de ces projets spécifiques. Ils constituent des entretiens complémentaires destinés à affiner nos analyses et réflexions. Lors des entretiens, nous avons demandé à notre interlocuteur de relater le travail qu'il a accompli sur le projet étudié pour les études de cas ou sur le dernier dossier comportant des mesures compensatoires qu'il a eu à traiter pour les entretiens complémentaires.

A la marge, nous avons également eu recours à un dispositif interactif de recueil de données mis en place lors d'ateliers organisés avec des acteurs des ex-régions Champagne-Ardenne et Lorraine autour de la séquence ERC et de la méthode MERCIe dont les objectifs sont développés dans le chapitre 5. (Cf. annexe n°6 pour le déroulement des ateliers et la collecte de données)

Enfin, nous avons pu compléter ces entretiens et analyse documentaire par quelques observations in situ pour un projet (le projet de ZAC de la gare, cf. partie 3.2 du même chapitre) lors de réunions de l'équipe projet. Ces observations se sont ajoutées aux entretiens et documents collectés, ce qui nous a permis de mieux saisir les jeux d'acteurs, leurs échanges et leurs finesses rhétoriques dans leur contexte.

Déroulement des entretiens

Les entretiens ont été construits en se basant sur les principes méthodologiques issus de la sociologie (Blanchet et Gotman, 2015; Combessie, 2007) et des sciences de gestion (Romelaer, 2005).

Ces entretiens semi-directifs se sont organisés en trois phases successives :

1. Une phase libre introduite par une question ouverte à laquelle nous laissons répondre notre interlocuteur avec le minimum d'interruptions de notre part (relances et reformulations uniquement). Nous le laissons dérouler librement son exposé.
2. Une phase plus dirigée pendant laquelle nous posons les questions auxquelles nous n'avons pas eu les réponses spontanément dans la phase libre
3. Une phase de généralisation permettant de savoir à quel point l'expérience relatée était représentative du cas général et si besoin il y avait, d'apporter des précisions.

Ces entretiens se sont orientés vers un spectre assez large des pratiques liées à la séquence ERC, favorisé par la phase libre. En effet, nous voulions comprendre dans quel contexte d'opérations s'insère le dimensionnement des mesures compensatoires. En outre, le dimensionnement proprement dit n'est pas toujours une phase clairement identifiée ou mise en œuvre en tant que telle dans un projet.

Les entretiens ont été conduits de manière à pouvoir identifier les opérations réalisées par les acteurs autour de la question du dimensionnement de la compensation écologique, à identifier les critères d'évaluation des mesures compensatoires et de leur dimensionnement ainsi que leur origine (doctrine commune à l'organisme ou doctrine personnelle). Il s'agissait également d'identifier les difficultés pratiques auxquelles se trouvent confrontés les acteurs étudiés dans l'accomplissement de leur travail. L'objectif était de voir si parmi ces problèmes,

le sujet « ME » apparaissait spontanément. Il s'agissait aussi de mieux cerner leur contexte de travail et les contraintes auxquelles ils sont confrontés. Enfin, nous cherchions à identifier ce qui les aide à accomplir leurs tâches et s'ils se réfèrent à des méthodes en particulier.

Les entretiens duraient 1 à 2h. Nous avons demandé aux interviewés de nous expliquer pour un projet à spécifier (par exemple : le dernier projet qu'ils ont eu à traiter), comment s'était déroulée la mise en œuvre de la séquence ERC et quel était le travail qu'ils avaient accompli dans ce processus. Nous les avons également interrogés sur leur parcours et leur formation à la séquence ERC.

Enfin, les entretiens ont été bâtis en tenant compte d'hypothèses de travail qui nous ont permis d'orienter nos questions de la phase dirigée. En effet, nous avons supposé que compte tenu d'un certain flou de la réglementation, celle-ci pouvait être sujette à des interprétations différentes et que ces interprétations pouvaient varier d'un acteur à l'autre (supposition basée sur les travaux de Bigard et al., 2017). Nous avons cherché au travers des entretiens à identifier les critères sur lesquels se basaient les interviewés pour dimensionner ou évaluer le dimensionnement des mesures compensatoires.

Les entretiens ont été conduits en s'appuyant sur un guide d'entretien (Cf. figure 19), conformément aux recommandations de Combessie (2007) et de Romelaer (2005).

Relance avec **reformulation** - Merci – Confidentialité de la discussion - Accord pour questions complémentaires.

Annonce

Je suis en thèse de géographie, au CEFE et chez ECO-MED . Mon sujet de recherche concerne l'évaluation de l'équivalence écologique des mesures compensatoires et leur dimensionnement. Je m'intéresse plus particulièrement à l'aspect pratique de ces questions, comment cela est mis en pratique par les acteurs, comment ils s'y prennent.

Je réalise une série d'entretiens auprès des différents acteurs intervenant dans un projet ou dossier dans différentes régions de France : Grand Est, N. Aquitaine et Occitanie.

Questions tremplins

Utilisateurs :

. Phase libre

Quel est votre mission, quel poste occupez-vous ?

Pour ce dossier / projet, comment s'est passé, à votre niveau, l'application de la séquence ERC ? Pouvez-vous retracer le déroulement du processus ? Ce qui m'intéresse plus particulièrement, c'est ce que vous, vous avez fait.

Relances uniquement sur les sujets abordés.

. Phase directive

1. *Avez-vous rencontré des difficultés pour accomplir votre tâche dans ce projet ?*
2. *Qu'est-ce qui vous a aidé ? (Doctrine, processus commun, guides internes ou externes, méthodes, formations, colloques etc. ?)*
3. *Pourquoi avez-vous eu recours à tel ou tel outil ? Quels sont ses points positifs ? Y a-t-il des choses à améliorer ? Lesquelles ?*
4. *Si DREAL : avez-vous recommandé au moa d'utiliser une méthode spécifique ? Pourquoi*
5. *Quels sont les critères dont vous avez tenu compte pour évaluer l'équivalence écologique, dimensionner les mesures compensatoires / pour estimer qu'elles sont suffisantes ?*
6. *Est-ce qu'à un moment vous avez regardé spécifiquement la surface de compensation proposée ?*
7. *Si oui, est-ce que vous l'avez comparée à la surface impactée ?*
8. *Que pensez-vous des surfaces / ratios que vous observez en pratique ?*

. Phase de généralisation : est-ce que cela se passe de façon identique pour tous les dossiers / projets ?

- Difficultés
- Aides
- Raisons de recours à outil ou méthode
- Critères des mesures compensatoires
- Surface

. Institutions **précédentes**, parcours, formations initiales et continues.

Figure 19 : Guide d'entretien

3.1.3. Les limites de notre approche

Limites liées aux entretiens

Lors de ces entretiens, certains interlocuteurs (21 personnes) nous connaissaient déjà, une relation de confiance étant établie, leur parole était relativement libre et franche, reflétant nous supposons, leur activité réelle. Pour d'autres personnes (22), nous ne les avons rencontrées que pour la durée de l'entretien et dans certains cas, il était assez évident qu'ils passaient sous silence certains faits ou réflexions. Dans cette configuration, il est vraisemblable que certaines difficultés rencontrées dans l'exercice de leur mission aient pu être tues, par crainte de jugement, ou pour ne pas décrédibiliser leur entreprise ou institution. Cela constitue une première limite de notre méthode.

En outre, certains projets s'étendant parfois sur des périodes très longues, la mémoire des interviewés a pu s'avérer défaillante (ils étaient parfois interrogés sur des faits remontant à trois ou cinq ans en arrière) ou bien ils n'ont pas été en poste sur la totalité du projet. Dans ce cas, le recoupement de leurs informations avec les documents est précieux, mais toutes les informations ne se trouvent pas dans les documents, comme leur réaction lors d'échanges entre les acteurs d'un dossier par exemple.

Enfin, certains acteurs n'ont pu être rencontrés en raison de leur mutation (3 cas) et parfois de refus d'entretien (3 cas), empêchant de recouper les entretiens et les différents points de vue, et ainsi de consolider la reconstitution des opérations (nous en avons tenu compte dans nos analyses).

Face à ces limites, il était difficile d'arriver à reconstituer l'activité des uns et des autres dans le sens ergonomique du terme, c'est-à-dire de reconstituer fidèlement les opérations qu'ils avaient réellement mises en œuvre dans un projet. C'est pourquoi nous avons finalement préféré proposer l'expression « analyse des pratiques » au lieu d'« analyse de l'activité ». Ainsi, dans nos recherches, les pratiques correspondent à ce qui est fait réellement ou à ce qui est fait officiellement, selon le discours des praticiens et confondent finalement sous un même vocable « tâche » et « activité » dont la distinction nous était pourtant apparue comme fondamentale dans la littérature ergonomique.

Sur la base de ces clarifications et adaptations méthodologiques en regard de notre terrain d'études, les objectifs de notre analyse sont de mieux caractériser l'opérationnalité des ME.

Limites liées au contexte de notre recherche

Une deuxième série de limites est à prendre en compte. En effet, l'analyse de l'activité permet d'une manière générale de caractériser une situation de travail existante (Daniellou et Béguin, 2004). Or comme indiqué dans l'introduction, la mise en œuvre actuelle de la séquence ERC est jugée insuffisante. Il s'agit donc de ne pas « sacraliser » les résultats de notre analyse des pratiques au motif qu'ils constitueraient la « vérité du terrain ». Certes, notre approche inspirée de l'ergonomie se veut anthropocentrée, pour reprendre le mot de Rabardel, mais nous devons garder en tête, pour l'interprétation de nos résultats, que les pratiques sont nettement perfectibles.

En outre, la réglementation ERC a évolué au cours de ces dix dernières années, de même que les exigences en termes d'application (objectif d'absence de perte nette de biodiversité depuis 2016). Il est nécessaire d'en tenir compte dans la reconstitution des processus de développement et d'autorisation des projets.

3.1.4. Le traitement des données

Analyse des entretiens

Les entretiens ont tous été retranscrits mots à mots afin d'en analyser le contenu. Les interlocuteurs étaient d'accord pour l'enregistrement et la retranscription de leur parole.

L'analyse a été réalisée manuellement, sans recourir à des logiciels de traitement d'entretiens dont l'utilité est encore critiquable (non prise en compte des tons, ironie, allusions, non-dits, etc.) et n'était pas avérée dans notre cas. Les entretiens ont été analysés par thématique, de façon transversale (Blanchet et Gotman, 2015). Les verbatims relatifs aux différents thèmes de l'analyse des pratiques ont été anonymisés puis isolés et reportés dans un fichier Excel selon les cinq rubriques suivantes :

1. Descriptions des opérations réalisées par les différents acteurs
2. Opérations relatives à la définition et au dimensionnement des mesures compensatoires
3. Contraintes perçues ou rencontrées
4. Ressources mobilisées
5. Verbatims spécifiquement relatifs aux ME.

Des hypothèses de critères d'utilisabilité et d'acceptabilité socio-organisationnelle, complétant les critères issus de la littérature en ergonomie ont été émises sur la base des entretiens. Leur vérification a été réalisée de la même façon en isolant tous les verbatims relatifs à chacun des critères.

L'analyse thème par thème a ainsi été possible en procédant à des regroupements.

Cette analyse a été complétée par une analyse par entretien (Ibid.) qui se justifie « *lorsqu'on étudie des processus, des modes d'organisation individuels en tant qu'ils sont révélateurs (...) d'un mode de réalisation de tâche professionnelle (ergonomie cognitive)* » (p. 94), particulièrement utile pour l'étude des projets explicités ci-dessous.

Etudes des projets

Le déroulement des projets a été reconstitué de la façon la plus complète possible à partir des entretiens et des documents associés. Une chronologie a été réalisée reprenant toutes les étapes et les événements identifiés à partir des entretiens et des documents relatifs au projet. Des recoupements d'informations ont été systématiquement réalisés lorsque cela était possible, entre les entretiens et les documents. Cela a mis en évidence parfois la nature confuse des souvenirs de nos interlocuteurs sur des événements remontant à plusieurs années et nous a incité à la prudence sur l'interprétation de certaines données (nous rappellerons cette limite lors de l'analyse).

Les principaux éléments à **retenir** de la démarche d'analyse des pratiques mise en œuvre dans le cadre de nos recherches sont résumés dans la figure 20 ci-dessous :

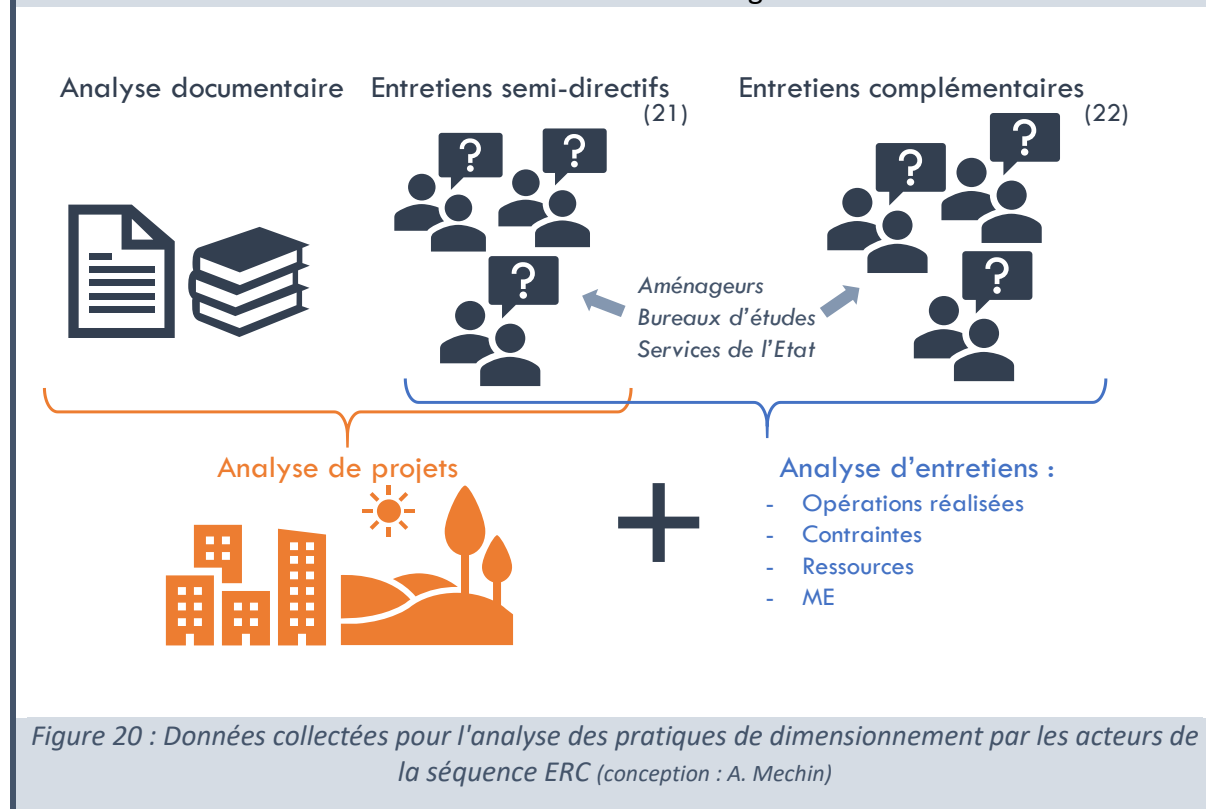


Figure 20 : Données collectées pour l'analyse des pratiques de dimensionnement par les acteurs de la séquence ERC (conception : A. Mechin)

3.2. Les terrains d'étude

3.1.1. Principes d'échantillonnage

Le principe qui a guidé notre plan échantillonnage a été de **refléter la variabilité des situations** de travail. Ce paramètre est particulièrement important à prendre en compte en ergonomie (Daniellou et Béguin, 2004). En effet, notre objectif, en nous inspirant de l'approche ergonomique, est d'adapter les ME à la réalité du terrain, et non pas à un cas idéal ou un cas moyen théorique. En basant notre choix des terrains d'étude sur leur diversité, notre objectif est d'embrasser un large spectre de situations possibles.

Pour cela, nous nous référons au triangle de l'analyse de l'activité représenté en figure 17. La diversité des situations de travail doit cibler à la fois les conditions internes et les conditions externes pour refléter la variabilité des situations d'activité.

Pour les **conditions internes**, la diversité se décline au travers :

- Du type de structure à laquelle est rattaché l'interviewé : aménageur, bureau d'études ou services de l'État
- Du niveau d'expérience sur la mise en œuvre de la séquence ERC en tant qu'aménageur, bureau d'études, services de l'État
- Du type de fonction, chez les aménageurs (chefs de projet et responsable environnement / expert ERC), chez les services de l'État (agent de service instructeur de DDT, de DREAL, agent des services d'expertise de l'AFB ou du CSRPN ou CNPN)

- Du niveau de connaissances en sciences naturalistes ou écologiques (expert, niveau intermédiaire, non initié).

Pour les **conditions externes**, la diversité se décline au travers :

- Des types d'organisations : il s'agit de traiter des aménageurs ayant des statuts public ou privé, ayant des fréquences de projet d'aménagement variables, et une taille (donc des moyens) plus ou moins grande.
- De la diversité des projets : l'emprise surfacique des projets qui peut être plus ou moins grande, et le type d'infrastructures (linéaire ou surfacique).
- De la diversité des enjeux écologiques : impacts sur des zones humides ou sur des espèces protégées, qui ont donné lieu jusqu'en 2017 à des procédures différentes.
- De la diversité des territoires.

Pour ce dernier critère, il convient de définir d'abord ce qu'on entend par territoire, mot dont l'usage s'est largement répandu (Moine, 2006). Plottu et Plottu (2009, p.286) le définissent « *comme le résultat, toujours en devenir, des interactions finalisées de l'homme (d'une communauté humaine localisée) avec son milieu* ». Un territoire n'est donc pas nécessairement défini par un contour administratif, son périmètre est déterminé en lien avec la communauté d'acteurs qui y intervient.

Nous choisissons cependant l'échelle administrative. Ce choix est dicté par l'organisation administrative de l'application de la séquence ERC : les services instructeurs sont les DREAL (échelon régional) et les DDT (échelon départemental). Les décisions d'autorisation sont prises par les préfets de départements. C'est pourquoi le périmètre départemental sera privilégié, tout en portant une attention à l'échelle régionale, en raison de l'instruction par les DREAL.

Les paramètres reflétant la diversité des territoires et jouant un rôle dans la séquence ERC, sont définis en se basant sur les recommandations que fait Moine (2006) pour comprendre un territoire et en saisir sa complexité. Selon lui, l'analyse doit porter sur trois composantes (p. 127) :

- « *Le contexte naturel du territoire* », et notamment ses atouts et ses contraintes
- « *L'organisation de l'espace géographique* », en particulier des réseaux, des constructions, de l'occupation humaine, des liens avec le contexte naturel et l'organisation des acteurs
- « *L'organisation des acteurs du territoire* », les différentes échelles et niveaux de gestion et de décision, les documents d'aménagements etc.

Il ne s'agit pas ici de réaliser un diagnostic territorial mais d'identifier les paramètres caractéristiques d'un territoire et qui sont susceptibles d'entrer en jeu dans l'application de la séquence ERC. Leur choix vise à refléter les enjeux de protection de la biodiversité, la pression d'aménagement sur le territoire et la dynamique d'engagement des acteurs dans la mise en œuvre de la séquence ERC (Cf. tableau 10).

Tableau 10 : Paramètres caractérisant la diversité des territoires étudiés

Composantes d'un territoire	Paramètres	Source
Contexte naturel du territoire	Région biogéographique	Directive Habitats 1992/XX
	Indice de biodiversité % du territoire en Natura 2000, ZNIEFF de type I ou II Fragmentation des espaces naturels	Witté et Touroult, 2014 INPN INPN – observatoire des territoires
Organisation géographique	Longueur du réseau de transport (routier et ferroviaire) (2010) / surface départementale	Observatoire des territoires
	Densité de population (2016)	Observatoire des territoires – INSEE
	% de sols artificialisés (2015)	Agreste
	Nombre de villes de plus de 100 000 habitants	INSEE
	Taux annuel d'évolution de la population (2011-2016)	Observatoire des territoires - INSEE
Organisation des acteurs du territoire	Existence d'une communauté d'acteurs de la séquence ERC organisée	L'auteur

Le choix de notre échantillon a enfin été également guidé par la possibilité d'accès aux données ou aux acteurs.

Les différents paramètres pris en compte pour établir notre échantillonnage sont résumés dans la figure 21 ci-dessous :

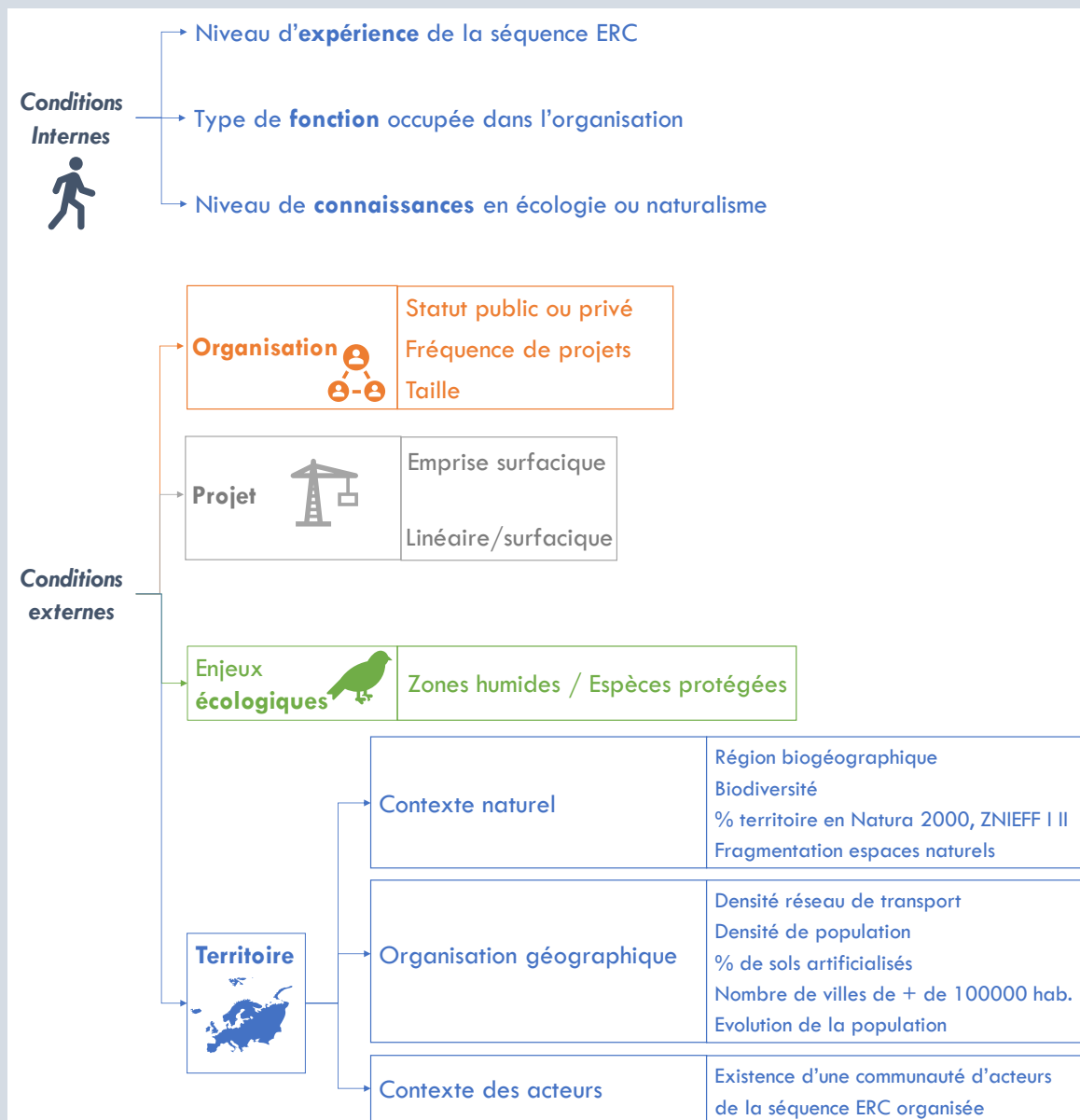


Figure 21 : Critères d'échantillonnage de nos terrains d'étude basés sur la variabilité des situations de travail des acteurs de la séquence ERC (conception : A. Mechin)

3.1.2. Choix des terrains d'étude

Le choix des projets étudiés a été fait en rapport avec quatre aménageurs, partenaires financiers de nos travaux de recherche et avec une volonté de représentativité (diversité des projets).

Notre échantillonnage s'est ainsi constitué autour de trois régions. Il est à noter que certaines régions ont fusionné en 2017. Nous avons retenu les régions non-fusionnées car les projets ont été instruits avant leur fusion. En outre, pendant la période d'interview (2018-2019), la

réorganisation des services de l'État n'était pas achevée, les habitudes de travail des anciens périmètres régionaux perduraient. Les trois régions d'implantation des projets étaient :

- la Champagne-Ardenne (aujourd'hui intégrée dans la région Grand-Est),
- le Languedoc-Roussillon (faisant partie dorénavant de l'Occitanie),
- l'Aquitaine (intégrée depuis dans la Nouvelle-Aquitaine).

Nous avons retenu quatre grands projets portés par les aménageurs partenaires :

- Une construction d'autoroute (très grande infrastructure linéaire, cf. figure 22)
- Un élargissement d'autoroute (grande infrastructure linéaire, cf. figure 24)
- Une construction de gazoduc (très grande infrastructure linéaire, cf. figure 23)
- Une construction de grande ZAC¹⁷ (infrastructure aréolaire commerciale)

Nous les avons complétés par quatre autres projets, de moindre envergure, situés dans les mêmes régions :

- La construction d'une rocade routière (infrastructure linéaire moyenne)
- La construction d'un barreau de raccordement routier à une autoroute (petite infrastructure linéaire)
- La construction d'une petite ZAC (infrastructure aréolaire résidentielle)
- La construction d'un lotissement (infrastructures aréolaire résidentielle)

Pour chacun de ces projets, des entretiens (21) ont été menés auprès des aménageurs, bureaux d'études et services de l'État ayant instruit ou expertisé le dossier. Durant les travaux de terrains, sur les huit projets retenus, nous avons rencontré des difficultés à obtenir l'ensemble des données pour les trois « gros » projets (les deux autoroutes et le gazoduc) en raison de l'ampleur des périodes sur lesquelles ces projets se déroulent. En effet, de nombreux acteurs ayant participé au dimensionnement ont changé de poste et n'ont pas pu être interviewés. C'est pourquoi nous avons décidé de présenter nos résultats, fruits d'une analyse approfondie, pour les cinq projets restants. Les nombreux matériaux collectés pour les 3 projets non retenus, bien qu'incomplets, nous ont été utiles en tant que données complémentaires mobilisées en analyse (option d'explication de variable, affinement de résultat ou de discussion). Les entretiens ont été complétés par la collecte de documents relatifs aux projets (Cf. annexe n°7) : dossier d'autorisation, courriers, arrêtés d'autorisation, etc.

Enfin, ces données ont été complétées par les interviews de 22 autres acteurs, choisis selon nos critères de variabilité en dehors du contexte de ces projets étudiés, mais dans les mêmes régions administratives. Le but était de recouper certaines explications données ou de révéler certaines influences locales sur les pratiques observées. En outre, nous avons eu la chance d'élargir nos entretiens à des acteurs d'autres régions, la Lorraine, et la Guadeloupe.

3.1.3. Vérification du respect du principe de diversité

Notre terrain d'études se compose finalement de cinq projets (+ trois en complément), répartis dans trois régions et sept départements ainsi que d'un échantillon d'acteurs constitué de 43 personnes. Les tableaux suivants décrivent les caractéristiques des terrains d'études

¹⁷ Zone d'Aménagement Concertée

reflétant une logique de diversité dans les échelles et les types de projets étudiés, dans un objectif de robustesse et de répliquabilité de l'analyse.

Les acteurs

Les entretiens sont répartis comme indiqués dans le tableau 11.

21 entretiens ont été réalisés dans le cadre de l'étude des huit projets et 22 entretiens ont été réalisés en complément. La répartition entre les trois régions et les trois types d'acteurs est équilibrée.

Tableau 11 : Nombre d'entretiens réalisés par région et par type d'acteurs

	Aménageurs	Bureaux d'études	Services de l'État	Total
Aquitaine	4	4	4	12
Champagne-Ardenne (+ Lorraine)	2	2	6	10
Languedoc-Roussillon	9	5	4	18
Guadeloupe	1	1	1	3
Total	16	12	15	43

L'annexe n°8 présente de façon plus détaillée la répartition des interviewés selon les paramètres de variabilité retenus. L'annexe n°9 indique la liste des interlocuteurs interrogés.

Les projets

Les projets étudiés se répartissent de façon équilibrée entre infrastructure linéaire et aréolaire, entre statut public ou privé des aménageurs (Cf. tableaux 12 et 13).

Tableau 12 : Informations principales décrivant les cinq projets analysés

Dénomination du projet	Lotissement aquitain	ZAC occitane	Rocade	ZAC de la gare	Raccordement
Type de projet	Aréolaire	Aréolaire	Linéaire	Aréolaire	Linéaire
Emprise (en ha)	4	30	18	40	21
Statut du maître d'ouvrage	Privé	Privé	Public	Public	Public
Enjeux écologiques	Zone humide et espèces protégées	Espèces protégées	Zone humide et espèces protégées	Espèces protégées	Zone humide et espèces protégées
Stade d'avancement	Autorisé	En suspens après refus	Autorisé	Avant-Projet	Autorisé
Département	Gironde	Gard	Aude	Gard	Ardennes

Tableau 13 : Informations principales décrivant les trois projets complémentaires

Dénomination du projet	Elargissement autoroute	Construction autoroute	Gazoduc
Type de projet	Linéaire	Linéaire	Linéaire, souterrain
Emprise (en ha)	27 km de linéaire	300	159
Statut du maître d'ouvrage	Privé	Public	Privé
Enjeux écologiques	Zone humide et espèces protégées	Zone humide et espèces protégées	Zone humide et espèces protégées
Stade d'avancement	Autorisé, en service	Autorisé, en service	Autorisé, en service
Département	Landes	Ardennes	Landes - Gers

Des informations complémentaires sont disponibles en annexe n°10.



Figure 22 : Projet construction d'autoroute



Figure 23 : Projet de gazoduc, avant le démarrage des travaux. Le piquetage délimitant la zone d'emprise du chantier a été réalisé.





Figure 24 : Projet d'Elargissement d'autoroute. L'emprise du chantier est délimitée par les barrières métalliques.

Les territoires

Afin de décrire de façon synthétique les trois régions concernées par les cinq projets étudiés, nous avons constitué 4 classes par quartiles pour chaque paramètre ayant une valeur numérique (Cf. tableaux 13 et 14 en annexe n°11) et les avons associées à un degré de richesse en biodiversité (ou d'enjeu de protection de la biodiversité) et à un degré de pression anthropique (Cf. tableau 14 ci-dessous). Ainsi un département dont le pourcentage du territoire classé en Natura 2000 appartient à la classe n°3 sera interprété comme un département plutôt riche en biodiversité. De même, un département dont la densité de population appartient à la classe n°1 sera considéré comme un département soumis à une faible pression anthropique.

Le tableau 14 présente une vision synthétique de la valeur des paramètres décrivant leur contexte naturel et leur organisation géographique.

Tableau 14 : Classes de valeurs des paramètres descripteurs des départements accueillant les huit projets étudiés

	Classes	1	2	3	4
		Richesse en biodiversité			
Contexte naturel					
	% territoire en Natura 2000		33 40		08 11 30 34
	% territoire en ZNIEFF 1	33 40 08		30 34	11
	% territoire ZNIEFF 2	40	33 08		11 30 34
	Indice fragmentation espaces naturels	40 11 30 34	33 08		
	Classes	1	2	3	4
		Pression anthropique			
Organisation géographique					
	Densité transport	40 08	11 34	33 30	
	Densité de population	40	08 11	33 30	34
	% sol artificialisé	40 08	11 30 34	33	
	Taux annuel d'évolution de la population	08		33 40 11	30 34
Légende :					
Départements d'Aquitaine : 33 : Gironde, 40 : Landes					
Départements de Champagne-Ardenne : 08 : Ardennes					
Départements du Languedoc-Roussillon : 11 : Aude, 30 : Gard, 34 : Hérault					

Pour résumer, nous décrivons de façon très simplifiée les trois régions concernées par les huit projets étudiés de la façon suivante:

- L'Aquitaine est caractérisée par une richesse moindre en biodiversité, et par une pression d'aménagement contrastée entre les deux départements considérés, la Gironde : densément peuplée et aménagée et les Landes : peu peuplée et peu aménagée.
- Les Ardennes sont caractérisées par une richesse moindre en biodiversité, et par une faible pression d'aménagement.
- Le Languedoc-Roussillon est caractérisé par une richesse importante en biodiversité (répertorié comme un « hotspot » mondial de biodiversité), et par une pression d'aménagement élevée dans l'Hérault et le Gard et moindre dans l'Aude.

(Cf. carte 4)

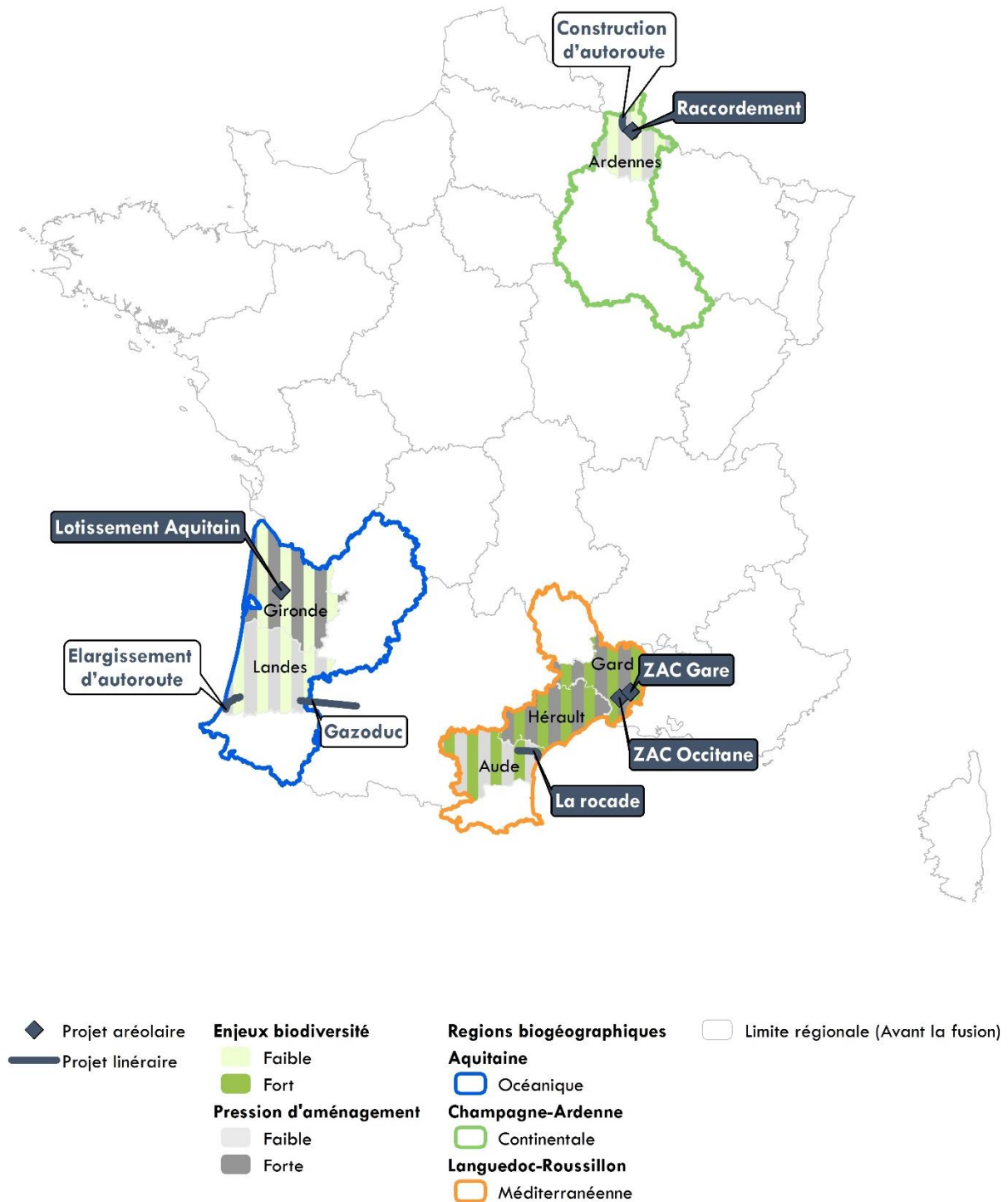
En outre, ces trois régions administratives appartiennent à des régions biogéographiques différentes, ce qui induit des enjeux écologiques de nature différentes.

Enfin, chacune d'entre elle est engagée dans une dynamique d'acteurs différente vis-à-vis de l'application de la séquence ERC :

- Une communauté des acteurs de la séquence ERC organisée depuis 2013 en Languedoc-Roussillon (et 2017 en Occitanie)
- Une communauté en cours d'organisation en Champagne-Ardenne (Grand-Est)
- L'absence de communauté organisée en Aquitaine.

Ainsi, ces trois régions constituent des contextes diversifiés pour les cinq projets principaux et les trois projets complémentaires aux échelles et aux enjeux variés. Cela nous paraît bien répondre à un objectif scientifique de variété territoriale.

Terrains d'étude de la thèse



Sources : Agnès MECHIN - ECOMED 2019 / ADMIN EXPRESS@IGN Réalisation : Agnès MECHIN – ECO-MED 23/01/2020

Carte 4 : Les terrains d'étude des travaux de recherche

4. Conclusion du chapitre 2 : résultats intermédiaires et résultats attendus

4.1. Résultats intermédiaires

4.1.1. Proposition de définition pour l'opérationnalité

Nous avons proposé une définition de l'opérationnalité qui s'applique aux ME. Une ME opérationnelle est une ME qui :

- permet à l'utilisateur dans un contexte précis, de réaliser l'opération attendue, c'est-à-dire une ME qui correspond à l'usage attendu (**utilité**),
- facilement et de façon efficiente (**utilisabilité**),
- tout en étant adaptée au contexte dans lequel l'utilisateur exerce son activité (**acceptabilité socio-organisationnelle**).

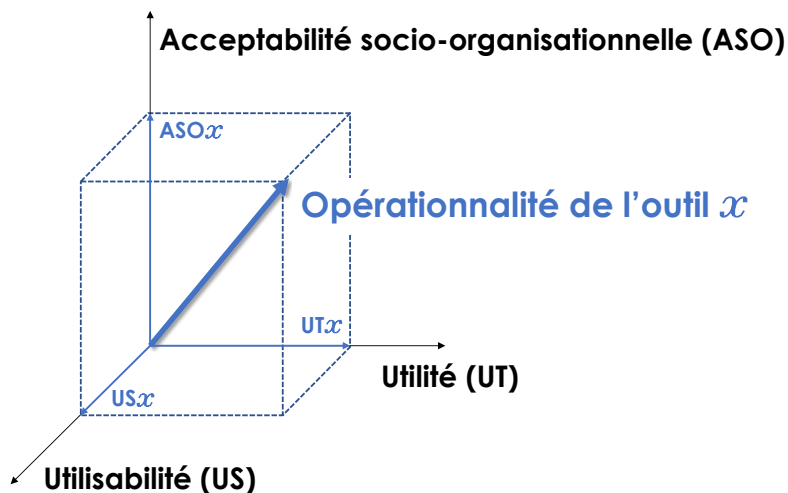


Figure 15 : Définition de l'opérationnalité (conception : A. Mechin et S. Pioch)

En outre, utilisabilité et acceptabilité socio-organisationnelle peuvent être associés à des **critères**. L'ensemble des critères d'utilisabilité et d'acceptabilité socio-organisationnelle constitue les **critères d'opérationnalité**.

4.1.2. Proposition de repères méthodologiques pour une conception orientée vers l'opérationnalité

Nous avons identifié des repères méthodologiques pour une conception orientée vers l'opérationnalité des outils (Cf. figure 25) et reposant sur :

- l'identification des tâches, usages et caractéristiques de l'utilisation et de son contexte d'activité
- L'évaluation de l'outil comme une étape de la conception
- La nécessité de faire tester l'outil par les utilisateurs en situation pour la phase d'évaluation

Nous les adaptons dans notre démarche de recherche de la façon suivante :

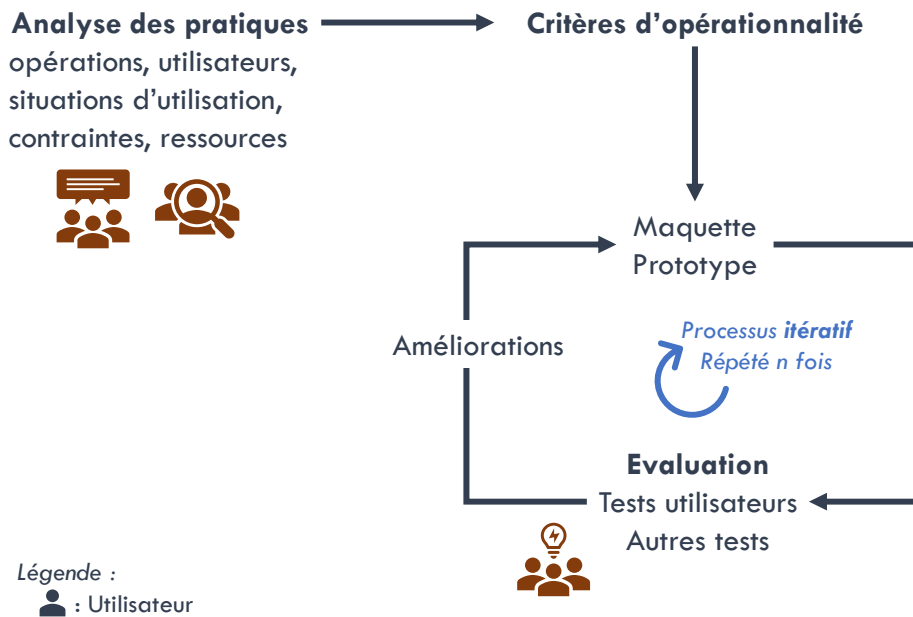


Figure 25 : Processus de conception orienté vers l'opérationnalité, adaptée de la figure 16

(conception : A. Mechin)

La définition de l'opérationnalité, les critères associés, les protocoles d'évaluation et les repères méthodologiques de conception constituent notre **cadre d'analyse de l'opérationnalité**.

4.2. Résultats attendus

Nous attendons de l'analyse des pratiques de dimensionnement des mesures compensatoires (Cf. chapitre 3), les résultats suivants :

- Une **typologie** des utilisateurs de ME et des usages de ME
- La proposition de **critères** d'opérationnalité, déclinés en critères d'utilisabilité et d'acceptabilité socio-organisationnelle pour les ME.
- La proposition de **protocoles d'évaluation** de l'opérationnalité des ME.
- La **vérification des repères méthodologiques** pour une conception d'outils orientée vers l'opérationnalité.

Ces résultats sont détaillés dans le chapitre 4.

Nous discuterons ensuite dans le chapitre 5 de ces résultats au travers :

- d'une analyse de l'intégration de l'opérationnalité dans les processus de conception des ME françaises décrites au chapitre 1.
- de leur application à la méthode MERClé, dont nous avons assuré la conception avant les travaux de recherche dont il est rendu compte ici.

Chapitre 3

Analyse des pratiques
de dimensionnement
des mesures compensatoires
en France

L'objectif de ce chapitre est de produire les connaissances nécessaires à la caractérisation de l'opérationnalité des méthodes de dimensionnement, soit leur utilité, leur utilisabilité et leur acceptabilité socio-organisationnelle.

Nous exposons comment se déroule le dimensionnement des mesures compensatoires du point de vue des acteurs impliqués, au travers de l'analyse des différents projets d'aménagements sélectionnés, et des entretiens complémentaires réalisés auprès des principaux acteurs du dimensionnement.

Nous identifions :

Les opérations mises en œuvre par les acteurs pour dimensionner les mesures compensatoires

Une typologie des acteurs impliqués

Les contraintes auxquelles ils sont soumis

Les ressources sur lesquelles ils s'appuient

La place occupée par les méthodes d'évaluation dans les pratiques actuelles.

Ces différentes informations seront ensuite exploitées dans le chapitre 4.

Ce chapitre comporte de nombreux verbatims extraits des entretiens et lui conférant un volume relativement conséquent par rapport au reste du manuscrit.

Le choix a été fait de les laisser dans le corps du chapitre afin d'étayer nos propos et de les rendre plus vivants. Toutefois, ils sont suffisamment détachés du corps du texte afin de laisser la possibilité au lecteur s'il le désire, de sauter leur déchiffrement.

1. Les projets étudiés et leur contexte

Nous avons recueilli un grand nombre d'informations permettant de retracer plus ou moins précisément l'histoire de ces projets jusqu'à leur autorisation. Afin de faciliter la lecture, nous avons sélectionné et synthétisé les informations les plus pertinentes dans l'annexe n°12. Nous avons reporté ci-après la chronologie des principales étapes de leur déroulement dans les figures 26 et 27.

Il est important de noter que ces différents projets ont tous démarré avant 2017 c'est-à-dire avant la mise en place de l'autorisation environnementale unique. Ils étaient alors soumis à des procédures d'autorisations séparées entre dossier Dérogation Espèces Protégées (DEP) et dossier loi sur l'eau (DLE).

Pour clarifier notre propos, nous nous référerons lorsque cela sera nécessaire, aux trois grandes étapes de conception d'un projet tels que présentées dans l'article 7 de la loi n°85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique (MOP) :

Esquisse (ESQ) → Avant-Projet (AVP) → Projet (PRO)

Évolution réglementaire	2014	2015	2016 <i>Loi Biodiversité</i>	2017 <i>Décret Autorisation environnementale</i>	2018	2019
Lotissement aquitain		Dépôt du dossier loi sur l'eau	Nombreuses demandes de compléments Retrait du dossier		Dépôt dossier d'autorisation environnementale Dem. de compléments	Avis OK CNPN Arrêté autorisation
ZAC occitane		Dépôt du dossier DEP Avis négatif CNPN		Dépôt dossier DEP n°2 Dossier refusé par la DREAL – demandes de compléments	Dépôt dossier DEP n°3 Dossier refusé par la DREAL – demandes de compléments	Pas de réponse aux demandes de compléments
Raccordement	Choix du tracé Réunion de cadrage	Dépôt des dossiers d'étude d'impact, loi sur l'eau et DEP	Dem. de compléments par la DDT Enq. Publique Avis CNPN OK sous conditions.	Autorisation préfectorale		
Rocade	La DREAL demande un dossier DEP	Montage du dossier DEP Échanges entre BE et DREAL	Dépôt du dossier DEP Avis OK CNPN	Autorisation préfectorale		
ZAC de la gare	Emergence du projet	Diagnostic naturaliste pour un projet voisin	Recrutement d'un directeur par le MOA pour piloter le projet	Prédiagnostic naturaliste par le BE	Diagnostic naturaliste par le BE Réunion DREAL MOA	Stade « plan-guide » Dialogue « environnement » - « technique »

Figure 26 : principales étapes identifiées pour les projets étudiés

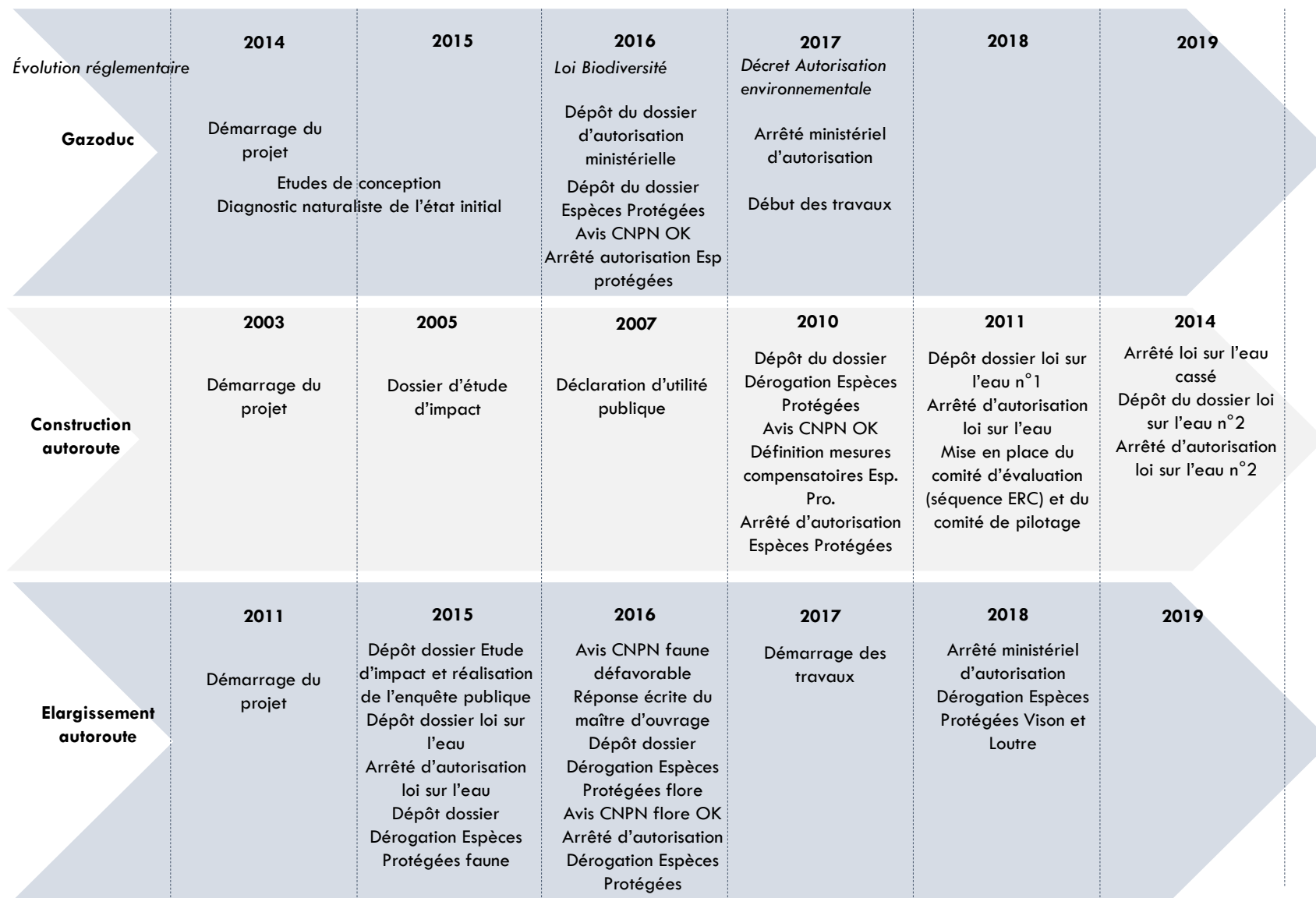


Figure 27 : principales étapes identifiées pour les projets complémentaires étudiés

2. Déroulement du dimensionnement des mesures compensatoires

L'analyse de l'histoire des projets sélectionnés ainsi que des entretiens complémentaires nous ont permis de comprendre et caractériser le déroulement du dimensionnement des mesures compensatoires. Cela constitue notre premier niveau d'analyse des pratiques. La figure 28 présente les différentes étapes du dimensionnement des mesures compensatoires que nous allons présenter en détail dans ce qui suit.

Nous ne faisons pas apparaître les étapes de définition des mesures d'évitement et de réduction, notre recherche ne portant pas sur ces volets de la séquence ERC. Mais il est intéressant de noter que ces deux étapes, prioritaires sur l'étape de compensation, étaient évoquées par les différents interlocuteurs lors des entretiens. Elles étaient d'ailleurs intégrées pleinement au processus de conception de projets chez certains aménageurs dès la phase Esquisse.

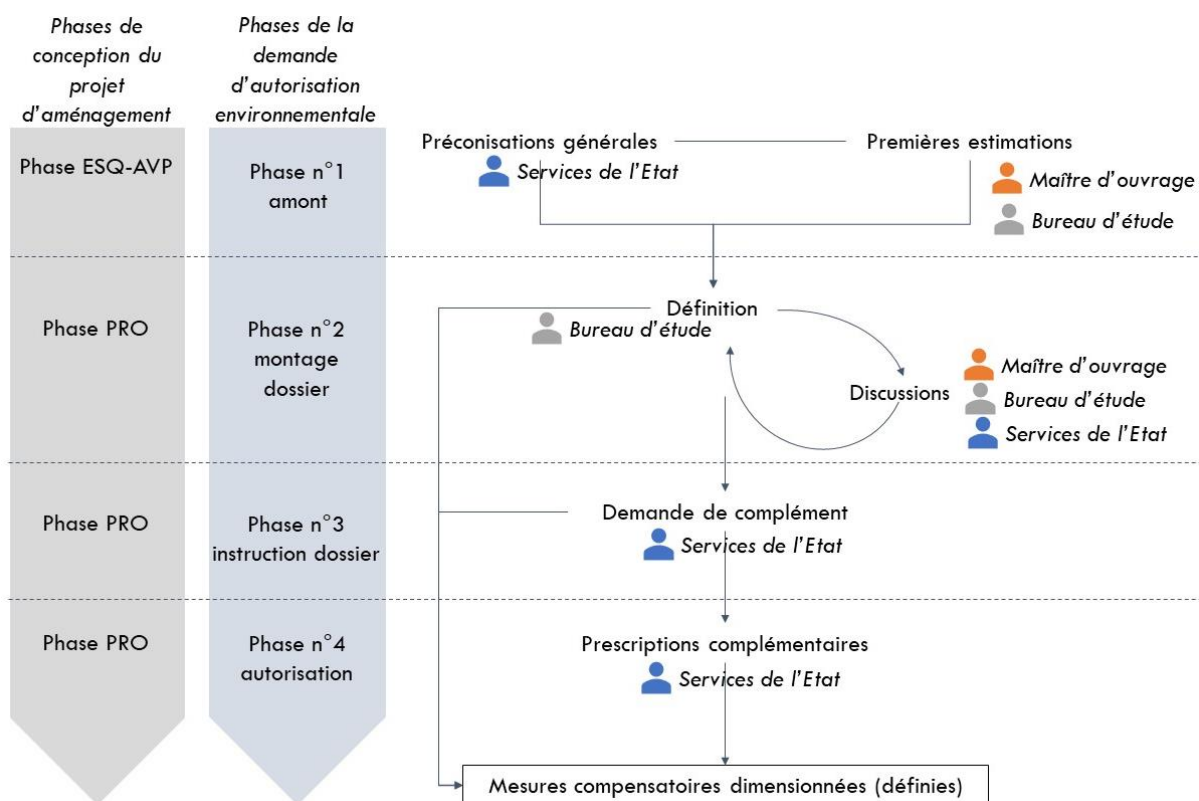


Figure 28 : Processus de définition et dimensionnement des mesures compensatoires (conception : A. Mechin)

2.1. Les étapes du dimensionnement : un véritable processus

Le dimensionnement des mesures compensatoires n'est pas une action ponctuelle mais un véritable processus que l'on peut décomposer en quatre, voire cinq étapes qui ont cours tout au long du processus de conception du projet d'aménagement.

2.1.1. Phase n° 1, amont : les recommandations des services de l'État

Il peut commencer dès la phase amont du projet (AVP), en réunion de cadrage entre services de l'État, aménageur et bureau d'études. A ce moment-là, les services de l'État donnent leurs recommandations sur l'application de la séquence ERC, et en particulier sur les mesures compensatoires et les critères à respecter. Les recommandations peuvent être plus ou moins précises, directement issues des Lignes Directrices, ou ré-interprétées et explicitées par les agents de la DDT ou de la DREAL.

Elles peuvent aller jusqu'à la demande d'appliquer une méthode en particulier pour le dimensionnement de la compensation. C'est le cas par exemple dans le cas du projet du Raccordement. C'est lors de la réunion de cadrage que la DDT a suggéré au maître d'ouvrage d'utiliser la méthode dite « par point » pour dimensionner la compensation en zone humide. Cette méthode avait été mise au point et utilisée pour les mesures compensatoires du projet d'autoroute voisin. L'objectif était de traiter équitablement les deux projets et cela permettait aussi de simplifier le montage du dossier et l'instruction, en l'absence d'autre méthode à l'époque (nous sommes en 2013) :

« En fait, ils étaient perdus, ils savaient pas quoi faire et on a dit, écoutez, on est dans le même secteur que l'A304, avec le même genre d'impact, donc vous pouvez prendre la méthode qui vient d'être validée pour l'autoroute A304 » (Un agent Police de l'eau en DDT).

Ces recommandations sont faites à la suite de la sollicitation des services instructeurs par des aménageurs expérimentés ou des bureau d'études.

« Les porteurs de projets qui sont habitués à mener ce type de démarche et qui font travailler des bureaux d'études, qui là aussi, sont habitués à l'exercice, généralement, nous consultent assez rapidement dès qu'il y a une problématique espèces protégées identifiée. C'est plus intéressant d'avoir des échanges avec nous en amont pour bien cadrer la démarche. » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

En outre, lors de la phase amont du projet, le maître d'ouvrage, une fois connues les recommandations de l'Etat, peut vouloir connaître d'ores et déjà les premières indications sur le type et le dimensionnement des mesures compensatoires pour commencer sa recherche foncière. C'est le cas d'une collectivité territoriale pour le projet de ZAC de la gare. Alors que le projet n'est pas encore bien défini (en termes d'emprise et de nature d'activité), le sujet est abordé en réunion interne par un chef de projet « technique » :

« Quand est-ce qu'on va être capable de dire combien ça va coûter ? A la louche hein ! » (Un chef de projet « technique » lors de la réunion bureau d'études naturaliste et maître d'ouvrage du 6 décembre 2018).

Au-delà de l'aspect purement financier qui intéresse les chefs de projet pour les budgets prévisionnels, les responsables environnement des aménageurs se penchent sur le dimensionnement des mesures compensatoires afin de commencer la recherche foncière au plus tôt. Le service environnement a formulé cette demande à son bureau d'études naturaliste

qui présente ses premières estimations de la dette compensatoire dès 2019, alors que le projet est encore en phase Esquisse, bien en amont du dépôt de dossier.

En résumé, en phase AVP :

Si l'aménageur ou le bureau d'études les sollicitent, les services de l'État émettent leurs recommandations pour le dimensionnement des mesures compensatoires qui peuvent se décliner différemment selon les cas :

- Rappel réglementaire
- Interprétation réglementaire
- Utilisation d'une ME spécifique

2.1.2. Phase n° 2, projet : les échanges entre bureau d'études, maître d'ouvrage et services de l'État

Ensuite, pendant la phase Projet (au sens de la loi MOP), les impacts sont identifiés et le dossier d'autorisation est monté. Le bureau d'études définit et dimensionne alors les mesures compensatoires. Les propositions de mesures compensatoires sont faites par le bureau d'études, à l'aménageur qui peut les accepter ou non, car c'est lui qui en est responsable. Cet échange peut se passer de diverses manières selon le degré d'expertise du maître d'ouvrage vis-à-vis de la séquence ERC ou selon ce qu'il juge lui-même acceptable pour son projet.

En effet, lorsque le maître d'ouvrage est confronté pour la première fois à la séquence ERC et à la demande de mesures compensatoires, il peut réagir avec une certaine hostilité face aux propositions du bureau d'étude ou aux demandes des services de l'État. Ca été le cas pour le projet de Rcade. Le maître d'ouvrage contestait le niveau de pertes écologiques et le fait de devoir compenser pour des espèces protégées dont la présence n'était que potentielle, faute d'un inventaire initial suffisant.

« On est sur des terrains, c'était des vignes (...) avec une richesse environnementale très faible entre les traitements, les labours et l'inondation pendant l'hiver. Seulement comme les acquisitions foncières ont démarré assez tôt (...), on a eu des terrains qui ont évolué vers des friches et qui se sont enrichis. (...) et ça aussi c'est quelque chose qui est un peu difficile à comprendre ou à admettre, c'est qu'on a laissé s'enrichir ces terrains et c'est sur la richesse au moment où on fait les travaux qu'on base toute cette procédure. » (Le chef de projet du maître d'ouvrage).

De même, l'acceptation n'a pas été sans difficulté pour le projet de Raccordement. Cependant il existe un précédent. Le projet de construction d'autoroute (A304) dont l'autorisation a été annulée par le tribunal administratif (décision du 23 janvier 2014 du tribunal administratif de Chalons en Champagne) en raison de l'insuffisance des mesures compensatoires, a mis en lumière cette obligation réglementaire. Le maître d'ouvrage ne contestait pas spécialement la dette compensatoire mais ne savait pas comment gérer cette obligation, se sentant « noyé » dans les dossiers administratifs :

« Ca nous semblait lourd de mener les procédures d'un seul bloc. (...) Toute la partie dossier environnemental, c'était... c'était la nage quoi ! » (Le maître d'ouvrage).

Lorsque le maître d’ouvrage a un certain niveau d’expertise, la discussion peut s’engager sur le fond entre le bureau d’études et l’aménageur qui doit alors être convaincu par la démonstration du bureau d’études. Dans ce cas, l’interlocuteur de l’aménageur est un responsable environnement, spécialisé notamment sur la séquence ERC. Ainsi, le maître d’ouvrage se prononce sur le diagnostic de l’impact, fort de ses retours d’expérience sur les projets précédents et joue donc sur l’évaluation des pertes écologiques.

« On passe en parallèle d’une ancienne canalisation [sous-terrain]. Et en fait l’habitat qu’ils veulent qu’on compense, il est au-dessus de l’ancienne canalisation. Donc comment tu veux m’expliquer qu’on a un impact durable, alors que l’habitat qu’on va compenser, il a repoussé et il est exactement dans cet état-là sur l’ancienne canalisation. Donc, je peux pas compenser sur ça. On a expliqué tout ça, il y a eu beaucoup de discussion, je leur avais demandé d’expliquer dans le dossier qu’effectivement, ça pouvait être un habitat où on pouvait avoir des doutes mais quand on regarde ce qui se passe au-dessus des anciennes canalisations à 50 m de là, clairement, le milieu revient donc on compensera pas sur ça parce que c’est pas [un impact] durable. (...) et derrière le CNPN... Ça a même pas, voilà. Ils ont même pas relevé la question. » (Le responsable environnement d’un aménageur).

Les propositions de mesures compensatoires peuvent être également soumises avant que le dossier ne soit déposé, aux services de l’État : DREAL et/ou DDT afin d’avoir leur avis et d’apporter les corrections nécessaires au dossier avant sa finalisation. Cela permet de gagner du temps lors de l’instruction. Ces échanges peuvent être menés par le bureau d’études ou bien par le maître d’ouvrage lorsque celui-ci a une certaine expertise sur la question. La teneur des échanges peut varier selon le profil des agents des services de l’État. Certains peuvent faire des relectures de dossier avant le dépôt et indiquer ainsi clairement tous les aspects qui ne sont pas satisfaisants. Là encore, les services de l’État peuvent recommander l’utilisation d’une méthode précise. Dans le cas du projet de Rode, les services de l’État ont indiqué au bureau d’étude, non pas une méthode mais un ratio compensatoire attendu qui a déterminé le dimensionnement des mesures :

« Nous avons eu une discussion directe avec la DREAL sur des principes de ratios et leur demande selon la fonctionnalité et le degré d’enjeu des espèces. On n’a pas eu besoin de mettre en face une méthode de calcul particulière, on a été guidés par la DREAL qui sur ce projet-là avait son idée et elle nous a proposé directement un ratio cohérent. » (Le directeur d’études d’un bureau d’études).

Cette demande peut également être faite par le maître d’ouvrage au bureau d’études, car il sait par retour d’expérience quelles sont les attentes des services de l’État en la matière.

« Nous, dans le cahier des charges, il y a tout un paragraphe qui est dédié aux mesures compensatoires dans lequel on demande au bureau d’études, dans son offre, de nous présenter la méthode qu’il utilise. Il y en a pas 36 000 des méthodes qui tournent, qui sont en tous cas, reconnues en Occitanie, si je prends l’Occitanie, y en a 3-4. Donc on demande au bureau d’études de nous présenter quelle méthode il utilisera s’il y a besoin de compenser. » (Le responsable environnement d’un aménageur).

Ces échanges entre les différentes parties prenantes peuvent donner lieu à des « allers-retours » jusqu'à arriver à une proposition de mesures compensatoires acceptées par le maître d'ouvrage et validées a priori (cela ne remplace pas l'instruction) par les services de l'État.

« On présente toujours au maître d'ouvrage d'abord le ratio, la tranche de ratio que l'on estime avec les surfaces à peu près que l'on estime et ensuite c'est les discussions qu'il faut vraiment avoir avec eux sur le type de compensation à mettre en place, les parcelles qui sont à disposition. » (Un chef de projet de bureau d'études)

Cependant, les échanges entre services de l'État et bureau d'études ou maîtres d'ouvrage en préalable au dépôt du dossier ne sont ni obligatoires ni systématiques et dépendent de la volonté des parties prenantes.

« Nous on aime bien des fois présenter un projet déjà ficelé. (...) Si c'est un projet standard, on mène nos études et on leur soumet le dossier une fois qu'il est prêt, sans forcément avoir eu d'interactions avec eux. » (Un chef de projet de bureau d'études).

« On voulait rencontrer [la DREAL] au cours de l'élaboration pour lui montrer nos propositions, ce qu'elle en pensait et puis au fil du temps, on a toujours eu une réponse négative. On n'a même pas pu avoir un entretien téléphonique donc on a déposé le dossier directement à la DREAL. » (Un chef de projet de bureau d'études).

En résumé, en phase Projet :

- le bureau d'études détermine quelles mesures compensatoires proposer dans le dossier.
- Le bureau d'études les soumet à l'aménageur qui selon son degré d'expérience et d'expertise les discutera, les fera modifier, les acceptera plus ou moins facilement.
- Le bureau d'études ou l'aménageur les soumettent éventuellement aux services de l'État qui donne leur avis, les font modifier éventuellement.
- Aménageur ou services de l'État peuvent indiquer d'utiliser une ME spécifique.

2.1.3. Phase n°3 d'instruction du dossier : des demandes de compléments de la part des services de l'État

Pendant la phase d'instruction du dossier, les mesures proposées sont examinées par les services instructeurs et par des services ou organismes tiers experts (selon les cas, service biodiversité en DREAL ou DDT, AFB, éventuellement Conservatoire Botanique, chercheurs, etc.)

Les échanges avec le maître d'ouvrage et son bureau d'études continuent mais de façon plus formelle, souvent sous la forme de courrier de « demande de complément ». Si des échanges ont eu lieu pendant la phase de montage du dossier et s'ils ont été concluants, le dimensionnement ne donnera pas forcément lieu à de nouvelles discussions dans la phase d'instruction, bien que cela ne soit pas exclu.

« [Pendant le délai de l'instruction], on peut redemander des compléments ou on peut demander des modifications du dossier, une rédaction différente, modifier des mesures. (...) Plus ça a été travaillé en amont, plus vite ça va. Mais c'est assez fréquent de redemander encore des choses après, des précisions. » (Un chargé de mission Police de l'eau d'une DDT)

Durant cette phase encore, l'AFB, ou la DREAL peuvent émettre des demandes concernant le choix d'une ME. C'est le cas par exemple du projet de lotissement aquitain pour lequel l'AFB a indiqué dans la demande de complément envoyée par la DDT, d'utiliser la méthode nationale d'identification des fonctions pour justifier l'équivalence fonctionnelle des mesures compensatoires zones humides.

« Le choix de l'emplacement de compensation n'est pas accompagné des justifications nécessaires : le terrain détruit et la zone compensatoire proposée semblent assez éloignés en termes de fonctionnalité. La mise en œuvre d'une méthode appropriée, telle que la « méthode d'évaluation des fonctionnalités des zones humides » (document coécrit par l'Onema et le MNHN, voir les notes du Directeur de l'Eau et de la Biodiversité du 11/07/2016 et de la Directrice des Infrastructures de Transport du 29/07/2016) permettrait d'appréhender la cohérence de la proposition du pétitionnaire. » (Extrait du courrier de la DDTM adressé au maître d'ouvrage en date du 20 mars 2018).

Il est à noter toutefois que cette demande n'a pas été suivie, et que le dossier a quand même été autorisé¹⁸.

En résumé, en phase d'instruction de dossier :

- Les services de l'État (instructeurs ou expertise) examinent officiellement les propositions de mesures compensatoires.
- Ils peuvent faire une demande officielle de modification *via* une « demande de complément ».
- Ils peuvent demander l'utilisation d'une ME spécifique.

2.1.4. Phase n° 4 d'autorisation du projet : des prescriptions complémentaires

Des mesures complémentaires non présentées dans le dossier d'autorisation peuvent être ajoutées dans l'arrêté préfectoral. C'est le cas en particulier quand le CNPN rend un avis favorable sous condition d'ajouter une parcelle de x ha, avec tel écosystème. Cette

¹⁸ Le bureau d'études a été interrogé sur les raisons du non-respect de cette recommandation mais n'a pas voulu y répondre directement. Au vu de la discussion, il est possible qu'il conteste la validité scientifique de cette méthode. Aménageur et AFB ne se sont pas exprimés clairement sur le sujet ou ont esquivé la question. L'hypothèse est que l'administration s'est montrée plus souple sur cette demande car l'aménageur avait déjà accepté de faire un effort important en termes d'évitement de zone humide en réduisant sa surface d'emprise de projet de 20%. Ce projet est perçu par les services de l'État comme « exemplaire » de ce qui peut être obtenu via le dialogue avec le maître d'ouvrage en raison de la priorité donnée à l'évitement, étape de la séquence ERC la plus performante pour préserver la biodiversité.

prescription est incluse dans l'arrêté préfectoral, à la suite des mesures compensatoires présentées dans le dossier.

« (...) Après, arbitrairement, le CNPN nous a rajouté 5 ha (de parcelle compensatoire) ! On doit les faire derrière, c'est dans l'autorisation. » (Le responsable environnement d'un aménageur).

C'est le cas du projet de Raccordement. Le CNPN dans son avis du 6 septembre 2016 indique que :

« En conséquence, un avis favorable sous conditions est apporté à la demande de dérogation à la destruction d'espèces protégées : (...) une mesure compensatoire foncière ou une convention de gestion doit être recherchée dans la vallée entre la Grange aux Bois et la Boulisse sur une surface d'au moins 2 hectares. » (Extrait de l'avis du CNPN du 6 septembre 2016)

Cette demande est reprise dans l'arrêté d'autorisation préfectoral :

« La présente dérogation est délivrée sous réserve de la mise en œuvre d'une convention de gestion avec le propriétaire ou d'une acquisition foncière par le pétitionnaire de 2 ha dans la vallée de la Sormonne entre la Grange-aux-Bois et la Boulisse, pour une durée minimum de 30 ans, en vue d'une gestion extensive de prairies favorables à la biodiversité. » (Arrêté n°2017-134 de la préfecture des Ardennes).

En résumé, dans la phase d'autorisation :

Les mesures compensatoires peuvent être modifiées au travers de prescriptions complémentaires dans l'arrêté d'autorisation.

2.1.5. Phase n°5 de réalisation du projet : cas exceptionnel ?

C'est le cas de l'élargissement de l'autoroute en région Aquitaine. L'autorisation a été délivrée sans dimensionnement des mesures compensatoires pour les espèces protégées. Le maître d'ouvrage s'est engagé à mettre en œuvre des mesures d'évitement et de réduction définies pendant la phase chantier. Les mesures compensatoires ne seront alors dimensionnées qu'une fois l'impact évalué après la réalisation du chantier pour tenir compte des mesures d'évitement et de réduction effectivement mises en œuvre. Les arrêtés indiquent les espèces ou familles d'espèces ciblées, les grands types d'écosystèmes ciblés et les communes où devront être localisées les mesures compensatoires. L'arrêté prévoit que les propositions de sites et plan de restauration et de gestion soient validées par la DREAL.

Un autre cas de figure est celui du projet de gazoduc. L'arrêté d'autorisation ne prévoit a priori aucune mesure compensatoire zone humide, les mesures d'évitement et de réduction étant suffisantes pour qu'il n'y ait aucun impact résiduel à compenser sur les zones humides. Il indique cependant que :

« Des mesures compensatoires supplémentaires sont proposées et validées par les services de l'État en comité environnemental si les travaux impactent les fonctionnalités des zones humides recensées ou non recensées ». (extrait de l'arrêté d'autorisation du 28 juin 2017).

Les évolutions réglementaires de 2016 et 2017 (loi n° 2016-1087 du 8 août 2016, ordonnance n° 2017-80 et décrets n° 2017-81 et 2017-82 du 26 janvier 2017) prévoient que les mesures compensatoires doivent faire l'objet d'un suivi et être réajustées selon le résultat qu'elles donnent. Il pourrait donc être envisageable que le dimensionnement soit revu à la suite de ce suivi, si les gains obtenus ne sont pas la hauteur de ce qui était attendu. Il est toutefois beaucoup trop tôt pour pouvoir faire de telles observations aujourd'hui. Le suivi de la mise en œuvre effective ou du réajustement des mesures compensatoires en est à ses débuts actuellement.

En résumé, après autorisation du projet :

Les mesures compensatoires peuvent être renforcées en fonction de la réalisation du chantier, bien que cela semble exceptionnel d'après les cas étudiés.

2.1.6. Conclusion intermédiaire

Le processus de dimensionnement comporte plusieurs étapes correspondant aux différentes phases que suit un projet de son développement à son autorisation (Cf. figure 26). Selon les cas, le processus de dimensionnement s'insère dans une phase ou une autre du développement du projet (Cf. figure 29) et ne passe pas par toutes les étapes identifiées.

La tendance générale observée est de privilégier les deux premières étapes : phase amont et discussion dans la phase dossier. Il s'agit d'une part de gagner du temps dans l'instruction dans un contexte de réduction des moyens de l'État. D'autre part, il s'agit d'une demande plus exigeante des services de l'État : les mesures compensatoires doivent être détaillées dans les arrêtés afin de sécuriser leur réalisation par les maîtres d'ouvrage. En conséquence, ils demandent à disposer des informations complètes sur les mesures compensatoires dans les dossiers d'autorisation.

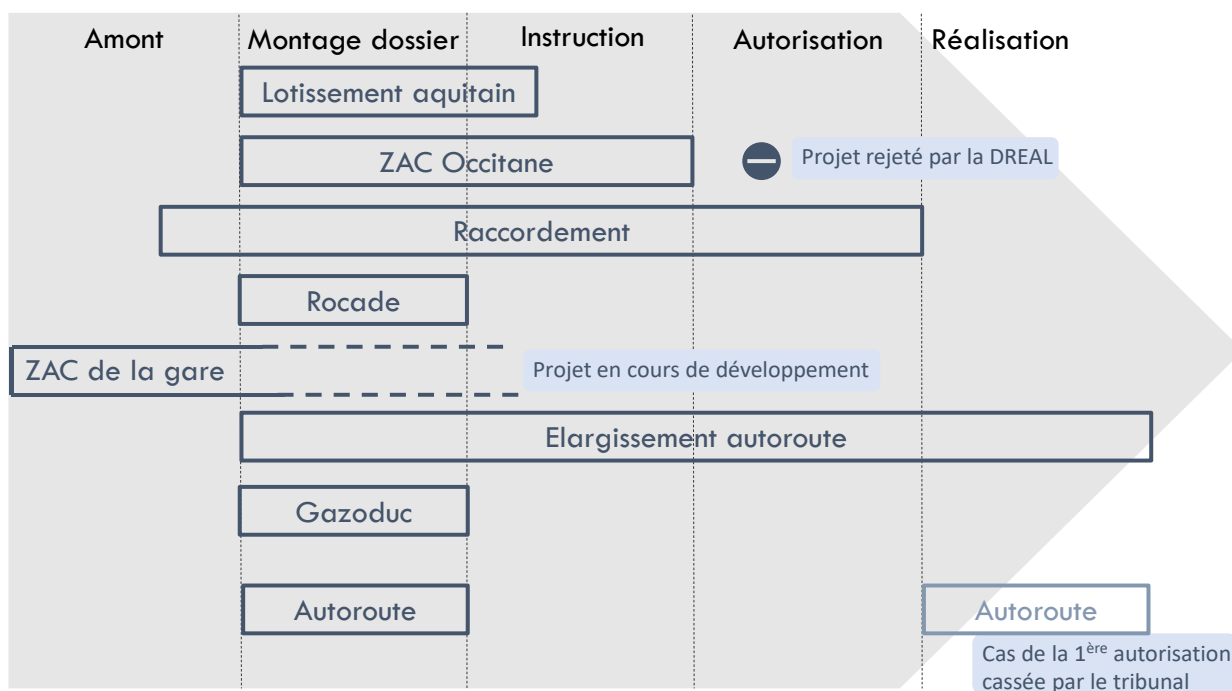


Figure 29 : Phases de l'élaboration d'un dossier d'autorisation environnementale au cours desquelles s'insère le dimensionnement des mesures de compensation des projets étudiés (conception : A. Mechin)

2.2. Une discussion entre aménageur, services de l'État et bureau d'études

Nous l'avons évoqué, au cours des différentes phases du processus, la définition et le dimensionnement des mesures compensatoires font l'objet de discussions et d'échanges entre les différentes parties prenantes : maître d'ouvrage, bureau d'études et services de l'État. Ces discussions peuvent être plus ou moins conflictuelles selon les cas de figure. En effet, toutes les configurations d'échanges ont été évoquées dans les entretiens.

- Le bureau d'études discute avec les services de l'État pour obtenir un dimensionnement le plus avantageux possible pour son client maître d'ouvrage :

« Sachant qu'il y a aussi une négociation qui a eu lieu avec la DREAL parce que normalement, de base, le ratio de compensation pour la tortue d'Herman, il est de 1 pour 10. En fait, y a pas de calcul qui rentre en jeu, c'est de facto, 1 pour 10. On est à 1 pour 5, 1 pour 6, et en fait pour compenser le fait qu'on avait des surfaces un petit peu moindre que ce qui était attendu, il y a eu d'autres mesures d'accompagnement qui ont été faites avec [le maître d'ouvrage]. » (Un chef de projet de bureau d'études).

- Le bureau d'études et les services de l'État argumentent le choix des mesures compensatoires et de leur dimensionnement pour convaincre le maître d'ouvrage de les accepter :

« Il a donc son conseil [le bureau d'études] qui lui présente l'historique du CNPN, donc on a l'expérience du CNPN, des dossiers qui passent et des dossiers qui passent pas. On expose les conditions qui vont faire que son dossier a une chance de passer ou pas. Le dimensionnement en fait partie. Et la DREAL qui a aussi son expérience, qui, dit bon, c'est comme ça. Si vous voulez que ça passe et que j'appuie le dossier, il faut que ce soit comme ça. Et si je ne suis pas d'accord, ben, j'appuierai pas le dossier (...). Donc voilà, c'est comme ça que ça se passe. Donc moi je pense que (...) le maître d'ouvrage, il était forcé de suivre le conseil et les préconisations de la DREAL. » (Un directeur d'études de bureau d'études).

Ce cas de figure concerne particulièrement les aménageurs qui découvrent la séquence ERC. C'est en principe le rôle du bureau d'études de l'accompagner et de le conseiller pour obtenir son autorisation. Mais une certaine méfiance vis-à-vis de leurs recommandations peut nécessiter des échanges supplémentaires avec la DREAL :

« Le bureau d'études a pour moi un rôle très important mais on a besoin d'entendre les choses de la bouche de l'administration. Parce qu'on sait jamais vraiment s'il surinterprète les demandes de la DDTM ou s'il minimise au contraire les demandes de la DDTM, alors que quand on a un retour direct de la DDTM et des explications, c'est toujours plus efficace. » (Un maître d'ouvrage).

- Le maître d'ouvrage et les services de l'État sont d'accord sur les compensations attendues mais le bureau d'étude ne suit pas. Ce cas s'est présenté pour le projet d'Elargissement d'autoroute :

« Il [le bureau d'études] nous avait transmis les dossiers un peu avant [la réunion] et à la lecture on s'est dit mais c'est quoi ce bazar ? (...) Le bureau d'études nous a vraiment pris de haut en disant vous n'y connaissez rien (...) On a fait un retour [au maître d'ouvrage]. Et il nous dit, je suis tout à fait d'accord avec vous. (...) et ils ont changé de bureau d'études un peu au dernier moment. » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL)

Il peut arriver que maître d'ouvrage et bureau d'études ne suivent pas les préconisations des services de l'État. Dans ce cas, le dossier peut être bloqué. C'est le cas du projet ZAC Occitane :

« Les compensations qu'ils m'ont proposées, pour moi, elles bloquent sur un truc un peu précis (...). Le gain écologique il est pas à la hauteur des enjeux pour moi. En pratique, sur ces surfaces concernées, il y a aucun gain écologique par rapport à la gestion actuelle. (...) Je pense que matériellement, il suffirait qu'ils proposent quelques parcelles en plus, plus favorables et on réglerait le problème. Mais je ne sais pas pourquoi, ils bloquent là-dessus. » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

Dans d'autres cas, cela ne bloque pas le dossier, qui peut quand même être instruit, et éventuellement obtenir son autorisation, avec la reprise des recommandations de la DREAL par le CNPN :

« Quand on a fait la visite de terrain avec la DREAL et qu'on a commencé à échanger sur le volume de compensation, ils nous ont clairement exprimé que pour eux c'était insuffisant. Le bureau d'études trouvait ça exagéré aussi, la demande des services de l'État. Donc on a pas voulu accéder à la demande, on a rempli nos dossiers avec notre méthode de calcul, et moi je la défendais en disant je trouve qu'elle est réglo. Et bon après arbitrairement, le CNPN nous a rajouté 5 ha ! On doit les faire derrière, c'est dans l'autorisation. Mais je ne voulais pas entrer dans le truc de dire à mon bureau d'études, tant pis tu bidouilles ta méthode, faut tomber à 15 ha. » (Le responsable environnement d'un maître d'ouvrage).

Le tableau 15 ci-dessous propose une vision synthétique des différents cas de figure possibles que nous venons d'évoquer.

Tableau 15 : Les différents cas de figure pour les discussions relatives au dimensionnement des mesures compensatoires

	Types de relations entre les acteurs	Teneur des discussions	Types de relations entre acteurs après les discussions	Evolution du projet
Dimensionnement sans difficulté	MOA + BE + SE BE + SE ≠ MOA	Explications • Explications • démonstrations	MOA + BE + SE MOA + BE + SE	Dépôt de la demande d'autorisation
Dimensionnement conflictuel	MOA + BE ≠ SE BE + SE ≠ MOA MOA + SE ≠ BE	• Explications • Argumentations • Démonstrations	MOA + BE + SE	Dépôt de la demande d'autorisation
Dimensionnement bloquant	MOA + BE ≠ SE BE + SE ≠ MOA	• Explications • Argumentations • Opposition	MOA + BE ≠ SE BE + SE ≠ MOA	Projet bloqué

Légende :

MOA : maître d'ouvrage (aménageur) ; BE : bureau d'études ; SE : services de l'État

+ : en accord ; ≠ : en désaccord

Ces échanges qui ont lieu tout au long du processus de définition et dimensionnement des mesures compensatoires visent à aboutir à un projet respectant les conditions de son autorisation : le maître d'ouvrage souhaite obtenir son autorisation et les services de l'État veillent à ce que les règles soient respectées, donc notamment à ce que la séquence ERC soit correctement appliquée et à ce que les mesures compensatoires permettent d'atteindre l'équivalence écologique dans une finalité d'absence de perte nette de biodiversité. Ces discussions peuvent être plus ou moins conflictuelles (Cf. figure 30).

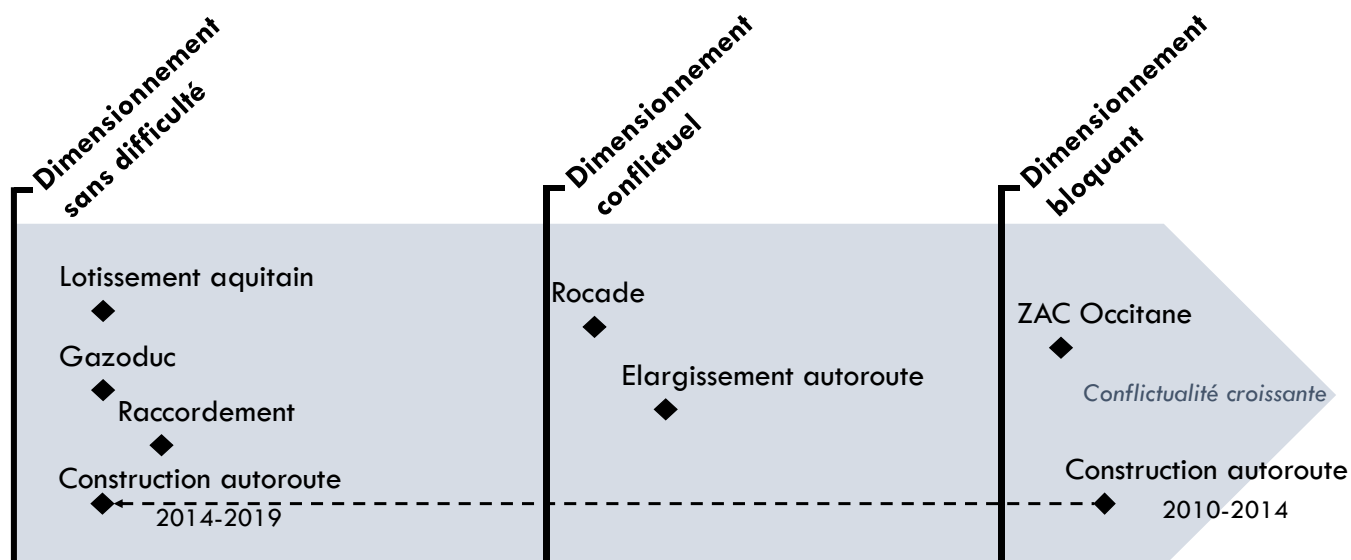


Figure 30 : Classement des projets étudiés selon le caractère plus ou moins conflictuel du dimensionnement des mesures compensatoires (la ZAC de la gare n'est pas classée, les mesures compensatoires n'étant pas encore dimensionnées même si le processus a démarré) (conception : A. Mechin)

Peut-on pour autant parler de négociation où les parties auraient pour objectif commun de tomber d'accord sur les mesures compensatoires ? Touzard (2006) définit la négociation « *comme une situation où des acteurs interdépendants cherchent par la discussion à mettre un terme à un différend, un conflit d'intérêt ou même un conflit ouvert, en élaborant une solution acceptable par tous* » (p. 72). Dans le cas de la procédure d'autorisation d'un projet, services de l'État et maîtres d'ouvrage ne sont pas nécessairement en conflit même si leurs intérêts ne vont pas forcément dans le même sens. En outre, la négociation suppose qu'il y ait un certain équilibre des pouvoirs entre les uns et les autres. Or, dans le cas qui nous intéresse, le pouvoir est en principe du côté des services de l'État : les discussions ont surtout pour objectif d'expliquer les exigences réglementaires pour que le maître d'ouvrage s'y conforme. Mais dans certaines configurations, le pouvoir est plutôt du côté des maîtres d'ouvrage. Cela peut se passer quand ce sont de grandes entreprises d'envergure nationale, ou des projets importants, déclarés d'intérêt public, qui sont ainsi appuyés et portés politiquement. C'est ce qui s'est passé pour le projet de Construction d'autoroute : malgré les alertes des services de l'État sur l'insuffisance des mesures compensatoires, le projet a été autorisé.

« On n'a peut-être pas été assez exigeants mais en fait on n'était pas en capacité de l'être (...) Après, y a toujours... des choix politiques qui font que ça peut arriver. C'est là où moi ça me dépasse, c'est plus de mon ressort. » (Un agent de la DDT)

On a vu que par la suite, l'arrêté a été annulé par le tribunal administratif et qu'une seconde demande d'autorisation a dû être constituée et déposée.

Notre objectif ici, n'est pas d'analyser les relations entre acteurs, par exemple sous l'angle du concept de négociation, même si cette piste nous paraît fort utile à la compréhension du système étudié. Aussi, nous ne développerons pas les conditions des discussions sur les mesures compensatoires comme une véritable négociation au sens de Goguelin (2005). Par contre, nous conservons le terme de discussion pour qualifier les nombreux échanges entre

aménageurs, bureaux d'études et services de l'État au sujet de la définition et du dimensionnement des mesures compensatoires.

La teneur des discussions varie selon les contextes : explications, argumentations, démonstrations et elles n'aboutissent pas forcément à un accord entre les acteurs de ces échanges.

2.3. Un processus diffus

Le dimensionnement des mesures compensatoires, c'est-à-dire l'évaluation des pertes et des gains écologiques, du ratio entre emprise du projet et emprise de la compensation avec la définition d'une surface compensatoire est étroitement imbriqué avec la définition proprement dite des mesures compensatoires, c'est-à-dire le choix du type de milieu à restaurer, des éventuelles espèces à cibler, de la nature des opérations d'ingénierie écologique (IE) et le choix des parcelles de compensation. En effet, le choix du type de milieu à restaurer ou améliorer ou des espèces à cibler dépend des pertes écologiques engendrées par l'impact du projet, le gain compensatoire dépend de la nature des opérations d'ingénierie écologique qui dépendent elles-mêmes du potentiel écologique et de l'état initial de la parcelle compensatoire ciblée. Ainsi lorsqu'on parle du dimensionnement des mesures compensatoires, il ne s'agit pas d'une action isolée des autres opérations concernant les mesures compensatoires. Lorsque les interviewés relatent un projet, ils ne distinguent pas ce processus des autres dans leur récit.

En outre, le dimensionnement des mesures peut prendre une importance plus ou moins marquée par rapport à la mise en application de l'ensemble de la séquence ERC.

Dans le cas du Lotissement aquitain, l'essentiel des échanges entre services de l'État, aménageur et bureaux d'études a porté sur la phase d'évitement : l'objectif était que le projet évite un secteur représentant un enjeu écologique important. De fait, les pertes écologiques étaient moins importantes et la dette compensatoire également. Les efforts de l'aménageur se sont portés sur l'évitement. Il en découle que le dimensionnement des mesures compensatoires ne ressort pas comme une opération importante dans les entretiens, bien qu'elle soit intrinsèquement liée aux efforts de compensation. Lorsque le dimensionnement des mesures compensatoires n'occupe pas une place très importante dans le développement du projet, le caractère diffus de l'opération est d'autant plus marqué.

A l'inverse, pour des projets comme la Construction d'autoroute ou la ZAC occitane, l'opération constitue un enjeu important car bloquant pour le projet. Dans des cas comme ceux-là, le dimensionnement se détache plus nettement des autres opérations liées aux mesures compensatoires (recherche de parcelles compensatoires, contractualisation, choix des opérations d'ingénierie écologique etc.).

2.4. Conclusion

Le dimensionnement des mesures compensatoires est un **processus qui se déroule en plusieurs étapes**, et à différentes phases d'avancement du projet (Cf. figure 29). Toutes ces étapes ne sont pas obligatoires, le passage par l'une ou par l'autre dépendant du contexte de chaque projet. Ce processus associe les différents acteurs que sont les aménageurs, les bureaux d'études et les services de l'État. Il se caractérise par l'importance du rôle joué par les **discussions** entre ces acteurs (Cf. tableau 15).

Il est **indissociable de la définition de la nature et la localisation des mesures compensatoires**. C'est pourquoi nous utiliserons par la suite indifféremment le mot « définition » des mesures compensatoires et « dimensionnement » des mesures compensatoires.

3. Les opérations réalisées dans le cadre du dimensionnement des mesures compensatoires

A partir de la description des différentes étapes du dimensionnement pour chacun de ces projets étudiés, nous identifions les actions élémentaires des acteurs impliqués dans chacune de ces étapes. Nous appelons ces actions élémentaires, « opération ». Les acteurs qui les réalisent sont des opérateurs. La figure 31 présente ces différentes opérations et les opérateurs associés.

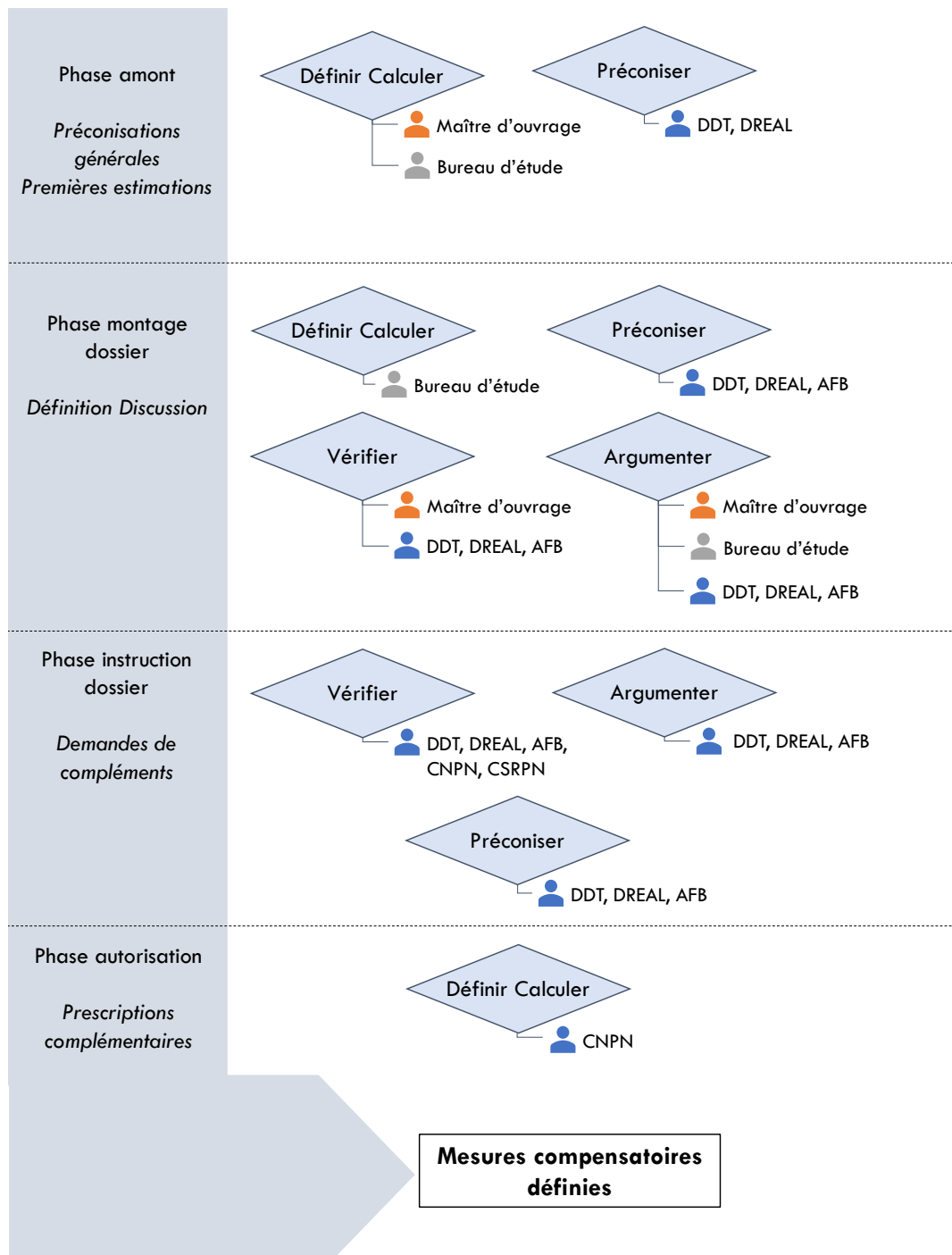


Figure 31 : les opérations du dimensionnement des mesures compensatoires (conception : A. Mechin)

3.1. Définir – calculer

3.1.1. Définition de l'opération

C'est l'opération qui conduit à la proposition de mesures compensatoires comprenant :

- les actions écologiques prévues (ingénierie écologique),
- les parcelles ou unités écologiques (cours d'eau, haies, etc.) accueillant ces actions écologiques,
- l'emprise de ces parcelles ou unités écologiques (surface, linéaire, nombre),
- l'état écologique attendu à l'issue de la mise en œuvre de ces actions écologiques.

Comme indiqué dans la partie 2.3, le dimensionnement est un processus diffus, imbriqué avec les autres volets de définition des mesures compensatoires. C'est pourquoi nous choisissons de dénommer cette opération Définir-Calculer car chaque volet peut à la fois être défini et quantifié.

Ces propositions de mesures compensatoires peuvent être dans leur version définitive ou dans une version intermédiaire qui fera l'objet de discussions et d'évolution selon les cas et l'avancement du processus de dimensionnement.

Cette opération consiste à appliquer un raisonnement permettant de respecter les exigences d'équivalence écologique et d'absence de perte nette de biodiversité. Elle correspond à l'exécution des différentes étapes décrites dans la fiche n°15 des Lignes Directrices (CGDD, 2013) et présentées dans le « chapitre 1 : calcul des gains, des pertes, de coefficients d'ajustement et d'un ratio compensatoire. »

« Et ensuite en fonction des mesures d'évitement et de réduction mises en place, on calcule l'impact résiduel du projet sur ces espèces-là. Et cet impact résiduel, ensuite va nous permettre de voir quelles sont les espèces pour lesquelles on doit mettre en place de la compensation ou pas et ensuite de calculer les ratios. » (Un chef de projet de bureau d'études).

3.1.2. Les opérateurs

Cette opération est réalisée dans tous les cas par les bureaux d'études et se matérialise au travers de la rubrique « mesures compensatoires » du dossier d'autorisation. Elle est plus ou moins complexe selon la taille des projets, les enjeux écologiques identifiés et les modalités de raisonnement mises en œuvre.

3.1.3. Cas particulier : anticiper la définition et le calcul des mesures compensatoires

En phase amont d'un projet, une première estimation de mesures compensatoires peut être produite au travers d'un dimensionnement grossier, en l'absence de données complètes sur le projet et l'état initial de la parcelle aménagée. En général, à ce stade, les parcelles compensatoires ne sont pas encore identifiées. L'opération ne peut pas être accomplie dans son intégralité, l'objectif est d'anticiper la dette compensatoire.

Pour ce que nous avons pu observer, cette opération est à l'initiative du maître d'ouvrage. Le bureau d'études et les services de l'État sont concernés dans la mesure où ils sont consultés par le maître d'ouvrage. C'est le cas pour le projet de la ZAC de la gare. La collectivité en charge de ce projet a demandé à son bureau d'études de produire une estimation de la dette compensatoire, en complément de sa propre estimation établie en interne. Les opérateurs possibles sont donc bureaux d'études et aménageurs. Dans le cas de la ZAC de la gare, l'avis de la DREAL est sollicité mais elle a du mal à répondre clairement à la demande du maître d'ouvrage :

« Si on ne sait pas si on impacte 100 ou 150 ha, c'est compliqué de savoir si on a besoin de compenser 100-200 ou 400 ha ; et à ce jour on n'a eu aucune évaluation avec un projet précis là-dessus. » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

Sur les treize aménageurs interviewés, seuls deux d'entre eux s'inscrivaient dans cette approche, les deux étant des collectivités territoriales.

3.1.4. Modalités de réalisation

Théoriquement, la réalisation de cette opération devrait suivre les recommandations faites par les Lignes Directrices qui définissent les différentes phases du raisonnement à suivre pour définir des mesures compensatoires dans la fiche n°15 (CGDD, 2013) :

1. Déterminer l'état écologique initial de la zone aménagée
2. Déterminer les pertes écologiques engendrées par les impacts du projet d'aménagement
3. Déterminer l'état initial de la zone de compensation
4. Déterminer les gains écologiques engendrés par les opérations de compensation
5. Prendre en compte le décalage temporel, le risque d'échec, la dynamique d'évolution
6. Calculer un ratio compensatoire

Cela constitue des étapes du raisonnement mais les Lignes Directrices ne donnent aucune indication précise sur leur ordre de réalisation, excepté sur la nécessité de déterminer les impacts du projet au préalable.

L'analyse du raisonnement du dimensionnement et des étapes de son raisonnement est faite sur la base des dossiers d'autorisation qui argumentent et justifient le choix et le dimensionnement des mesures compensatoires des projets étudiés. En effet, l'évocation de la succession de ces différentes étapes du raisonnement n'est pas faite formellement lors des entretiens, même si certaines d'entre elles sont parfois citées.

L'annexe n°13 (Modalités de raisonnement du dimensionnement des mesures compensatoires des projets étudiés) expose les étapes du raisonnement du dimensionnement pour chaque projet étudié.

Il en ressort que dans les dossiers, les étapes 1 et 2, relatives aux pertes écologiques, sont réalisées. L'état initial est toujours réalisé par un bureau d'études naturaliste, c'est une

rubrique obligatoire des dossiers d'autorisation et les services de l'État sont particulièrement vigilants sur son contenu, les protocoles mis en œuvre etc.

« Nous, on est sur des dérogations espèces protégées donc on doit déjà s'assurer que les études naturalistes au niveau de la biodiversité ont bien été faites sur tous les groupes faunistiques, sur la flore, aux bonnes périodes, selon des méthodologies éprouvées (...) » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

De même les pertes sont appréhendées via les impacts obligatoirement décrits dans les dossiers mais ne sont pas forcément clairement quantifiées.

Il peut cependant y avoir des désaccords sur l'évaluation des pertes. C'est le cas pour la ZAC Occitane où la DREAL conteste l'estimation des surfaces impactées faites dans le dossier et qui conduit à sous-estimer les pertes. Pour la Rocade, le maître d'ouvrage a du mal à comprendre en quoi les impacts constituent des pertes écologiques par rapport à sa propre perception de la qualité écologique des milieux aménagés.

L'étape 3, d'évaluation de l'état initial des zones de compensation, est faite dans la plupart des cas, mais de façon inégale et souvent incomplète. Il s'agit essentiellement d'une description qualitative de la zone. Dans certains dossiers, l'état initial n'est pas décrit, parfois parce que les zones ne sont pas encore définies.

« Quand on peut, on l'a [l'état initial de la zone compensatoire], quand on nous le commande, on le fait, c'est mieux. » (Un chef de projet de bureau d'études).

Malgré la description de l'état initial de la zone compensatoire, et les explications plus ou moins détaillées des mesures compensatoires, le gain compensatoire (étape 4) n'est pas décrit ou évalué en tant que tel. Il n'est jamais évoqué dans les dossiers en des termes quantitatifs signifiant qu'un gain compensatoire peut être plus ou moins important.

L'étape 5 n'apparaît pas dans les dossiers. Aucun des critères mentionnés dans les Lignes Directrices n'est pris en compte. La dynamique d'évolution de la zone de compensation est évoquée pour une parcelle de compensation, dans le cas du projet de Raccordement. Dans ce cas, il s'agit de justifier la mesure compensatoire qui consiste en de la gestion, sans mesure de restauration, par le fait qu'en l'absence de mesure compensatoire, la zone aurait été aménagée et détruite.

L'étape de calcul de ratio n'apparaît pas forcément en tant que telle. Dans certains dossiers, le ratio n'est pas calculé car il est soit fixé à l'avance, ou déterminé en fonction de quelques critères précis. Il est calculé quand des ME sont utilisées : c'est le cas de la méthode par point appliquée pour les dossiers de la Construction d'autoroute et du Raccordement. Parfois, le ratio est calculé dans une optique de vérification : les mesures compensatoires doivent être dimensionnées selon un ratio fixe (souvent le ratio fixé par les SDAGE pour les zones humides)

et il s'agit alors de vérifier que la surface de la zone compensatoire retenue respecte le ratio imposé.

Les différentes observations que nous venons d'exposer sur chacune des étapes du raisonnement de l'opération Définir-Calculer sont résumées dans le tableau 16, illustrant la variété des situations rencontrées :

Tableau 16 : Modalités de réalisation des différentes étapes du raisonnement de l'opération Définir-Calculer

Etape du raisonnement de l'opération Définir-Calculer	Les différentes possibilités de réalisation de l'étape	
0. Utiliser une ME	Pour toutes les mesures compensatoires du projet	
	Pour certaines mesures compensatoires du projet	
	Pas d'utilisation d'une ME	
1. Etat initial de la zone aménagée	État initial de la zone aménagée décrit	
2. Pertes écologiques	Quantification des pertes	
	Description des impacts mais pas de quantification des pertes	
3. Etat initial zone de compensation	État initial de la zone de compensation non décrit	
	État initial de la zone décrit rapidement	
	État initial non décrit (zones compensatoires non définies)	
4. Gains écologiques	Mesures compensatoires décrites	Pas d'évaluation quantitative de gains compensatoires
	Mesures compensatoires vaguement décrites	
5. Prise en compte de critères particuliers (décalage temporel, risque, etc.)	Étape absente dans tous les dossiers étudiés	
6. Calcul du ratio compensatoire	Calculé à partir d'une ME	
	Fixé	
	Vérifié	

En élargissant l'analyse aux entretiens avec les bureaux d'études, il ressort que le **raisonnement commence** toujours par l'identification des espèces et des écosystèmes concernés par les mesures compensatoires : cette identification se fait à partir de l'analyse des impacts résiduels, impacts déterminés également par le bureau d'étude (soit les étapes 1 et 2).

A partir de là, le dimensionnement est raisonné (Cf. tableau 17) :

- en partant des parcelles de compensation : des parcelles respectant un minimum de critères écologiques sont identifiées et le raisonnement du dimensionnement découle des caractéristiques de la parcelle.

Ou bien,

- les critères écologiques sont déterminés plus précisément en fonction des exigences écologiques des espèces ciblées, et le dimensionnement est établi en fonction de ces critères écologiques. Les parcelles sont choisies en fonction de ces critères, et le dimensionnement ayant permis de déterminer une estimation surfacique, la surface

des parcelles est un des critères de choix. Dans ce cas, le point de départ est le gain écologique.

Selon les contextes, les bureaux d'études adaptent leur manière de faire, et peuvent se rapprocher d'une logique ou d'une autre, ou mélanger les deux. La disponibilité foncière (ou la volonté des propriétaires dans le cas de conventionnement) joue un rôle fondamental dans le choix des parcelles et même si le choix se veut guidé par le gain écologique attendu, il peut être contraint par un éventail restreint de parcelles disponibles.

Tableau 17 : Enchaînement des étapes de raisonnement de l'opération Définir-Calculer les mesures compensatoires

Point de départ : Le gain écologique sur la composante de biodiversité ciblée par les mesures	Point de départ : La parcelle de compensation répondant à un minimum de critères écologiques	Point de départ : La parcelle de compensation disponible
<p>Une fois que le type de milieu et/ou les espèces ont été définis, une première estimation des surfaces compensatoires recherchées peut être définie et affinée ensuite lorsque des parcelles sont identifiées et que leur potentiel écologique est estimé.</p> <p><i>« On conseille directement de nous écouter sur, voilà ce qu'on recherche, tel type de terrain sur lesquels on va pouvoir apporter tel type de plus-value, dans tel type de secteur. »</i> (Un directeur d'études d'un bureau d'études).</p>	<p>Le point de départ est le choix des parcelles : les parcelles sont connues à l'avance et les mesures compensatoires sont définies à partir de ces parcelles, pour peu qu'elles respectent un minimum de critères écologiques. Dans ce cas, il s'agit de vérifier que la surface de la parcelle, et éventuellement d'autres paramètres satisfont aux exigences du dimensionnement.</p>	<p>Le dimensionnement est fait a posteriori, la justification est construite de telle sorte que la surface de la parcelle disponible et la plus-value écologique potentielle sont satisfaisants :</p> <p><i>« On est force de propositions sur les surfaces à compenser, sur le type d'habitat recherché en fonction des espèces à enjeu qui sont visées par la compensation. Après, on est quand même très dépendants de la bonne volonté du maître d'ouvrage, qui parfois, a un site à disposition mais pas forcément très favorable et qui nous dit prenez celui-là et vous le proposez. (...) Parce que c'est souvent ça qui rentre en compte en fait. C'est sur les opportunités foncières. »</i> (Un chef de projet de bureau d'études)</p>

En conclusion, la réalisation de l'opération Définir-Calculer peut se passer selon des **modalités relativement variées**, qui se rapprochent plus ou moins des préconisations des Lignes Directrices. Il est intéressant de noter que certaines étapes du raisonnement sont absentes ou réalisées de façon incomplète. Cela justifie la dynamique existant aujourd'hui en France, exposée dans le chapitre 1, en faveur de la proposition d'un référentiel pour les méthodes de dimensionnement.

En outre, cela doit nous tenir en alerte par rapport à notre problématique et notre démarche d'analyse empruntée à l'ergonomie. Si nous nous basons bien sur les pratiques en vigueur pour caractériser l'opérationnalité, nous ne perdons pas de vue que certaines pratiques doivent être améliorées ou doivent même être abandonnées dans un objectif d'une prise en compte accrue de la biodiversité dans les projets d'aménagement, amélioration passant par une progression de l'évaluation de l'équivalence écologique et de l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité.

Les Lignes Directrices recommandent de formaliser le raisonnement en appliquant une ME (méthode d'évaluation des mesures compensatoires). Or nous observons que dans plusieurs projets, aucune méthode n'est utilisée. Nous reviendrons plus spécifiquement sur la place des méthodes dans le processus de dimensionnement un peu plus loin.

3.2. Préconiser

3.2.1. Définition de l'opération

Cette opération consiste à recommander les pratiques à mettre en œuvre pour définir et calculer les mesures compensatoires en conformité avec la réglementation et les attentes des services instructeurs.

3.2.2. Les opérateurs

Ce sont les services de l'État : les services instructeurs : DDT et DREAL, les services d'expertises : DREAL, AFB principalement ou les experts associés : CNPN, CSRPN.

Tous n'interviennent pas aux mêmes stades du projet. **Les DDT et DREAL sont les principaux concernés**, ils peuvent faire des préconisations en phase amont, en réunion de cadrage, ensuite lors des échanges qui ont lieu pendant le montage du dossier et enfin éventuellement après l'opération de vérification si ces préconisations n'ont pas été suivies par le maître d'ouvrage dans le dossier de demande d'autorisation. Cependant, c'est la phase amont qui est privilégiée pour Préconiser. (Voir paragraphe précédent). Ces préconisations alimentent les échanges évoqués dans le déroulement du dimensionnement. Elles peuvent-être faites par écrit ou par oral.

« On essaie d'expliquer au porteur de projet les différents critères selon lesquels on va évaluer les mesures compensatoires. Donc le premier c'est bien évidemment que les mesures doivent avoir une plus-value qui soit équivalente aux impacts du projet. On insiste sur le fait que toutes ces choses-là doivent être clairement démontrées dans le dossier . » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL)

3.2.3. Modalités de réalisation

Cette opération n'est pas systématiquement réalisée. Elle a lieu si le maître d'ouvrage (ou son bureau d'études) sollicite les services instructeurs avant de déposer un dossier ou bien après à l'issue de l'instruction du dossier, via une demande de complément. La teneur des

préconisations varie selon les services instructeurs, et selon les cas. On a vu dans le paragraphe précédent, que l'utilisation d'une ME ou l'utilisation d'une ME spécifique peut être recommandée. C'est ce qui s'est passé dans le cas du projet de Raccordement.

Les préconisations peuvent être faites par écrit ou par oral. La réalisation de cette opération est difficile à cerner dans le détail pour les projets étudiés, en raison notamment du délai s'étant écoulé entre sa mise en œuvre et les entretiens, et le manque de traces écrites.

3.3. Argumenter

3.3.1. Définition de l'opération

Argumenter consiste à :

- Exposer le raisonnement mené pour dimensionner les mesures,
- Exposer les critères que doit respecter le raisonnement,

ou encore à :

- Justifier une proposition de mesures compensatoires
- Justifier un avis sur ces propositions.

Cette opération peut se faire :

- Par écrit, au travers des dossiers, des demandes de compléments
- En réunion, au travers des échanges qui ont lieu dans la phase de montage de dossier.

3.3.2. Les opérateurs

Tous les acteurs sont concernés par cette opération.

Pour les aménageurs, l'argumentation n'est réelle que quand ils ont une certaine expérience de mise en œuvre de la séquence ERC, des retours d'expérience de dossiers et chantiers précédents.

« On a aussi des spécialistes en interne qui sont capables de juger voilà, on juge pas que la partie technique, on juge aussi l'aspect environnemental et on est capable de discuter réellement avec eux. Et c'est bien aussi pour les instances, pour les DREAL, pour les DDT, parce que quand tu discutes avec eux, tu as un œil un peu plus spécialiste, t'as le retour d'expérience. » (Le responsable environnement d'un maître d'ouvrage).

Pour les bureaux d'études, l'argumentation est systématique dans la mesure où ils doivent nécessairement justifier leur proposition. Mais cela peut aller au-delà quand ils font face à des contestations du maître d'ouvrage basées sur sa propre expertise ou en raison de sa méconnaissance de la réglementation et de son hostilité aux contraintes que cela lui impose. Ils peuvent également devoir argumenter face aux contestations des services de l'État qui vont trouver leurs propositions insuffisantes, ou ne respectant pas la totalité des critères requis.

Ces derniers se trouvent alors également en situation d'argumenter, leur argumentation peut s'adresser tout aussi bien à l'aménageur directement ou au bureau d'études, selon les relations mises en place dans les projets.

« La critique qu'on avait fait au [maître d'ouvrage], c'est qu'on avait retenu cette méthode de calcul par point pour l'ensemble de la compensation zone humide, y compris la compensation des habitats naturels à caractéristique de zones humides et donc sans forcément tenir compte de la qualité écologique de ces milieux-là. C'était une méthode qui était plus basée sur l'état de santé, enfin l'état hydrologique, le caractère plus ou moins humide des zones humides en fait. Qui n'intégrait pas cette dimension biologique. Donc ce qui fait que derrière, les mesures compensatoires proposées dans le cadre du barreau de raccordement, la notion d'équivalence entre ces mesures et l'impact du projet étaient un petit peu difficile à appréhender. » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL)

Les services instructeurs, peuvent, selon leur degré d'expertise, s'appuyer sur les services experts associés (AFB, autorité environnementale, chargé de mission biodiversité, etc.) pour argumenter.

3.3.3. Modalités de réalisation

Selon les cas, l'argumentation peut reposer sur :

- L'utilisation d'une ME reconnue ou « validée », c'est-à-dire utilisée sur des dossiers précédents qui ont été autorisés.
- Le retour d'expérience grâce aux enseignements tirés de précédents projets.
- La réglementation et les recommandations d'application faites par l'Etat.

3.4. Vérifier

3.4.1. Définition de l'opération

Cette opération consiste à vérifier comment les mesures compensatoires ont été définies et le cas échéant, calculées. Elle permet de contrôler le fait qu'elles respectent les exigences réglementaires d'absence de perte nette de biodiversité et d'équivalence écologique notamment. Cela peut se traduire par la vérification de la bonne application de la méthode de dimensionnement choisie.

3.4.2. Les opérateurs

Cette opération est citée autant par les **aménageurs** que par les **services de l'État** et a vocation à s'appliquer aux travaux des bureaux d'études. Cependant, pour les aménageurs, elle suppose une certaine expertise sur la séquence ERC et elle n'est **pas pratiquée par tous**. L'un d'eux dit clairement qu'il s'en remet complètement à son bureau d'études, n'étant pas en mesure de vérifier ce qu'il fait.

« De dire comment on calcule, après moi, je suis pas entré dans les détails de dire, bon ben voilà le calcul des points de compensation, on prend les bassins versants, on le définit en petite zone, et la fonctionnalité, enfin la fonctionnalité des zones humides en fait. Il m'aurait dit 3 comme il me dit 1, je prends quoi ! » (Le chargé d'opération d'un maître d'ouvrage).

Chez d'autres, cette opération est réalisée de façon plus ou moins approfondie : certains aménageurs disent *« regarder un petit peu »* (Le responsable environnement d'un aménageur). Pour d'autres, l'expertise permet d'être davantage dans l'échange et l'argumentation. Il est à noter qu'un aménageur demande à ce que la méthode de dimensionnement utilisée lui soit présentée car cela constitue un critère de choix du bureau d'études.

Pour les services de l'État, cette opération est toujours citée : c'est leur mission fondamentale d'instruction de dossier. Pour certains, cela implique d'aller sur le terrain, sur les sites. Ils font référence à un certain nombre de critères qu'ils prennent en compte pour vérifier les propositions de mesures faites dans les dossiers.

« Alors il y a les critères que va développer le bureau d'études et on va voir au final à quel ratio il arrive. (...) Donc on regarde un peu tous les critères qu'ils ont, est-ce qu'on est d'accord et finalement, le ratio final, est-ce qu'on est en adéquation avec lui ? Mais, je... Après, c'est un jeu d'équilibre par rapport à la surface d'impact qu'ils ont considérée. » (Un chargé de mission espèces protégées de la DREAL).

Certains agents font part des limites de connaissances auxquelles ils se heurtent et qui les amènent à consulter des collègues experts, de l'AFB par exemple.

« Parce qu'il y a déjà l'évaluation des impacts, de l'impact résiduel et puis du coup la dette et puis. Ben là, on a des documents hein qui sont rédigés par les bureaux d'étude ; après c'est pff, c'est vrai que c'est là, heureusement on est appuyés hein par l'AFB aussi » (Agent Police de l'eau en DDT).

« Ensuite à chaque version, il y a des réunions de cadrage en gros pour déminer nos avis par rapport au dossier qu'ils ont présenté. Y a une discussion qui s'engage entre les services de l'État (...) et puis quand ça devient vraiment technique sur des points comme la méthode Museum¹⁹ etc., ils nous appellent pour qu'on y assiste, et qu'on explique pourquoi nous, on émet un avis réservé sur cet aspect-là. » (Un expert de l'AFB).

3.4.3. Les modalités de réalisation

Cette opération consiste à vérifier l'argumentation déployée par les bureaux d'études pour justifier les mesures compensatoires proposées. Les agents des services de l'État ne conduisent donc pas de leur côté leur propre raisonnement permettant d'aboutir à un

¹⁹ Méthode nationale d'identification des fonctions des zones humides

dimensionnement de référence qui serait comparé avec la proposition faite dans le dossier. Ainsi l'opération Vérifier diffère bien de l'opération Définir-Calculer.

« On regarde le bureau d'études, comment il a raisonné. (...) C'est à eux de nous expliquer la logique qu'ils emploient » (Chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

« On est beaucoup plus attentif au raisonnement qu'il y a derrière et à comment on obtient un ratio de compensation, qu'est-ce qui le justifie, qu'au ratio lui-même. » (Chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

Les pratiques sont assez difficiles à saisir en raison de leur nature intellectuelle, mais également car elles sont évoquées de façon très inégales dans les entretiens. Elles ne transparaissent quasiment pas dans les entretiens avec des agents peu expérimentés.

Si tous les opérateurs insistent sur le fait que leur attente vis-à-vis du dossier c'est d'être convaincus par les argumentaires, seulement certains d'entre eux nous ont exposé les principes qui dirigeaient leur analyse. Pour l'un, ce sera de répondre à la question : *« est-ce qu'on va avoir une perte nette de biodiversité à l'endroit considéré ? »* (Un chargé de mission Biodiversité en DDTM). Pour l'autre ce sera, *« Est-ce qu'on partage la vision des choses du bureau d'études naturaliste ? »* (Un Chargé de mission Espèces Protégées en DREAL)

Certains raisonnent en se basant sur une liste de critères : est-ce que tous ces critères sont pris en compte dans l'argumentaire justifiant les mesures compensatoires ? Ces critères sont issus en général des Lignes Directrices mais ils peuvent aussi provenir d'une doctrine que s'est forgée un service au fur et à mesure des instructions réalisées.

Nous avons identifié par recoupement et rapprochement issus des entretiens, 9 critères principaux :

1. Etat initial de la zone aménagée
2. Contexte écologique et territorial de la zone aménagée et de la zone de compensation
3. Fonctionnement de l'écosystème
4. Niveau d'impact, surface d'impact
5. Localisation de la parcelle compensatoire, proximité
6. Plus-value écologique des mesures compensatoires
7. Enjeu régional pour les espèces ciblées, rareté, responsabilité régionale dans la conservation
8. Décalage temporel
9. Equivalence

L'interprétation de l'équivalence ou de l'absence de perte nette de biodiversité n'est pas spécialement approfondie dans les entretiens, même s'il arrive que certains citent ces concepts centraux dans la définition des mesures compensatoires.

Le raisonnement Pertes / Gains ressort d'une certaine manière, car les critères identifiés permettent de rendre compte des pertes ou des gains mais le raisonnement tel qu'il est évoqué dans les entretiens est rarement organisé autour de ces deux notions, alors qu'il est clairement préconisé dans les Lignes Directrices.

Les ME tiennent une place particulière dans le raisonnement tenu par les agents des services instructeurs. En effet, elles permettent de vérifier plus facilement la prise en compte des critères, l'argumentation du maître d'ouvrage et de son bureau d'études.

« On insiste beaucoup justement avec ces méthodes de dimensionnement sur le fait que le ratio, ça doit être éventuellement un outil qui permet de déterminer les mesures mais ça doit être le résultat d'un raisonnement ». (Chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

Pour ce qui est des dossiers Dérogations Espèces Protégées, certains agents vont orienter ces critères uniquement vers les espèces protégées alors que d'autres vont tenir compte de toute la biodiversité. Ils incluent alors dans leur analyse les espèces non protégées qui font partie du cortège d'espèces associées à l'espèce protégée en question.

« On n'est pas là pour faire appliquer une réglementation, on est là pour préserver la biodiversité ». (Chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

Il est intéressant de noter que cette position n'est pas celle d'un agent isolé mais la position du service auquel il appartient, position qu'on ne retrouve pas forcément dans les entretiens de services équivalents dans d'autres régions.

3.5. Conclusion

Parmi les quatre opérations de dimensionnement que nous avons identifiées, l'une d'entre elle apparaît comme centrale d'après notre analyse : c'est l'opération Définir-Calculer. Elle est centrale dans la mesure où elle comprend tout le raisonnement supportant la définition des mesures compensatoires. Dans la pratique, d'après les observations réalisées et les entretiens, le dimensionnement apparaît comme réduit à cette opération. C'est ce que suggère la fiche n°15 des Lignes Directrices.

Or nous avons identifié trois autres opérations qui influent fortement ou qui découlent de l'opération Définir-Calculer. En effet, selon la teneur de ce qui est Préconisé, Argumenté ou le résultat de la Vérification, le résultat de l'opération Définir-Calculer peut varier.

Le dimensionnement des mesures compensatoires est bien le résultat de ces quatre opérations : Définir-Calculer, Préconiser, Argumenter et Vérifier.

En outre, ces opérations sont **interdépendantes**.

En effet, les opérations Préconiser et Vérifier, quand elles sont opérées par les services de l'État, sont étroitement associées : les agents vérifient entre autres, que ce qu'ils ont préconisé a bien été respecté dans la définition des mesures compensatoires. De même, pour les opérations Argumenter et Vérifier, lorsque les services de l'État font le compte-rendu de leur vérification (qui peut se matérialiser par une demande de complément au maître d'ouvrage), ils argumentent leur position afin qu'elle soit comprise par le maître d'ouvrage et

qu'il puisse effectuer les corrections nécessaires. L'interdépendance de ces quatre opérations est représentée par la figure 32.

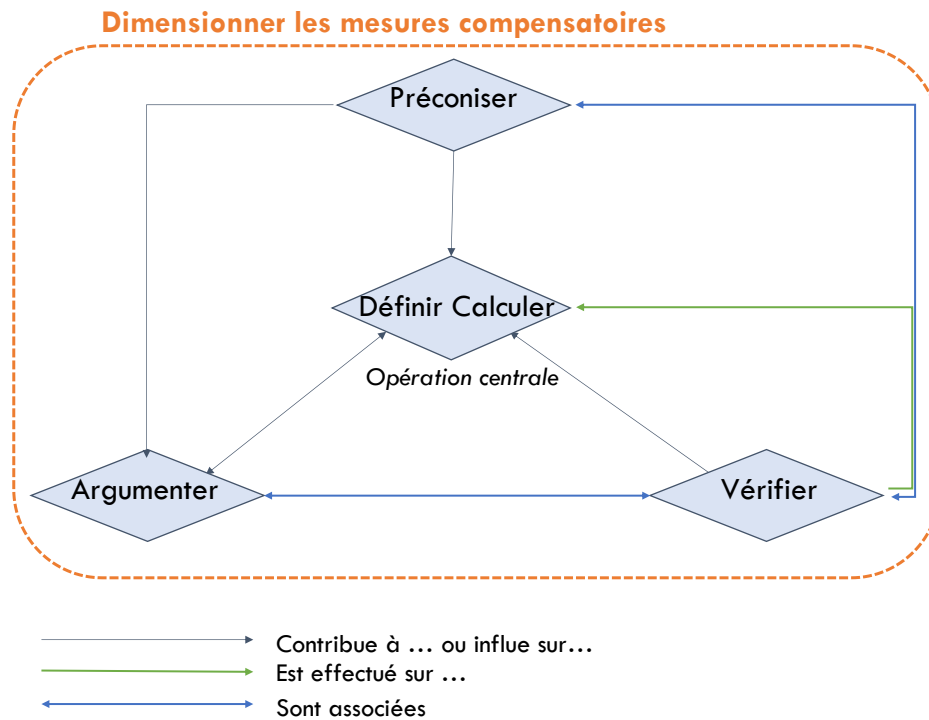


Figure 32 : Interdépendance des opérations du dimensionnement (conception : A. Mechin)

4. Les typologies d'acteurs du dimensionnement

L'analyse du processus de dimensionnement et l'identification des opérations réalisées nous ont permis d'identifier plusieurs profils d'acteurs qui se comportent différemment au sein de chaque famille considérée (les aménageurs, les services de l'État et les bureaux d'études).

4.1. Typologies des aménageurs

Nous proposons de distinguer trois types d'aménageurs (ou maîtres d'ouvrage) :

- les experts,
- les adaptés,
- les novices.

Leur typologie est caractérisée par une gradation de l'intégration de la séquence ERC dans leurs pratiques. Cela se traduit en particulier, par l'existence en interne de responsable ou chargé de mission environnement / biodiversité / séquence ERC, ou si ce n'est pas le cas, au moins par l'existence d'une personne ressource qui a acquis un certain niveau d'expertise en la matière. L'intégration de la séquence ERC dans les pratiques et la mobilisation de personnes complètement dédiées au sujet va de pair avec un niveau d'activité d'aménagement relativement soutenu car ils ont régulièrement à obtenir des autorisations comportant un volet ERC.

4.1.1. Les experts

Ils mènent de nombreux projets d'aménagement et ont une solide expérience de dépôts de dossiers d'autorisation. Etant donné la fréquence élevée de développement de projets, ils se sont dotés en interne, d'un (ou plusieurs selon la taille des maîtres d'ouvrage) responsable environnement expert de la séquence ERC. Ce dernier suit le projet tout au long de son avancement et anticipe l'application de la réglementation ERC. Il est l'interlocuteur qualifié pour échanger avec les bureaux d'études et les services de l'État. Les experts s'impliquent particulièrement dans le dimensionnement des mesures compensatoires en vérifiant les propositions des bureaux d'études et en argumentant également. Ils ont souvent une formation initiale leur conférant un niveau intermédiaire de connaissances en écologie ou naturalisme dont ils sont familiers (niveau bac +4 ou +5 en sciences de la vie ou en géographie).

Dans notre échantillon de projets étudiés, les maîtres d'ouvrage de type Expert conduisent les projets suivants :

- ZAC de la gare
- ZAC Occitane
- Gazoduc

4.1.2. Les adaptés

Ils mènent peu de projet d'aménagements. Ils ont découvert la séquence ERC au cours d'un premier projet qui a été très contraint dans son avancement par la mauvaise prise en compte de la réglementation. A la suite de cette première expérience, ils ont révisé leur organisation interne pour mieux prendre en compte ces obligations. Cela peut se traduire par une

assistance à maîtrise d’ouvrage environnementale, qui correspond au responsable environnement des aménageurs de type expert, mais en externe. Les opérations d’Argumentation et de Vérification sont moins présentes du fait de leur manque d’expertise et également, car ils savent qu’ils ne peuvent pas « passer à travers » l’application de la séquence ERC. Ils ont plutôt tendance à s’en remettre à leur bureau d’études. Les acteurs en charge du dossier d’autorisation ont un niveau de connaissances en écologie ou naturalisme en général proche du non-initié, voire intermédiaire selon les cas.

Dans notre échantillon de projets étudiés, les aménageurs de type Adapté conduisent le projet suivant : élargissement autoroute.

Les aménageurs ayant conduit les projets de Raccordement et de Rcade sont devenus Adaptés à l’issue de ces projets.

4.1.3. Les novices

Ils découvrent la séquence ERC pour la première fois lors des procédures d’autorisation de leur projet. Ils essaient de suivre les demandes des services de l’État mais ne les anticipent pas, voire les contestent dans un premier temps et cela freine leur projet. Cette première expérience pourra les conduire vers le type Adapté. Les acteurs en charge du dossier d’autorisation ont un niveau de connaissances en écologie ou naturalisme de type non-initié.

Dans notre échantillon de projets étudiés, les maîtres d’ouvrage de type Novice conduisent les projets suivants :

- Construction d’autoroute
- Lotissement aquitain.

Aujourd’hui, les projets de ces maîtres d’ouvrages sont terminés et ils ont tiré les enseignements de cette expérience. On ne les classifie cependant pas dans la rubrique Adapté car leur organisation interne n’a pas forcément évolué, ils ne sont pas dotés d’un conseil externe pour les accompagner dans la séquence ERC.

Les maîtres d’ouvrage ayant conduit les projets de Raccordement et de Rcade étaient des Novices lors du développement de ces projets.

Ces différentes catégories ne sont pas séparées par des frontières nettes et tous les intermédiaires existent entre les trois types que nous avons décrits. Nous avons placé les différents aménageurs interrogés sur une flèche reflétant le degré d’intégration de la séquence ERC dans le développement de leurs projets (Cf. figure 33)

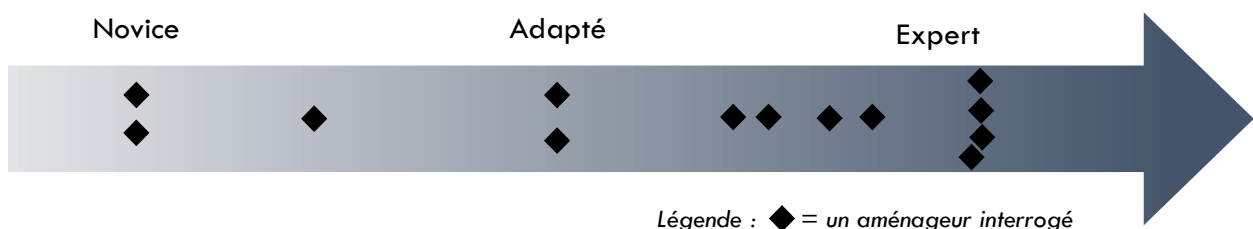


Figure 33 : Proposition de classification des aménageurs interrogés.

4.2. Les services de l'État

La dénomination « services de l'État » confond deux types de services qui jouent un rôle différent dans les procédures d'autorisation :

- Les services instructeurs : la DDT, et la DREAL
- Les services d'expertise : l'AFB, la DREAL, les CSRPN, le CNPN (ou autres) qui interviennent pour appuyer les services instructeurs de leur expertise. Notons que CNPN et CSRPN ne sont pas des services de l'État au sens strict mais ils fonctionnent avec des moyens de l'Etat.

Nous avons défini trois types d'agents au sein des services de l'état (services instructeurs et services d'expertise confondus) :

- les référents,
- les expérimentés,
- les novices.

Cette distinction est basée sur le degré de maîtrise de la séquence ERC. Voici ci-après les éléments retenus pour justifier notre classement, d'après nos observations sur le terrain.

4.2.1. Les référents

Ces agents sont en poste depuis le début de la mise en œuvre de la réglementation ERC, ils ont participé à la définition du cadrage national. On peut les retrouver dans les groupes de travail nationaux pilotés par le ministère en charge de l'écologie. Ils sont des référents pour les autres agents des services instructeurs et finalement, ce sont eux qui déterminent sur le terrain, en pratique, comment doit être appliquée la loi (ou ils y contribuent) en se confrontant chaque jour à la variété des cas de figure qui peuvent se présenter. Ils se distinguent des Expérimentés uniquement par leur expérience, la profondeur de leur connaissance de la réglementation et des manières de l'appliquer. Ils ne possèdent pas nécessairement une expertise naturaliste plus importante que les Expérimentés : leur niveau de connaissance en écologie peut être intermédiaire ou expert. Les référents peuvent comprendre les experts des instances du type CSRPN ou CNPN ou de l'AFB.

4.2.2. Les expérimentés

Ces agents ont plusieurs années d'expérience en instruction de dossier et/ou une bonne connaissance de la réglementation et la mise en œuvre de la séquence ERC ainsi qu'en écologie et naturalisme ou sciences du vivant. Les experts des instances du type CSRPN ou CNPN ou de l'AFB peuvent également se trouver dans cette catégorie, soit parce qu'ils débutent dans leur poste, soit parce que leur domaine d'expertise est plus de l'ordre de l'écologie que de la séquence ERC (cas de membres du CNPN ou CSRPN par exemple). Leur niveau de connaissance en écologie et naturalisme peut être intermédiaire ou expert.

4.2.3. Les novices

Ces agents ont une faible expertise en ce qui concerne la mise en œuvre de la séquence ERC et/ou en écologie – sciences du vivant. Ils sont donc très dépendants de ce que leur disent les

bureaux d'études, et en mauvaise position pour argumenter. Ils peuvent s'appuyer sur l'expertise de collègues de leur service, ou la demande d'avis aux services experts de l'Etat comme l'AFB pour les autorisations loi sur l'eau. Les novices sont présents uniquement dans les services instructeurs, DDT et DREAL. Ils évoluent vers la catégorie Expérimentés au fur et à mesure de l'expérience qu'ils acquièrent.

De même que pour les aménageurs, tous les intermédiaires sont possibles entre ces trois grands profils d'agents de services de l'État, comme l'illustre, sur la figure 34, le positionnement des agents des services de l'État que nous avons interrogés.

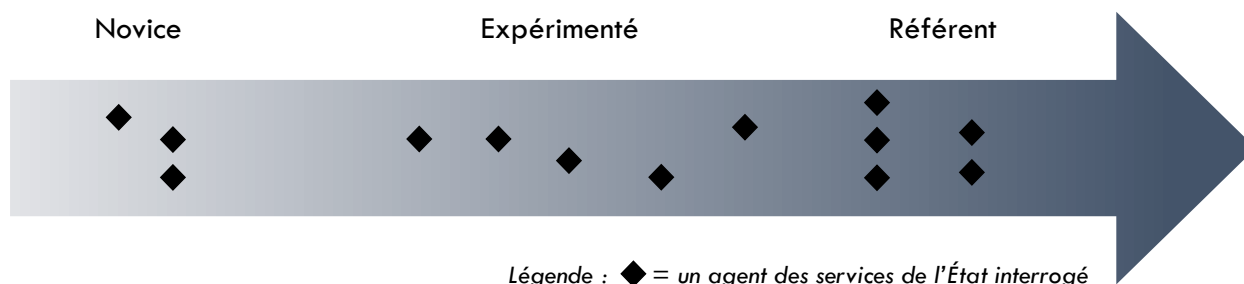


Figure 34 : Proposition de classification des agents des services de l'État interrogés.

4.3. Les bureaux d'études

Parmi les bureaux d'études, nous distinguons trois catégories : les spécialistes, les naturalistes et les généralistes.

4.3.1. Les spécialistes

Ces bureaux d'études sont des spécialistes des montages de dossiers Espèces Protégées et Loi sur l'eau. Ils ont une grande expérience des passages en commission CNPN et sont à même de conseiller leur client sur « ce qui ne passe pas ». Ils ont développé leur propre méthode d'évaluation des mesures compensatoires. Ils participent aux réflexions collectives et groupes de travail sur la séquence ERC (comme la CRERCO²⁰ en Occitanie). Ces bureaux d'études sont d'envergure nationale ou interrégionale.

4.3.2. Les naturalistes

Nous choisissons de les dénommer « naturalistes » car les personnes interrogées ont beaucoup insisté sur leur fibre naturaliste qui prévaut sur l'application de méthode de dimensionnement. Ils n'appliquent pas, ou parfois seulement, des méthodes de dimensionnement et n'en ont pas développées en interne. Leur niveau d'expertise concernant la séquence ERC est variable selon les cas, mais il peut être aussi élevé que les spécialistes. De

²⁰ Communauté Régionale sur la séquence ERC en Occitanie, pilotée par le Conseil Régional et la DREAL

même, ils peuvent participer aux groupes de travail sur la séquence ERC. Ces bureaux d'études sont plutôt d'envergure locale ou régionale et sont constituées de plus petites équipes.

Notons que cela ne signifie pas que les bureaux d'études de type Spécialiste ont des compétences naturalistes inférieures, mais dans notre analyse, ce n'est pas ce qui domine dans leur profil.

4.3.3. Les généralistes

Ce sont de gros bureaux d'études, plutôt de type « ensembliers ». Ils sous-traitent le volet naturaliste comprenant la définition des mesures compensatoires aux Spécialistes et aux Naturalistes. Ils n'ont pas une expertise aussi poussée qu'eux, en termes de séquence ERC.

4.4. Conclusion

Chez les aménageurs et les services de l'État, le niveau d'expertise au sujet de la séquence ERC est déterminant. Cela peut d'ailleurs paraître surprenant pour des services de l'État dont le rôle est de veiller à une application identique des normes environnementales liées à l'aménagement au sein des territoires. Nous proposons de discuter davantage des origines potentielles de cette gradation de leur niveau d'expertise au paragraphe suivant traitant des ressources sur lesquelles ils s'appuient pour réaliser leur mission.

Chez les bureaux d'études, le positionnement de certains par rapport aux méthodes de dimensionnement peut également constituer une surprise. Cela reflète, à notre sens, le caractère controversé de la compensation écologique en France (Semal et Guillet, 2017).

Encadré 6 : Les autres acteurs du dimensionnement

Lors des entretiens, d'autres acteurs impliqués dans la définition des mesures compensatoires ont été évoqués. Il s'agit des chambres d'agriculture qui peuvent jouer un rôle d'intermédiaire entre aménageur et propriétaires fonciers accueillant des mesures compensatoires. Elles peuvent être amenées à se prononcer sur les mesures compensatoires mises en œuvre dans des terres agricoles afin d'assurer leur compatibilité avec les pratiques des agriculteurs. Les SAFER peuvent également intervenir en repérant des parcelles agricoles adéquates pour accueillir des mesures de compensation. Les CEN (Conservatoires d'Espaces Naturels) jouent aussi un rôle consultatif notamment pour appuyer l'expertise sur les dossiers. C'est le cas du CEN Champagne-Ardenne pour le projet de construction d'Autoroute.

Ces acteurs ne sont impliqués qu'au second plan dans le dimensionnement des mesures compensatoires et pas de façon directe.



Photo : Agnès Mechin

Figure 35 : Visite de terrain d'une zone humide de compensation dans les Ardennes

5. Les conditions de réalisation des opérations

Pour compléter l'analyse des pratiques du dimensionnement, il est nécessaire de décrire dans quelles conditions les acteurs réalisent les opérations du dimensionnement. Nous nous sommes concentrés sur deux volets de ces conditions :

- les contraintes, tout ce qui est présenté comme une difficulté par les acteurs dans les entretiens,
- les ressources, ce sur quoi s'appuient les opérateurs pour effectuer leur mission dans le processus de dimensionnement.

5.1. Les contraintes

L'analyse des entretiens et des projets nous a permis d'identifier les différentes contraintes auxquelles sont confrontés les acteurs du dimensionnement des mesures compensatoires. Le tableau 18 résume les contraintes que nous avons identifiées pour les différents projets étudiés. Le tableau 19 expose l'ensemble des contraintes identifiées au travers de la totalité de notre corpus de données et les présente par ordre d'occurrence dans les entretiens. Nous reviendrons ensuite, plus en détail sur les principales d'entre elles, c'est-à-dire celles qui sont les plus citées lors des entretiens.

Tableau 18 : Les contraintes identifiées pour les projets étudiés

Projet	Contraintes identifiées
Lotissement aquitain	Manque de connaissance de la séquence ERC de la part de l'aménageur, de la procédure Dérogation Espèces Protégées de la part du premier bureau d'études
ZAC Occitane	Disponibilité foncière, territoire fortement impacté par des projets précédents, rentabilité financière de l'opération, enjeux politiques ? <i>Tous les protagonistes n'ont pas pu être interrogés et l'interview de l'aménageur est restée assez superficielle : nous nous limitons à émettre des hypothèses pour les 2 dernières contraintes exposées.</i>
Raccordement	Manque de connaissance de la séquence ERC de la part de l'aménageur, disponibilité foncière, territoire fortement impacté par des projets précédents
Rocade	Calendrier politique contraint ne laissant pas le temps nécessaire aux inventaires naturalistes, manque de connaissance de la séquence ERC de la part de l'aménageur, disponibilité foncière, tracé fixé empêchant toute marge de manœuvre pour favoriser l'évitement et réduire la dette compensatoire
ZAC de la gare	Projet mal défini encore à ce jour, disponibilité foncière, territoire fortement impacté par des projets précédents, enjeux politiques
Gazoduc	Pas de contrainte particulière identifiée

Construction autoroute Manque de connaissance de la séquence ERC de la part de l'aménageur, projet très impactant pour le territoire, disponibilité foncière, mobilisation citoyenne contre le projet, absence de méthode de dimensionnement des mesures compensatoires pour les zones humides en début de projet

Elargissement autoroute Bureau d'études peu coopératif, difficulté pour le responsable environnement à faire peser les exigences environnementales dans le développement du projet

Tableau 19 : Les contraintes auxquelles sont soumis les acteurs du dimensionnement des mesures compensatoires

1	Manque de connaissances et de formation	Cf. plus bas
2	Incohérences de la part des différents services de l'État	Cf. plus bas
3	Manque de temps et de moyens	Cf. plus bas
4	Manque de volonté des aménageurs	Cf. plus bas
5	Pressions politiques et manque de soutien des hiérarchies	Cf. plus bas
6	Acceptation par le monde agricole et disponibilité foncière des parcelles pour la compensation	Le monde agricole est impacté par les projets et la mise en place des mesures compensatoires : cela peut poser des problèmes pour trouver des parcelles compensatoires ou faire accepter les mesures par les agriculteurs. Dans certaines zones, il devient très difficile de trouver des parcelles disponibles pour la compensation.
7	Interprétations variables de la réglementation et évolution des demandes de l'Etat au cours du temps	Plusieurs aspects de la réglementation (délimitation des zones humides, état écologique) peuvent être sujets à des interprétations diverses selon les services instructeurs. Quand le développement des projets prend du temps, les exigences réglementaires peuvent évoluer et constituer une difficulté pour les aménageurs.
8	Manque de retours d'expérience sur les mesures compensatoires	L'application récente de la séquence ERC fait qu'on dispose encore de peu de retours sur le fonctionnement des mesures mises en place. Difficulté évoquée par les services de l'État, les bureaux d'études et les aménageurs.

9 Incertitudes liée à la nature même de la biodiversité	Incertitudes sur le déroulement des projets (pour les aménageurs), sur le succès des mesures compensatoires (pour les bureaux d'études) et difficultés à comprendre cette contrainte de la part de certains maîtres d'ouvrage.
10 Planification territoriale insuffisante	Manque d'une vision territoriale d'ensemble pour les mesures compensatoires (évoqué par les aménageurs). Les PLU ²¹ et SCOT ²² n'intègrent pas assez la biodiversité. Les choix d'implantation de projet respectant les PLU ne sont pas en accord avec les enjeux de protection de la biodiversité (évoqué par les services de l'État)
11 Manque d'outils et de référence	Absence de doctrine régionale dans certaines DREAL, de méthodes de référence pour le dimensionnement, manque de méthode pour mesurer des impacts spécifiques (éolien par ex.)
12 Sous-utilisation des ressources existantes	Sous-utilisation des guides, de la phase amont (l'AFB pas assez sollicitée)
13 Contraintes diverses	Contestation des projets, rentabilité financière, fusion des régions, montée des contentieux, turn-over important des agents des services instructeurs, ou dans les bureaux d'études, complexité de certains montages de projets

Nous analysons plus précisément les 5 contraintes les plus fréquemment citées en entretien dans les parties qui suivent.

5.1.1. Manque de connaissance de la part des acteurs du dimensionnement

Le manque de connaissance de la part des services instructeurs ou des aménageurs concerne la séquence ERC en elle-même ou de façon plus générale l'écologie, la biodiversité.

Pour les services de l'État

Au niveau des services de l'État, ce sont essentiellement le manque de connaissance de la part des DDT qui est souligné :

« Avec les DDT, c'est plus compliqué parce que j'ai l'impression qu'elles ont pris un peu de retard sur l'assimilation d'ERC en général » (un expert ERC de l'AFB).

²¹ Plan Local d'Urbanisme

²² SCOT : Schéma de Cohérence Territoriale

Ce constat est corroboré par quelques entretiens faits avec des agents de DDT qui n'abordaient quasiment par la séquence ERC dans le récit de leur mission, ou sinon de façon extrêmement superficielle, et mettaient en avant davantage les aspects techniques de leur poste, comme l'hydraulique par exemple. Ce manque de connaissance rend la collaboration interservices plus difficile et peut même aboutir parfois à des positions contradictoires entre DREAL et DDT par exemple.

Dans certaines régions, des experts de la DREAL forment des agents des DDT pour améliorer l'application de la réglementation :

« On essaie de mettre en place un système, on fait beaucoup de séminaires, de formations et je réinterviens encore en juin pour former nos collègues, pour leur dire : attention ! pour faire un premier niveau d'alerte, parce que nous, on est surchargés hein ! » (Chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

Certains agents de la DDT eux-mêmes reconnaissent être dans l'impossibilité d'expertiser sur le fond les études d'impact qu'ils doivent instruire, révélant leur manque de connaissance non pas uniquement sur la séquence ERC mais aussi sur l'écologie.

Cette difficulté n'est cependant pas le seul fait des DDT puisqu'en DREAL, lorsque les agents débutent, ils n'ont souvent reçu aucune formation sur ERC et apprennent donc sur le tas, au fur et à mesure des dossiers. Ce manque de connaissance et de formation a d'ailleurs été directement observé en entretien lorsqu'un agent de la DREAL citait en exemple des mesures de compensation qui étaient en réalité des mesures de réduction.

Pour les aménageurs

Le manque de connaissance concerne également les aménageurs, particulièrement les aménageurs qui n'ont pas de responsable environnement ou d'expert ERC en interne. Cela rend logiquement l'anticipation de la séquence ERC beaucoup plus difficile. Et ils se reposent alors sur leurs bureaux d'études. Cela peut freiner l'avancement des dossiers et demander des temps d'explications de la part des bureaux d'études ou des services de l'État. Cette contrainte a été particulièrement prégnante dans le cas des projets de Raccordement et de Rocade. Dans le premier cas, cela a entraîné une certaine désorganisation dans le déroulement des différentes procédures d'autorisations et de dépôt des dossiers. Le choix a été fait de définir les mesures compensatoires en plusieurs fois, au fur et à mesure des dépôts de dossiers. Dans le cas de la Rocade, ce manque de connaissance a entraîné une position de blocage pendant un certain temps de la part du maître d'ouvrage vis-à-vis des mesures compensatoires.

Cependant, comme nous l'avons vu un peu plus haut, ce manque de connaissance est comblé au fur et à mesure de l'expérience accumulée par les aménageurs.

« J'aurais eu [ce projet] il y a cinq ans, quand je suis arrivé, j'aurais dit « où c'est que je débarque ? » Là maintenant, ça ne me perturbe pas de dire à la DREAL, oui, il faut faire l'étude au cas par cas, voilà, j'ai bien compris. » (Un chef de projet chez un aménageur au sujet du 2^{ème} projet qu'il a eu en charge, à la suite du projet de Raccordement).

Les aménageurs qui ont des responsables environnement en charge de la séquence ERC ne sont pas concernés par cette contrainte. En effet, ils ont une véritable expertise en matière de réglementation ERC.

Pour les bureaux d'études ?

Enfin, les services instructeurs déplorent parfois le niveau insuffisant des analyses des bureaux d'études, sans qu'il soit possible d'identifier de façon certaine l'une ou l'autre de ces raisons : manque de connaissance ou contraintes imposées par le maître d'ouvrage.

En conclusion, le manque de connaissance est vécu comme une contrainte à la fois par les premiers intéressés, en particulier par les agents des services de l'État qui reconnaissent les difficultés que cela peut engendrer, mais également par leurs interlocuteurs. Il est important de noter toutefois qu'elle n'est pas généralisable à tous les acteurs.

5.1.2. Hétérogénéité et incohérences des demandes des services de l'État

Les services de l'État peuvent avoir des demandes ou des positions contradictoires : par exemple entre service ICPE²³ et service Police de l'eau au sein d'une même DDT, entre DDT et DREAL, entre services ou entre niveaux hiérarchiques.

« C'est les positions de la DREAL et les positions du service Forêt, parfois du service de l'Eau ou de service gestionnaire de cours d'eau qui nous demande par exemple, obligatoirement un curage de fossé, puis la DREAL nous dit, non, pas de curage, on vous interdit tout curage. » (Un responsable de projet d'un aménageur).

C'est ce qui s'est passé pour le projet de Rode où l'aménageur relate que la DDTM qu'il a sollicitée en premier, a indiqué qu'il n'y avait pas de mesures compensatoires à mettre en place. Or la DREAL a par la suite demandé à ce qu'un dossier de Dérogation Espèces Protégées soit déposé, procédure impliquant des mesures compensatoires.

Certaines incohérences sont en lien direct avec la réglementation :

« On insiste beaucoup sur le caractère global de l'évaluation environnementale. Le problème c'est que derrière ça, viennent se calquer des procédures réglementaires qui elles, ne sont pas du tout globales, sont très sectorielles et très indépendantes les unes des autres. (...) Les objectifs réglementaires sont définis toujours de manière très sectorisée dans les différents codes et avec des fois, des obligations, des objectifs qui ne sont pas compatibles ou qui peuvent être contradictoires » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

Lorsque des acteurs travaillent sur plusieurs régions ou département, qu'ils soient services de l'État, bureaux d'études, ou aménageurs, ils constatent l'hétérogénéité des demandes d'un service à l'autre.

²³ Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

« Il y a de grosses différences de traitement entre régions » (un responsable environnement d'un aménageur).

Les différences de traitement peuvent tenir à des différences de doctrine. Par exemple, l'ex-région Languedoc-Roussillon était connue pour être particulièrement exigeante. La DREAL s'était d'ailleurs positionnée dès 2013 dans une démarche de progression dans l'application de la séquence ERC au travers de la création de la future CRERCO²⁴.

Parfois, les différences de traitements peuvent être dues à des personnes en particulier :

« C'est une personne de la DDT très spécifique. On est pas les seuls à avoir des problèmes avec elle. C'est vraiment un problème de personne. Ça aurait été une autre personne de la DDT, je pense que ça serait passé. » (Un responsable environnement d'un aménageur).

5.1.3. Manque de temps et de moyens

Pour les services de l'État

Le manque de temps et le manque de moyens concernent en premier lieu, les services de l'État. Ce constat est fait par les agents eux-mêmes mais aussi par les bureaux d'études et les aménageurs. Cela se manifeste par le refus de réunions de cadrage par certains agents, ou certaines DREAL pour certains types de projets, ainsi que par des interrogations sur la possibilité de faire les suivis de réalisation de mesures compensatoires.

« Il y a une grosse faille dans le système, c'est qu'ils [les agents de la DREAL] ne sont pas assez nombreux. (...) Là, par exemple, sur le projet x, la DREAL n'a pas le temps de valider le plan de gestion [des mesures compensatoires]. (...) Je pense qu'ils n'ont pas assez de staff et ils ont pas le temps, mais c'est ce qui fait défaut clairement ». (Un responsable environnement d'un aménageur).

Certains agents des services instructeurs disent prendre sur leur temps personnel pour instruire les dossiers ou se former.

« Nous on a fait le choix ici (...) d'accompagner les maîtres d'ouvrage. Jusqu'à quand, je ne sais pas honnêtement, parce qu'on a une montée en puissance des dérogations. C'est bien dans un sens mais ça veut dire que nous, notre temps, il est pas extensible à l'infini. On passe, enfin, moi, je passe beaucoup de temps perso ; ça déborde un peu trop sur ma vie personnelle. » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

Notons au passage, qu'un poste de chargé de mission Espèces Protégées vient d'être supprimé dans le service dont fait partie l'acteur interviewé.

²⁴ Communauté Régionale ERC d'Occitanie

Pour les bureaux d'études

Du côté des bureaux d'études, cette contrainte correspond à l'obligation de monter des dossiers avec des délais et des budgets contraints, tels que décidés par les maîtres d'ouvrage et pas toujours adaptés. Dans le cas du projet de Rocade, le bureau d'études disposait d'un nombre de jours insuffisants de terrain selon un des experts du bureau d'études ayant réalisé les inventaires pour réaliser le diagnostic écologique des parcelles aménagées, pour des raisons budgétaires et de délais de mise en service du projet. Ainsi, une espèce (le campagnol amphibie) n'a pas pu être observée sans qu'il soit possible d'affirmer qu'elle n'était pas présente. Cette présence seulement potentielle a entraîné une série de problèmes dont l'incompréhension du maître d'ouvrage et finalement, l'obligation de compenser malgré tout.

Pour les aménageurs

Chez les aménageurs, différents cas de figure peuvent se présenter. Il peut y avoir beaucoup trop de projets pour qu'ils soient tous suivis systématiquement par le ou les responsables environnement. Puis les budgets peuvent ne pas permettre d'anticiper pleinement les mesures compensatoires (prospection foncière, prédiagnostic écologique des parcelles, etc.)

En outre, selon comment sont montés les projets, les budgets peuvent être fixés en amont, sans prendre en compte la séquence ERC, contraignant le responsable environnement à faire avec les moyens dont il dispose pour réaliser les études écologiques, qui vont également contraindre le bureau d'études.

« La direction a un budget à respecter, une convention de financement. » (Un responsable environnement chez un aménageur).

5.1.4. Attitude peu coopérative des aménageurs

Pour les bureaux d'études

Dans certains cas, l'attitude des aménageurs représente une véritable contrainte en particulier pour le bureau d'études. Cela se manifeste par exemple, par l'imposition d'une parcelle pour la compensation, même si elle n'a pas le potentiel écologique pour permettre une plus-value écologique suffisante, ou encore, par le refus de mettre en œuvre des compensations ou la contestation des diagnostics écologiques, comme cela a été le cas pour le projet de Rocade.

Pour les services de l'État

Cela représente également une contrainte pour les services instructeurs :

« Il y a des catégories de projets, typiquement l'urbanisme, où à part les gros projets de ZAC qui sont soumis à études d'impact, c'est quand même pas du tout admis qu'il faut compenser, et donc qu'il faut appliquer ERC. Pour les énergies renouvelables aussi, il faut batailler sans arrêt. A l'inverse pour les infrastructures de transport ou linéaires

en général et les carrières, globalement, on a franchi ce stade-là depuis longtemps. »
(Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

Pour les aménageurs

Chez les aménageurs, c'est l'attitude des chefs de projet qui peut être contraignante pour les responsables environnement :

« Il y a des projets qui peuvent nous échapper parce qu'on a beau aller les [les chefs de projet] voir et leur dire : « dites-nous ! », on sait pas tout ce qui se passe parce que chacun a plusieurs projets, donc bon, c'est pas toujours évident. Il y en a qui viennent nous voir d'eux-mêmes : « je vais avoir un sujet eau là (eau ou biodiversité parce que c'est pas toujours la biodiversité), comment je gère ? » Alors des fois ils nous appellent, les travaux commencent le mois d'après ! Des fois, on est juste, mais on peut encore au moins gérer correctement, donc vite, on prévient les services de l'État qu'on est un peu hors cadre mais qu'on va bien gérer. Et puis des fois ils nous préviennent en amont et du coup, c'est parfait, on peut tout bien faire. » (Un responsable environnement d'un aménageur).

Cela peut également être lié à l'attitude des bureaux d'études techniques. C'est le cas pour le projet de ZAC de la gare. Le maître d'ouvrage a bien intégré la séquence ERC et a formé ses chefs de projet sur le sujet. C'est donc aux chefs de projet de répercuter des demandes en rapport avec ERC auprès de leur maîtrise d'œuvre qui n'est pas toujours réceptive :

« Il y a des allers-retours entre ceux qui vont faire l'étude d'impact et ceux qui font les études techniques pour pouvoir adapter les choses les plus pertinentes et notamment appliquer la séquence ERC. Ça a été compliqué de leur faire comprendre parce qu'en fait au niveau de la maîtrise d'œuvre urbaine, le mandataire principal, c'est l'architecte urbaniste et visiblement, ils ont pas du tout cette sensibilité-là, ils ne doivent pas y être confrontés » (Le chef de projet d'un aménageur).

5.1.5. Pressions politiques et manque de soutien des hiérarchies

Pour les services de l'État

Cette contrainte est repérée fréquemment chez les services de l'État, particulièrement en DDT.

« Quand vous êtes en DDT, vous êtes un peu dans un service préfectoral hein ! L'influence du ministère est beaucoup moins prégnante quand vous êtes en DREAL. »
(Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

C'est ce qui s'est passé pour le projet de Construction d'Autoroute. Les services instructeurs étaient mis sous pression pour que le projet soit autorisé le plus vite possible même en l'absence de mesures compensatoires bien définies. Les avis des services instructeurs ne sont donc pas toujours soutenus par la hiérarchie ou suivis par les préfets qui délivrent les autorisations.

Cela est également vrai en DREAL :

« Déjà en interne, on a un problème avec ça [de rendre un avis défavorable sur un dossier] parce qu'au niveau national, l'ensemble des directeurs finalement, militait pour qu'on ne mette plus de conclusions aussi claires sur les avis, qu'on ne mette plus « favorable » ou « défavorable », pour éviter d'avoir à mettre des avis défavorables en fait, en pratique, même si personne n'a jamais refusé qu'on mette un avis défavorable nulle part. Mais comme il commençait à y avoir beaucoup de dossiers qui remontaient avec des avis défavorables et en général quand la DREAL met un avis défavorable, tu peux être sûr que le CNPN la suive, donc c'était une condamnation du projet de fait. Et parfois des préfets qui voulaient ignorer ces avis, ils prenaient quand même les arrêtés d'autorisation, qui du coup étaient attaqués et finalement le préfet se retrouvait en porte-à-faux avec ses propres services. » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

Cela est particulièrement vrai s'agissant de projet d'intérêt public :

« Sur les grands projets, le maître d'ouvrage qui est d'importance nationale, que ce soit Vinci, ou que ce soit SNCF réseau ou que ce soit VNF²⁵, ils traitent en direct avec le préfet. Même les services de l'État à la rigueur, ils sont en réunion avec le préfet, c'est le préfet qui décide. Même si le préfet n'est pas technique. C'est pas forcément qu'un avis technique, une décision technique. C'est notre métier qui est technique, après t'as l'emploi, les enjeux d'aménagement du territoire. Quand ça coince, c'est le préfet qui arbitre de toutes façons. » (Un expert ERC de l'AFB).

Ces pressions se traduisent par le manque de soutien des hiérarchies, en DREAL et en DDT, manque souligné dans plusieurs entretiens.

Pour les aménageurs

Logiquement, cela aboutit à un traitement inéquitable des projets, dont se rendent compte les aménageurs et qui peut freiner la bonne application de la séquence ERC.

« Combien de fois ça m'est arrivé de dire, ça, ça passera pas [au chef de projet]. Et ça passe ! Et ça ne va même pas en commission [CNPN]. Et la crédibilité ? » (Un responsable environnement d'un aménageur).

Les pressions politiques peuvent également se manifester chez les aménageurs en interne s'agissant de collectivités territoriales, d'aménageurs publics. Les dirigeants sont des élus qui ne défendent pas forcément des intérêts en faveur de la biodiversité ou bien qui ont d'autres priorités. Dans le cas du projet de Rode, le projet était contraint par un calendrier politique : l'infrastructure devait être mise en service avant les élections, et ce calendrier ne laissait pas le temps nécessaire pour les inventaires naturalistes.

²⁵ Voies Navigables de France

5.1.6. Conclusion

Les contraintes que nous avons identifiées sont multiples et convergent avec le constat établi en 2015 par Jacob et al. au sujet des difficultés liées à la mise en application de la séquence ERC. Elles peuvent être d'ordre interne, reliée à l'acteur lui-même ou d'ordre externe, pour lesquelles les acteurs n'ont pas forcément les moyens d'y remédier. Le manque de connaissance entravant l'acteur dans la réalisation de sa mission est d'ordre strictement interne certes, mais peut être entretenue par des contraintes externes comme le manque de temps pour se former et le manque d'outils.

5.2. Les ressources

Nous avons identifié au travers des entretiens et d'un atelier d'acteurs dans la région Grand-Est (Cf. figure 36), les ressources sur lesquelles s'appuient les différents opérateurs pour réaliser leur mission. Nous dénommons « ressource » tout ce qui peut les aider dans la réalisation de leur tâche, de nature matérielle ou immatérielle.

Les acteurs citent prioritairement la réglementation, la doctrine d'application (nationale ou régionale) et les Lignes Directrices du CGDD (2013). Au-delà de cette base incontournable, nous identifions plusieurs types de ressources (Cf. tableau 20) que nous analysons par grand type.

Tableau 20 : Les ressources mobilisées par les acteurs du dimensionnement

Toutes sources d'informations sur la séquence ERC et l'écologie	Guides techniques officiels (CGDD, Cerema, AFB...) Colloques, séminaires Formations professionnelles spécifiques Expérience
Le réseau humain	Réseau interne Bureau d'étude Services de l'État
Bases de données, données de terrain	-
Méthode d'évaluation	-



Photo : Agnès Mechin

Figure 36 : Identification des moyens utilisés par les acteurs de la séquence ERC - Atelier Grand-Est du 27 juin 2017

5.2.1. Toutes sources d'informations sur la séquence ERC et l'écologie : formations, guide, rapports, colloques

Les formations professionnelles

Les acteurs doivent se former sur la séquence ERC, les aspects purement réglementaires, et les aspects plus généralistes permettant d'en comprendre les mécanismes et les raisonnements à mettre en œuvre, notamment pour la définition des mesures compensatoires. Idéalement, cela se fait par des formations professionnelles mais les acteurs interrogés en faisaient peu cas.

Aucun des aménageurs interrogés ne mentionne avoir suivi une formation spécifique sur ERC. Mais il est intéressant de noter que les aménageurs de taille conséquente mettent en place des formations destinées à leurs chefs de projet, afin qu'ils connaissent les bases de la réglementation. C'est le cas de la collectivité maître d'ouvrage du projet de ZAC de la gare.

Les bureaux d'études semblent peu recourir aux formations également. Il peut arriver cependant que certains membres des bureaux d'études aient suivi une formation sur une méthode de dimensionnement : plusieurs d'entre eux ont participé aux formations MERCI-Cor, et certains ont mentionné la formation sur la méthode d'identification des fonctions des zones humides.

Enfin, pour les services de l'État, la situation est un peu différente. Il existe des formations sur la séquence ERC, comme le mentionne un agent du service de la police de l'eau d'une DDT :

« Y a eu des formations sur ERC mais moi, faute de disponibilité, j'en ai loupé. » (Un agent de DDT).

Ou encore un agent d'une DREAL :

« J'ai eu quelques formations par le ministère de l'écologie sur la réglementation, beaucoup sur les aspects réglementaires de l'évaluation environnementale, les attentes et puis y avait une formation de quelques jours qui a été mise en place pour accompagner les chargés de mission Autorité Environnementale dans leur prise de poste, en expliquant un peu tout le processus d'analyse des études d'impact. » (Un chargé de mission Espèces Protégés d'une DREAL, anciennement en poste à l'Autorité Environnementale).

Mais le temps semble manquer pour les suivre et certains agents visiblement n'en profitent pas. Outre-mer, l'offre de formation semble très pauvre sur place. C'est pourquoi la formation à la méthode MERCI-Cor proposée dans les départements et territoires d'outre-mer a rencontré un grand succès (28 personnes en Guadeloupe, 24 personnes à la Réunion, 26 personnes en Nouvelle-Calédonie), en l'absence de toute autre formation sur le sujet.

Les guides et colloques

Si le recours aux formations est assez faible, les acteurs s'appuient sur d'autres moyens pour se former par eux-mêmes. La participation à des colloques et séminaires, la lecture de guides (comme les guides Théma du CGDD, cf. tableau 1 en annexe n°2), et rapports divers (Cf. figure 37) qui sont nombreux sur le sujet sont des moyens surtout mobilisés par les responsables ERC chez les aménageurs.

« Moi les Théma [guides techniques de l'Etat sur la séquence ERC], je les trouve supers parce que c'est hyper clair, ça va à l'essentiel et ça permet aussi d'avoir un peu de veille juridique et d'analyse sur le sujet, donc ça c'est bien. » (Le responsable environnement d'un maître d'ouvrage).

« Les collectivités, les aménageurs sont souvent conviés à des conférences, des séminaires faits par la DDTM, soit des organismes extérieurs ou l'université sur des sujets, donc en général, c'est des temps qu'on aime prendre parce qu'assez formateurs. » (Un chef de projet d'un maître d'ouvrage).

Pour les bureaux d'études, cela est souvent redondant avec la pratique de montage des dossiers qui leur permet d'acquérir ces connaissances sur le tas, via les échanges avec les services de l'État en particulier. En outre, ils sont contraints par le temps, même s'ils souhaitent suivre leurs parutions.

« On les a lus au début mais après pour nous ça donne juste des bases. (...) A la limite on le donne au maître d'ouvrage pour qu'il comprenne un peu plus. » (Un chef de projet d'un bureau d'études).

« Enfin, il faut le temps de les digérer. Mais oui, on essaie d’avoir une veille là-dessus. Et de se tenir au courant de ce que le ministère peut sortir en termes de guide. Parce que c’est toujours quelque chose qu’on veut prendre en compte dans le cadre de nos études parce que ça sortira forcément à un moment donné dans l’instruction. Donc plus tôt on l’a, ça nous permet d’améliorer le conseil par rapport au maître d’ouvrage. Après le problème c’est toujours le temps de les lire et de penser à aller revérifier dedans sur chaque chose. » (Un chef de projet d’un bureau d’études).



Figure 37 : Quelques guides pratiques sur la séquence ERC

Pour les agents des services instructeurs, cela peut représenter un intérêt lorsqu’ils débutent, mais ils n’ont pas forcément connaissance de leur existence.

« On les a tous ces documents-là, nous après la lecture, souvent, ça se fait sur notre temps perso parce qu’on n’a pas forcément énormément de temps ou alors, après, on va piocher une idée par-ci par-là. (...) Ca peut être très utile notamment quand on débute. » (Chargé de mission Espèces Protégées DREAL).

« Ce qui m’a beaucoup aidé, c’est effectivement les lignes directrices mais que j’ai découvertes en fait... pas tout de suite, mais j’ai fini par les trouver. [quand son collègue qui l’a formée est parti], j’ai été obligée de revenir aux textes et aux documents, et c’est là que j’ai vraiment cherché à voir quels étaient les documents de référence. Les lignes directrices, c’est quand même bien parce qu’il y a des fiches qui sont bien rédigées. Justement on comprend bien que y a pas de doctrine nationale par rapport à des ratios mais ils donnent quand même un certain nombre d’éléments de raisonnement enfin ce qu’il faut prendre en compte donc c’est quand même très intéressant. » (Chargé de mission Espèces Protégées DREAL).

5.2.2. Les connaissances pratiques qui sont issues des retours d'expérience des dossiers précédents

L'expérience sur le sujet joue un rôle prépondérant pour tous les types d'acteurs. La variété des cas de figure qui peuvent se rencontrer fait que la pratique de la séquence ERC, en tant qu'aménageur, bureau d'études ou service de l'Etat facilite grandement leur travail dans de nouveaux projets.

« On a tout appris sur le tas, on n'était pas les seuls à apprendre. Les bureaux d'études apprenaient aussi, tout le monde apprenait, donc on a appris avec eux. Et puis maintenant, c'est le cinquième projet. C'est vraiment l'expérience qui fait qu'on commence à faire les choses efficacement. (...) On n'a pas beaucoup été aidé. » (le responsable environnement d'un maître d'ouvrage).

« Et puis c'est vrai qu'on instruit pas de la même façon, c'est souvent l'expérience qui fait que... » (Agent Police de l'eau, DDT).

« La formation elle se fait beaucoup sur le tas, en lisant bcp d'avis de l'AE rendus par les collègues, en lisant à droite à gauche et puis en se construisant aussi une culture à force de lire. » (Chargé de mission Espèces Protégées, anciennement Autorité Environnementale, DREAL).

Pour les maîtres d'ouvrage, le retour d'expérience concerne à la fois le déroulement de la procédure et l'apprentissage des attentes en termes de mesures compensatoires qui en découle mais aussi la connaissance naturaliste du territoire accumulée au fur et à mesure des diagnostics commandés aux bureaux d'études pour chaque projet :

« Maintenant, on commence à avoir l'habitude quand on fait le terrain, même le maître d'œuvre. Systématiquement, il y a du terrain qui va être fait, même en dehors de l'écologie, les maîtres d'œuvre, maintenant, même moi, on commence à avoir l'œil ! (...) Quand on commence à voir du brachypode, on sait que c'est pas bon, on sait que là, il faut pas passer. » (Un chef de projet d'un aménageur).

Le retour d'expérience concerne aussi la connaissance des impacts causés par les chantiers.

Les services de l'État profitent également de leur expérience pour acquérir des connaissances naturalistes au travers de la lecture des diagnostics écologiques et études d'impacts réalisés par les bureaux d'études.

Pour les bureaux d'études, l'expérience compte aussi beaucoup, notamment les retours du CNPN sur les dossiers qu'ils présentent.

« On a l'expérience du CNPN avec les retours du CNPN, des dossiers qui passent et des dossiers qui passent pas. » (Un directeur d'études en bureau d'études)

« On tient compte de l'expérience, de ce qu'on en lit dans d'autres dossiers, de retours qu'on nous a fait, de la part du CEN qui en gère [des parcelles compensatoires] de plus en plus, de la part de la DREAL aussi. » (Un chef de projet en bureau d'études).

5.2.3. Le réseau humain

Le réseau humain, quelle que soit sa forme, représente une importante ressource pour les différents acteurs. Il peut être constitué de réseau métier pour les agents des services de l'État, de réseau interne pour les maîtres d'ouvrage de taille conséquente.

« On bénéficie aussi d'un réseau métier interne, où on fait beaucoup de retours d'expérience entre les différentes régions. » (Un responsable environnement d'un maître d'ouvrage d'envergure nationale).

« Mais après on a aussi beaucoup d'échanges interagences sur ces problématiques-là. Donc quand on a un doute, (...) on a des discussions, on lance une question avec les différents chefs de projet [du bureau d'études], on essaie d'avoir une vision commune sur ces aspects-là, et qui sont pas forcément toujours évidents ; ce sont des questions qui sont assez subjectives souvent, ça nous aide pas mal d'être plusieurs justement à pouvoir discuter. » (Un chef de projet de bureau d'études).

Pour les services de l'État, il ne semble pas assez mobilisé, faute de temps, d'organisation, de formalisation de ces réseaux.

« C'est quelque chose qu'on regrette très fortement, c'est que par exemple, les instructeurs de dérogations, on aimerait bien quand même se rencontrer une fois, ou même tous les 2 ou 3 ans, moi ça fait depuis 2008 que je fais de la dérog' ; en 10 ans, j'ai jamais , j'ai été en formation de base mais après, j'ai jamais eu. Donc en fait, on se débrouille chacun de notre côté, chacun galère de son côté. » (Un chargé de mission Espèces Protégées de la DREAL).

Il comprend également la sollicitation de prestataire : pour les aménageurs, particulièrement les novices, le bureau d'études constitue leur principal moyen de mettre en œuvre leurs obligations, et ils n'ont pas d'autre choix que de s'en remettre à eux.

« J'ai été bien accompagnée par le bureau d'études et donc j'y suis rentrée [dans la séquence ERC] avec de l'étonnement au démarrage mais après très rapidement de la compréhension. » (Un chargé d'opération d'un maître d'ouvrage).

Les bureaux d'études sont aussi une ressource pour certains agents des services instructeurs qui débutent. Cela leur permet d'acquérir des connaissances naturalistes et des connaissances sur les écosystèmes de zones étudiées pour des projets, au fur et à mesure des inventaires et analyses d'impact des dossiers qu'ils instruisent.

Les services de l'État constituent également le réseau sur lesquels s'appuient bureaux d'études et maîtres d'ouvrage. Les explications et informations communiquées par les agents en phase de précadrage ou de cadrage, au préalable au dépôt du dossier constituent des ressources sur lesquelles s'appuyer pour dimensionner les mesures compensatoires.

5.2.4. Les bases de données

Les bases de données, de diverses natures et de diverses origines constituent une ressource importante pour les bureaux d'études qui les utilisent en particulier pour réaliser les prédiagnostics, avant de réaliser les diagnostics de terrain. Ces bases de données sont diverses : inventaire départementaux des zones humides, inventaire national du patrimoine naturel, zonages, etc.

Elles sont également mobilisées par les agents des services de l'État pour l'instruction :

« On va regarder des bases de données pour vérifier si les espèces qu'on imaginerait possibles dans ce milieu-là n'ont pas été trouvées [dans l'étude d'impact], sont connues par ailleurs. (...) On regarde un peu les photos aériennes, on regarde les zonages environnementaux connus, ZNIEFF²⁶, Natura 2000 etc. » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

5.2.5. Les méthodes de dimensionnement et outils apparentés (liste de critères etc.)

Les ME ne constituent pas un moyen prépondérant pour les différents acteurs. Elles ne sont d'ailleurs parfois pas abordées spontanément au cours d'un entretien, y compris avec des agents des services instructeurs.

Pour les bureaux d'études

Elles sont principalement citées comme ressources par les bureaux d'études. Le positionnement des bureaux d'études varie : certains ont leur propre méthode qu'ils appliquent en routine à tous les dossiers pour lesquels cela se justifie, par souci de cohérence de leur proposition d'un projet à l'autre. D'autres, et dans notre échantillon, ce sont des petits bureaux d'études (moins de 10 personnes) au rayonnement local, préfèrent ou revendiquent ne pas appliquer de méthode, privilégiant une approche uniquement basée sur leur expertise naturaliste.

« En fonction des mesures d'évitement et de réduction mises en place, on calcule l'impact résiduel du projet sur ces espèces-là. Et cet impact résiduel va nous permettre de voir quelles sont les espèces pour lesquelles on doit mettre en place de la compensation ou pas et ensuite de calculer les ratios. Donc là, c'est une méthodologie qu'on a. Enfin, on a plusieurs méthodologies au sein [du bureau d'études]. » (Un chef de projet d'un bureau d'études).

« Et après on définit vraiment le ratio. On n'a pas de méthode. On n'a rien développé comme ECO-MED et tout ça. Ce qu'on a essayé de faire un moment, c'est d'utiliser la méthode ECO-MED parce qu'on savait que c'était une méthode reconnue, y compris au niveau du CNPN et c'est une méthode de calcul donc les aménageurs, ils aiment bien, c'est carré. (...) » (Un chef de projet d'un bureau d'études).

²⁶ Zone Naturelle d'Intérêt écologique, faunistique et floristique

Pour les services de l'État

Elles peuvent aussi constituer un appui pour certains agents des services instructeurs. C'est le cas en particulier de la méthode nationale d'identification des zones humides qui commence à être connue auprès des services de l'État. De même, un agent de la DDTM outre-mer cite Merci-cor, comme ressource potentielle pour l'aider à instruire les dossiers. Il venait d'être formé à cette méthode et constatait que cela pouvait lui amener quelque chose, mais sans envisager une utilisation routinière.

Les services instructeurs s'appuient davantage sur des listes de critères ou des arbres de décisions produits en interne. Ils ne sont pas forcément formalisés dans des documents :

« On n'a pas forcément de grille. C'est parce qu'on commence à avoir des bonnes connaissances naturalistes en se disant telle et telle espèce, de quoi elles ont besoin ? Ce qu'ils proposent en mesures compensatoires à l'heure actuelle, en quoi c'est favorable ou défavorable à l'espèce, enfin aux espèces, à l'écosystème? » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL).

A notre connaissance, et parmi les personnes interrogées, seule l'AFB a mis à disposition de ses agents des documents pour les aider à réaliser leur rôle d'expertise dans les dossiers. Ce sont des logigrammes qui consistent en une succession de points de vigilance, à vérifier autant par le porteur de projet que par le service instructeur de l'Etat et les agents de l'AFB. (Cf. figure 38)

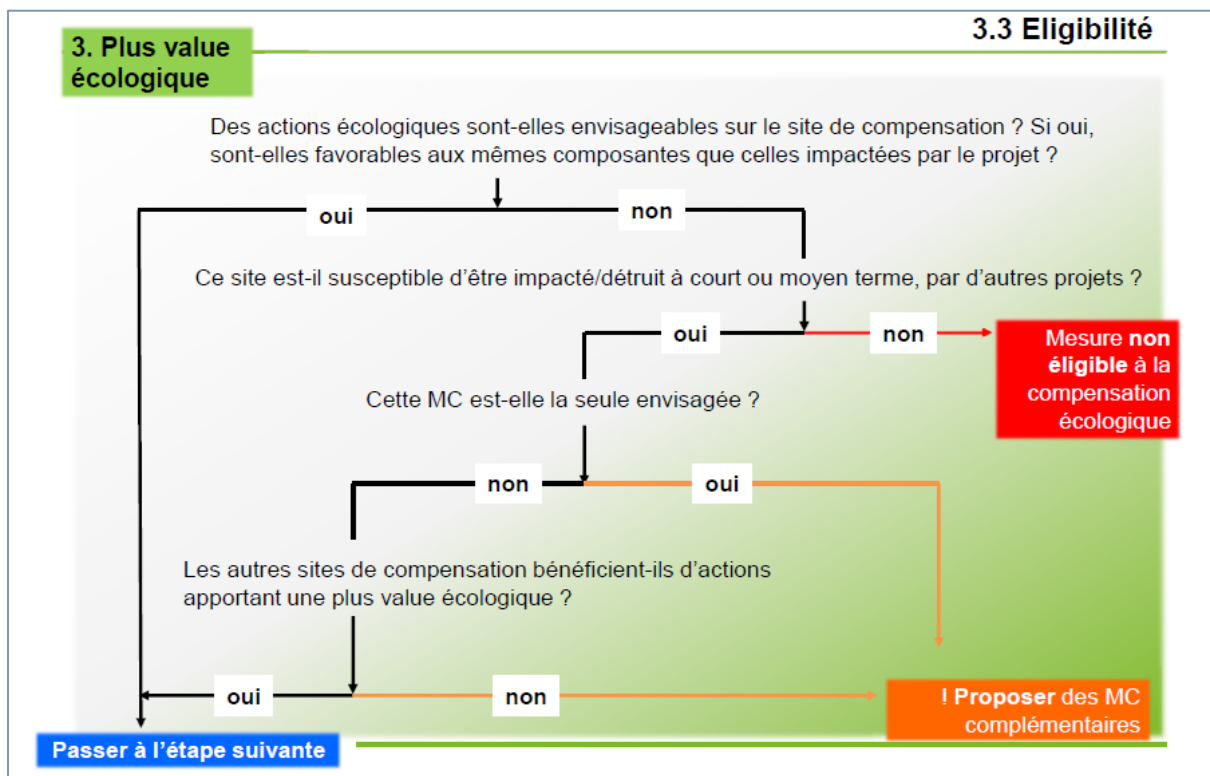


Figure 38 : Extrait d'un logigramme de l'AFB à usage interne (Billy, 2019)

Pour les aménageurs

Un seul aménageur, le maître d’ouvrage de la ZAC de la Gare cite sa propre ME, développée en interne comme ressource qui l’aide à piloter ses projets d’aménagement en cours, dont la ZAC de la Gare. Ce cas semble exceptionnel.

5.2.6. Conclusion

L’expérience acquise au fur et à mesure de la pratique de la séquence ERC ressort comme la ressource la plus importante pour tous les acteurs : aménageurs, bureaux d’étude, services de l’État. Le réseau humain joue un rôle important et se constitue notamment au fur et à mesure de la pratique.

Les **ressources matérielles** que sont les guides et rapports, les bases de données et les méthodes de dimensionnement sont mobilisés de façon inégale. Cela peut sembler étonnant que ces outils conçus pour accompagner les acteurs dans la mise en œuvre de la séquence ERC ne constituent pas une ressource de premier ordre. Les raisons identifiées dans les entretiens sont le manque de temps pour les consulter, la difficulté à en avoir connaissance. Pour les personnes les plus expertes, le contenu est déjà connu et maîtrisé : dans ce cas, elles n’en ont pas l’utilité. C’est le cas en particulier des bureaux d’études dont le niveau d’expertise est par définition élevé.

Finalement, les ressources semblent dépendre fortement des opérateurs eux-mêmes qui se forment généralement en autonomie en fonction de leur besoin.

Les **ME** ne semblent pas à ce premier niveau d’analyse, représenter une ressource centrale dans la pratique de la séquence ERC. Nous reviendrons plus en détail sur la place qu’elles occupent et sur ce qu’en disent les uns et les autres dans la partie suivante.

La figure 39 résume les principales ressources décrites.

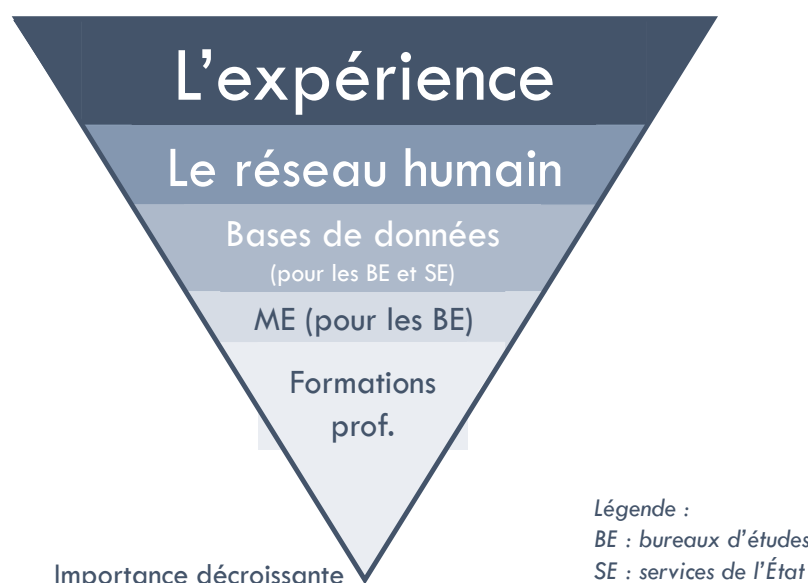


Figure 39 : Les ressources du dimensionnement par importance décroissante (conception : A. Mechin)

6. Place des méthodes d'évaluation dans le processus de dimensionnement

Les ME n'occupent pas une place de premier plan parmi les ressources citées spontanément en entretien par l'ensemble des acteurs. Une analyse plus poussée des projets et des entretiens nous permettra de connaître plus précisément la place réelle qu'elles occupent actuellement dans le processus de dimensionnement.

6.1. Leur utilisation

Dans les projets étudiés, les ME ne sont pas utilisées systématiquement. Six maîtres d'ouvrage ont présenté des mesures compensatoires sans s'appuyer sur une ME pour les justifier. Les raisons de non-utilisation de ME sont diverses : demande des services instructeurs d'appliquer un ratio, référence au ratio imposé par les SDAGE ou encore aucune demande des services instructeurs allant dans le sens de l'application de ME. Dans ce dernier cas, on peut supposer que le choix de se référer à des ratios fixes correspond à une habitude et à une facilité.

On remarque que les trois « petits » projets pour lesquels une ME a été appliquée concernent des territoires dans lesquels des projets d'envergure ont déjà été autorisés et ont donné lieu au développement de ME spécifiques. Les petits projets reprennent ces ME-là. La justification est double : d'une part, pour les aménageurs et les bureaux d'études, le dimensionnement s'appuie sur un raisonnement qui a déjà été validé par les services de l'État, et d'autre part, pour les services instructeurs, cela garantit une certaine équité dans le traitement des dossiers sur un même territoire.

« On s'est dit, en termes d'équité, par rapport à l'A304, il faut que ce soit dimensionné de la même façon, ils peuvent utiliser la méthode. » (Un agent de DDT).

Tableau 21 : Utilisation d'une ME dans les projets étudiés

Projet	ME utilisée	Raison
Lotissement aquitain	Aucune	Respect du ratio imposé par le SDAGE pour la compensation zone humide
ZAC Occitane	Méthode (Biotope) miroir	Méthode utilisée pour des projets précédents dans le même territoire et validée par la DREAL
Raccordement	Aucune pour les espèces protégées Méthode par point pour les zones humides	Aucune raison particulière identifiée Méthode utilisée pour des projets précédents dans le même territoire et validée par les services instructeurs
Rocade	Aucune	Ratio imposé par la DREAL
ZAC de la gare	Méthode (Biotope) miroir	Méthode utilisée pour des projets précédents dans le même territoire et validée par la DREAL
Gazoduc	Méthode des coefficients (Biotope) pour les espèces protégées Aucune pour les zones humides	Méthode utilisée pour les dossiers « simples » Respect du ratio imposé par le SDAGE pour la compensation zone humide
Construction autoroute	Aucune pour les espèces protégées Méthode par point pour les zones humides	Aucune raison particulière identifiée Méthode développée pour le projet et validée par les services instructeurs
Elargissement autoroute	Aucune à ce stade	Respect du ratio imposé par le SDAGE pour la compensation zone humide Développement en cours d'une méthode spécifique pour les espèces protégées

L'association de la date de dépôt du dossier à l'utilisation ou non d'une ME (Cf. figure 40) ne démontre pas d'évolution particulière, notre échantillon constitué de douze projets nationaux étant peut-être relativement limité pour pouvoir faire une analyse correcte de la question. Pour mieux comprendre comment évolue l'utilisation des ME dans les dossiers, nous nous intéressons, dans la partie suivante, à ce qu'en disent les différents acteurs avec lesquels nous nous sommes entretenus.

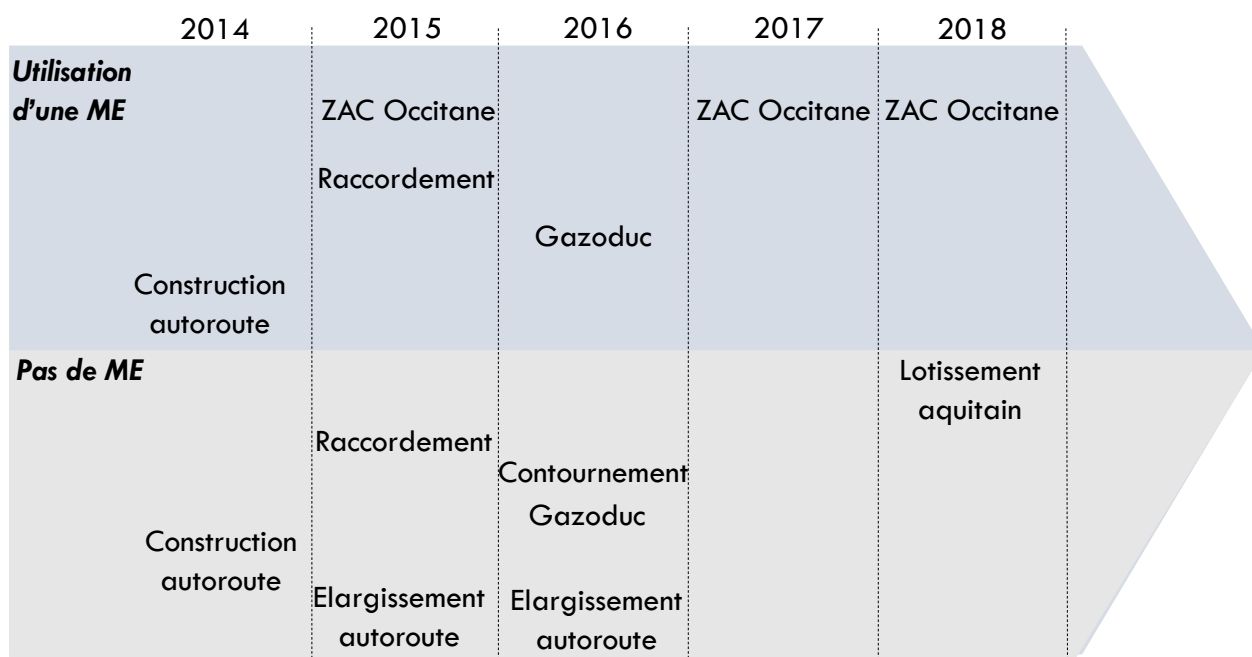


Figure 40 : Utilisation d'une ME en fonction de la date de dépôt des dossiers pour les projets étudiés
(conception : A. Mechin)

6.2. Position des acteurs sur les ME

6.2.1. Les bureaux d'études

Les bureaux d'études naturalistes de type Spécialiste ont tous développé leur propre ME. Les objectifs, en utilisant une ME, sont :

- d'adopter la même démarche dans tous les cas de figure
- d'être plus objectif dans l'évaluation et la proposition de mesures compensatoires
- de gagner du temps. En effet, ils présentent leur ME aux services instructeurs une première fois et il n'est pas nécessaire de réexpliquer à chaque projet le raisonnement du dimensionnement.

« A partir de 2007-2008, la question du dimensionnement a été compliquée, la DREAL nous mettait en porte-à-faux par rapport à un maître d'ouvrage en disant, le bureau d'étude va nous dire combien il faut compenser. Après, selon les régions, il y a eu des dogmes, des ratios imposés, après, il y a eu différentes histoires et pour éviter cette subjectivité-là, on avait commencé à proposer, d'ailleurs la première région à le proposer c'était en Occitanie, c'était cette méthode dite d'ECO-MED pour le dimensionnement. Ça nous a permis d'arriver avec quelque chose de construit et d'objectif. » (Un directeur d'études d'un bureau d'études).

Cela ne signifie pas pour autant qu'ils la mettent en application systématiquement, car ils doivent s'adapter aux contextes, aux demandes des services instructeurs.

« Nous, on essaie à l'échelle nationale d'utiliser cette méthode [la méthode développée en interne]. Mais suivant les projets, y a d'autres méthodes suivant les attentes des DREAL, ça peut être d'autres méthodes. » (Un chef de projet d'un bureau d'études).

C'est le cas, par exemple, dans le projet de Rocade : le bureau d'étude avait sa propre ME mais n'a pas pu l'appliquer, la DREAL ayant demandé d'appliquer directement des ratios. Dans le cas du projet de ZAC Occitane, le bureau d'études a appliqué une ME développée par un autre bureau d'étude mais devenue la ME de référence sur le territoire. Elle avait été développée pour le projet de contournement ferroviaire Nîmes-Montpellier et validée par les services de l'État.

Dans notre échantillon, les bureaux d'études de type Naturaliste n'ont pas développé leur propre ME. Il peut leur arriver d'utiliser les ME développées par d'autres, selon les contextes auxquels ils sont tenus de s'adapter. Mais ils affirment préférer ne pas y recourir et faire prévaloir leur expertise dans le choix et l'argumentation des mesures compensatoires.

« Je suis très réservé sur tout ce qui est méthode (...) Chaque étude d'impact est différente. Chaque terrain est différent. Chaque région est différente. Chaque microrégion est différente. C'est assez compliqué en fonction des zones, même les espèces, des populations d'espèces peuvent être différentes entre le sud de la France et le nord de la France. (...) C'est pour ça, moi, c'est le naturaliste de terrain qui sait ça en fait. » (Un chef de projet de bureau d'étude).

Cela correspond peut être à un moyen de se différencier de leurs concurrents de taille plus importante.

6.2.2. Les maîtres d'ouvrage

Pour la grande majorité des maîtres d'ouvrage, les ME sont appliquées par leurs bureaux d'études : leur implication dans leur fonctionnement, leur choix ou leur application ne les concernent pas d'aussi près. Certains s'impliquent dans leur choix car ils demandent à leur prestataire d'indiquer dans leur offre quelle ME ils appliquent. Pour eux, cela facilite l'acceptation de leur dossier. Cela est plus sécurisant, d'autant plus quand les ME permettent de bien objectiver la situation et d'éviter discussions et désaccord. Ils vont y regarder de plus près quand la compensation dimensionnée avec une ME leur semble trop élevée.

Parmi tous les maîtres d'ouvrages rencontrés, un seul d'entre eux s'est doté de sa propre ME en interne. Il s'agit de la collectivité maître d'ouvrage de la ZAC de la gare. Cet outil fonctionne sous SIG et reprend les grands principes de la ME développée pour l'outarde dans le cas du projet de contournement ferroviaire Nîmes Montpellier. Ils l'ont adaptée pour qu'elle fonctionne avec les données dont ils disposent. Ce travail a été réalisé par le service environnement.

Cela leur permet de simuler leurs projets futurs et d'anticiper la dette compensatoire. L'objectif est de commencer la prospection foncière au plus tôt dans un contexte territorial très contraint.

6.2.3. Les services de l'État

Les services de l'État mentionnent une évolution vers une demande croissante pour que les dossiers présentés s'appuient sur ces ME au motif que cela facilite l'analyse critique du dossier et que cela répond à la demande de justification des mesures compensatoires.

« On encourage vraiment les porteurs de projet à aller vers ce type de raisonnement [s'appuyant sur une ME] pour justifier le dimensionnement des mesures qu'ils proposent. » (Un chargé de mission Espèces Protégées, en DREAL).

Ils s'alignent sur la demande du CNPN qui irait dans ce sens. Faute d'avoir pu s'entretenir avec des membres du CNPN (nos demandes d'interviews ont été refusées au motif que leur doctrine n'était pas encore stabilisée), nous ne pouvons pas aller plus loin dans cette affirmation mais il est à noter que certains d'entre eux participent activement au groupe de travail national visant à proposer une approche standardisée du dimensionnement de la compensation.

Mais cette demande des services de l'État n'est pas homogène. Pour certains agents, la priorité n'est pas à l'application de ME mais à la progression des projets sur d'autres aspects plus fondamentaux.

« C'est vrai qu'il y a [des ME] qui existent, mais après tout, si on nous explique très clairement comment on a bâti la compensation... » (Un chargé de mission Espèces Protégées, en DREAL).

« Alors les méthodes, les méthodes ! Ça sert à rien ! Tant que les bases de l'écologie, les bases de la réglementation ne sont pas respectées, tu peux pas travailler ! » (Un chargé de mission biodiversité DDTM).

Certains ne mentionnent d'ailleurs carrément pas l'existence de ces ME au cours des entretiens.

Selon les cas, comme nous l'avons vu dans les projets étudiés, les services instructeurs peuvent imposer ou recommander d'utiliser une méthode en particulier, quand le projet s'intègre dans un territoire pour lequel une ME a déjà été développée auparavant.

« On l'impose [une ME développée dans le cadre d'un autre projet] par souci de cohérence pour éviter que chacun développe une méthode différente et qu'on soit accusé de faire deux poids deux mesures sur les projets et les compensations nécessaires. (...) Mais en même temps si [le maître d'ouvrage] ou les bureaux d'études veulent en choisir une autre et justifie une application pertinente d'une autre méthode, il n'y a pas de raison a priori de s'y opposer. » (Un chargé de mission Espèces Protégées, en DREAL).

Mais les services de l'État restent cependant réticents pour imposer strictement une ME au détriment des autres :

« Etant donné qu'il y a des méthodes développées par des bureaux d'études, ce serait délicat pour nous de recommander en fait, un bureau d'études plutôt qu'un autre. On doit rester neutre vis-à-vis de ça. » (Un chargé de mission Espèces Protégées, en DREAL).

« Moi, je peux pas contraindre qui que ce soit à utiliser quelle que méthode que ce soit » (Un expert ERC de l'AFB).

6.3. Place des ME dans les différentes opérations du dimensionnement

L'analyse des projets et des entretiens montre que les ME sont principalement associées à l'opération Définir-Calculer et utilisées par les bureaux d'études. Cependant, elles peuvent aussi être associées aux autres opérations sans y jouer un rôle central, comme l'affirme un chargé de mission en DREAL pour l'opération Vérifier :

On s'est rendu compte que c'était intéressant parce que ça facilite l'analyse critique du dossier, ça donne des éléments qui permettent d'objectiver l'analyse et si on n'est pas d'accord avec les conclusions, au moins, on peut exprimer clairement pourquoi on n'est pas d'accord et discuter comme ça de manière plus efficace avec les porteurs de projet. (Un chargé de mission Espèces Protégées, en DREAL).

Le tableau 22 ci-dessous détaille la place occupée par les ME pour chaque opération du dimensionnement.

Tableau 22 : Place des méthodes d'évaluation dans les différentes opérations du dimensionnement

Opération	Rôle joué par la ME	Utilisateur de la ME
Définir-Calculer	La ME constitue le support de l'opération : elle formalise le raisonnement suivi par l'opérateur pour définir et calculer les mesures compensatoires	Bureaux d'études Spécialistes et parfois Naturalistes Maîtres d'ouvrage Experts
Préconiser	La ME est l'objet de la préconisation. Parmi les recommandations qui sont faites, il peut être recommandé d'utiliser une ME en général, et plus particulièrement une ME spécifique, selon les cas	Services de l'État Référents et Expérimentés
Argumenter	La ME accompagne cette opération dans la mesure où elle fournit des éléments de justification, d'argumentation.	Bureaux d'études Spécialistes et parfois Naturalistes Maîtres d'ouvrage Experts Services de l'État Référents, Expérimentés, Novices

Vérifier	<p>La ME est l'objet de l'opération de vérification mais pas l'outil permettant de vérifier l'équivalence écologique et l'atteinte d'absence de perte nette par les mesures compensatoires présentées dans le dossier.</p> <p>Cependant, le fait que les mesures compensatoires soient définies à l'aide d'une ME facilite le contrôle par les services instructeurs.</p>	Services de l'État Référents, Expérimentés, Novices
----------	---	---

6.4. Conclusion

L'utilisation de ME pour dimensionner des mesures compensatoires n'est **pas systématique**. Elles sont essentiellement utilisées par les **bureaux d'études**. Les services de l'État tendent à encourager leur utilisation. Mais la position des bureaux d'études et services de l'État vis-à-vis des ME n'est pas unanime. Certaines ME deviennent des références sur des territoires et s'imposent à tous les projets.

Nos travaux tendraient à prouver que les ME jouent un rôle central (quand elles sont utilisées) dans l'opération Définir-Calculer. Elles peuvent également accompagner les opérations Argumenter et Vérifier. Pour ces deux dernières opérations, leur utilisation n'est pas directe, mais on constate qu'elles peuvent faciliter la réalisation de ces opérations.

7. Conclusion du chapitre 3 : résultats intermédiaires

L'analyse des pratiques a permis d'identifier les opérations mises en œuvre par les principaux acteurs que sont les aménageurs, les bureaux d'études et les services de l'État. Parmi elles, l'opération Définir-Calculer est centrale. Elle correspond à l'application du raisonnement proprement dit du dimensionnement des mesures compensatoires. Mais cette opération est en interrelation avec d'autres opérations qui contribuent au dimensionnement des mesures compensatoires : Préconiser, Argumenter et Vérifier.

L'analyse des pratiques nous a enfin permis d'établir une typologie des acteurs ainsi que d'identifier les contraintes auxquelles ils étaient confrontés et les ressources sur lesquelles ils s'appuyaient pour dimensionner les mesures compensatoires. Parmi elles, nous avons constaté que les ME occupaient à ce jour une place plutôt en retrait par rapport aux autres ressources mobilisées par les acteurs du dimensionnement et qu'elles étaient essentiellement utilisées par les bureaux d'études.

La figure 41 illustre les principaux résultats obtenus à l'aide de l'analyse des pratiques de dimensionnement des mesures compensatoires.

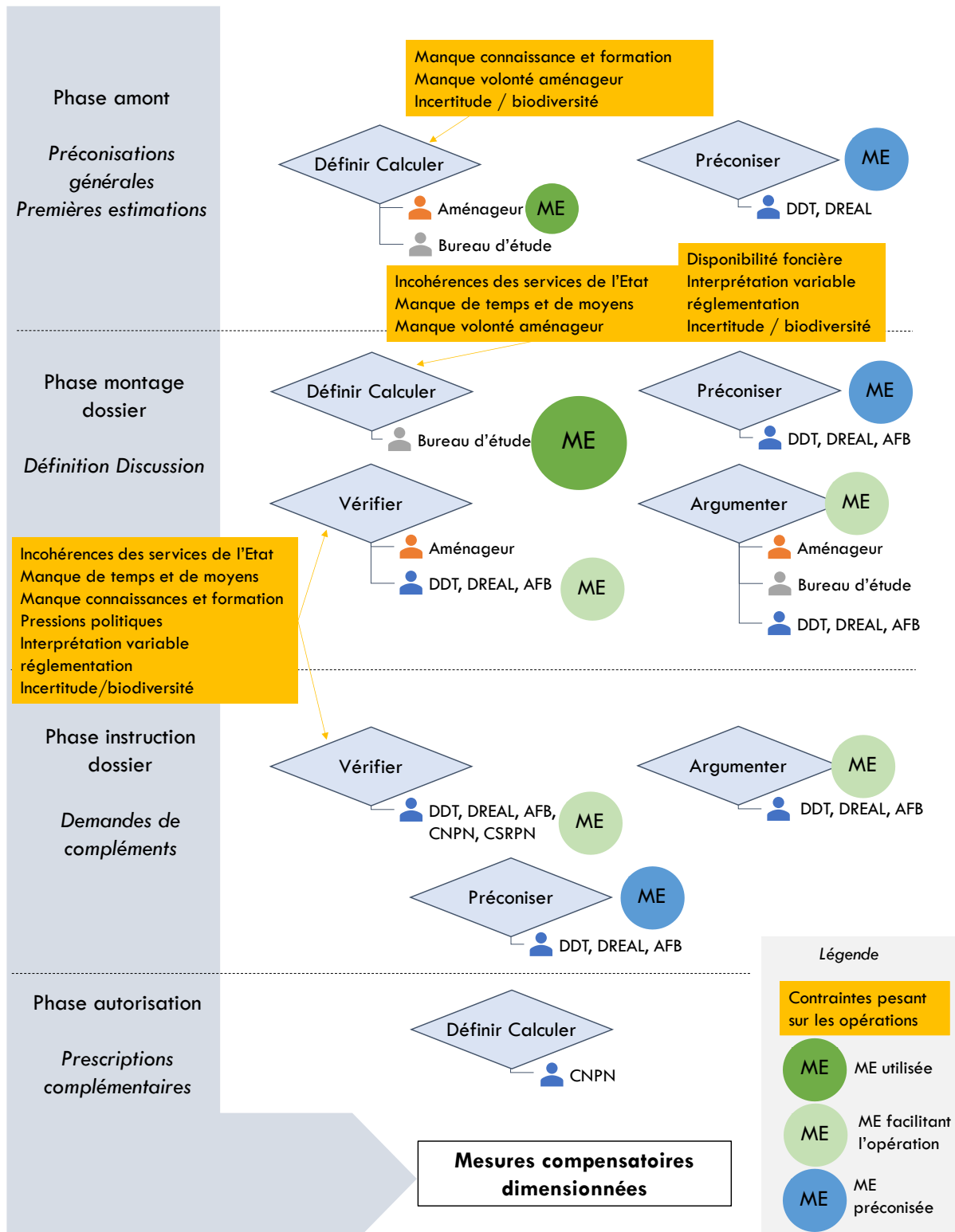


Figure 41 : Principaux résultats de l'analyse des pratiques de dimensionnement : opérations réalisées par les principaux acteurs, contraintes et place des ME dans le processus (conception : A. Mechin)

Grâce à cette analyse, nous avons une connaissance plus fine du processus, des acteurs et des conditions du dimensionnement des mesures compensatoires. Nous allons exploiter ces résultats dans le chapitre suivant en vue de caractériser l'opérationnalité des ME.

Chapitre 4

Résultats :

Caractérisation de l'opérationnalité
des ME et repères pour la conception

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats de notre recherche, issus de la bibliographie exposée dans le chapitre 2 et l'analyse des pratiques de dimensionnement des mesures compensatoires en France relatée dans le chapitre 3. Ces résultats ont pour objectif de mieux comprendre ce qu'est l'opérationnalité et de disposer de repères méthodologiques pour la prendre en compte dans la conception. Ils se déclinent en deux parties :

- *La caractérisation de l'opérationnalité au travers de critères d'opérationnalité des ME*
- *Des protocoles d'évaluation de l'opérationnalité des ME*

Ils sont ensuite replacés en perspective avec les résultats intermédiaires du chapitre 2 relatifs au processus de conception.

1. Caractérisation de l'opérationnalité

Il s'agit ici d'accompagner la définition de l'opérationnalité proposée dans le chapitre 2, de critères détaillés, adaptés à notre objet de recherche que sont les ME afin de pouvoir caractériser leur opérationnalité. Nous cherchons à répondre à la question suivante : comment se caractérise une ME opérationnelle ?

L'opérationnalité a été définie comme la conjugaison de trois composantes : l'utilité, l'utilisabilité et l'acceptabilité socio-organisationnelle (ASO). Les résultats de nos travaux se concrétisent d'une part, au travers de l'association d'usages existants et potentiels pour expliciter l'utilité, et d'autre part par la proposition de 14 critères d'utilisabilité et d'ASO.

1.1. Utilité et usage

D'après la définition proposée au chapitre 2, une ME est utile si elle permet à son utilisateur de réaliser les opérations attendues dans un contexte précis, c'est-à-dire si elle correspond à l'usage attendu.

L'usage est défini ainsi, selon notre proposition :

Usage = {opération ; utilisateur ; contexte}

L'analyse des pratiques révèle plusieurs usages pour les ME. L'usage qui domine est celui des bureaux d'études pour Définir et Calculer les mesures compensatoires dans le montage des dossiers.

Mais nous avons également observé qu'il existe un maître d'ouvrage qui se sert d'une ME qu'il a adaptée pour anticiper sa dette compensatoire (projet ZAC de la gare). Cela correspond à un usage différent car le type d'utilisateur et le contexte ne sont pas les mêmes.

Les services instructeurs, de leur côté, n'utilisent pas de ME. Pourtant, certains ont dit que les connaître pouvait les aider dans leur tâche d'instruction de dossier. Et d'autres ont souligné que leur utilisation par les bureaux d'études facilitait l'instruction en clarifiant le raisonnement

suivi pour dimensionner les mesures compensatoires. D'autres agents encore ont affirmé manquer d'outils pour se faire un avis sur les propositions :

« Je me sens un petit peu démuni dans ce genre de situation [le maître d'ouvrage conteste les demandes de la DREAL au regard des ratios appliqués quelques années auparavant]. Ca illustre bien le manque d'outil et le manque de référence, notamment par rapport aux ratios de compensation. » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL)

Cela nous conduit à envisager un autre usage qui n'existe pas en tant que tel aujourd'hui, un **usage potentiel**. C'est l'usage Vérifier les mesures compensatoires par les services de l'État en phase d'instruction.

Afin de nous assurer de ne pas oublier d'autres usages potentiels, toutes les opérations identifiées grâce à l'analyse des pratiques, ont été passées en revue afin de vérifier si un outil de type ME pouvait être utilisé pour aider à accomplir l'opération :

- **Préconiser** : les ME sont l'objet de la préconisation, c'est à dire que les services de l'Etat, par exemple, préconisent d'utiliser une ME en général ou une ME particulière selon les cas ; mais elles ne peuvent pas aider a priori à réaliser l'opération Préconiser.
- **Argumenter** : les ME peuvent aider à Argumenter dans la mesure où elles rendent compte du raisonnement suivi pour définir les mesures compensatoires. L'opération Argumenter est intrinsèquement liée aux opérations Définir-Calculer et Vérifier. Nous faisons le choix d'inclure les usages associés à l'opération Argumenter aux usages associés à ces deux opérations. En effet, cet usage sera présent au travers de certains critères d'ASO développés un peu plus loin dans ce chapitre.
- **Définir-Calculer** : cette opération est réalisée par les bureaux d'études et les maîtres d'ouvrage. Les usages associés à cette opération ont bien été pris en compte.
- **Vérifier** : l'usage associé à cette opération est pris en compte pour les services instructeurs. Mais il reste également l'usage associé aux aménageurs experts qui réalisent également cette opération. Nous préférons ne pas retenir ce dernier usage car la généralisation sous-entendue par la définition d'un usage semble a priori plus problématique. En effet, selon les maîtres d'ouvrages, les objectifs de la vérification peuvent varier : conformité à leurs retours d'expérience, respect de leurs contraintes budgétaires, conformité aux demandes des services instructeurs pendant la phase amont... Si bien, que le contenu de cette opération de Vérification peut varier avec l'attitude et les intentions du maître d'ouvrage et influencer sur le contenu technique de la ME à associer.

Nous retenons finalement trois usages, existants (observés) ou potentiels, identifiés grâce à l'analyse des pratiques (Cf. tableau 23).

Tableau 23 : Les différents usages des méthodes d'évaluation

<p>1 Définir-calculer les mesures compensatoires par le bureau d'études dans la phase de montage de dossier, dit « usage BE »</p>	<p>Cet usage correspond à l'usage actuel des méthodes de dimensionnement.</p>
<p>2 Anticiper les dettes compensatoires par l'aménageur expert en phase amont, dit « usage aménageur »</p>	<p>C'est un usage marginal mais qui existe chez quelques maîtres d'ouvrages. En début de projet, l'aménageur (ou plutôt son service en charge de la séquence ERC) va utiliser une ME pour définir-calculer la dette compensatoire engendrée par le projet tel qu'il est envisagé. Cet usage est associé à la même opération que l'usage n°1 mais pas aux mêmes types d'utilisateurs ni dans le même contexte. En l'absence de ME maîtrisée par l'aménageur, il peut confier cette mission à son bureau d'études. Dans un contexte de contrainte foncière, cela peut permettre d'anticiper la recherche de parcelles de compensation par exemple, et peut également avoir pour effet d'inciter à éviter et réduire les impacts davantage.</p>
<p>3 Vérifier la définition et le calcul des mesures compensatoires par les services de l'État dans la phase d'instruction des dossiers, dit « usage services de l'État »</p>	<p>Il s'agit de contrôler que les mesures compensatoires proposées sont bien conformes aux exigences de l'équivalence écologique et de l'absence de perte nette en vérifiant la cohérence du raisonnement exposé par le bureau d'études. Cet usage n'existe pas en tant que tel d'après les différents entretiens que nous avons eus : aucun des interviewés n'a fait allusion à l'utilisation d'une ME pour accomplir cette opération.</p> <p>Cet usage a pourtant été ébauché au travers d'une formation destinée aux services instructeurs sur la méthode nationale d'identification des fonctions des zones humides. Si la méthode permet d'identifier les fonctions des zones humides, les formations ont, elles, été conçues de telle sorte à ce que la connaissance de la méthode puisse aider les services instructeurs à analyser les propositions dans les dossiers.</p> <p>Cet usage est potentiel.</p>

La figure 42 ci-après situe les usages existants et potentiels des ME dans le processus de dimensionnement.

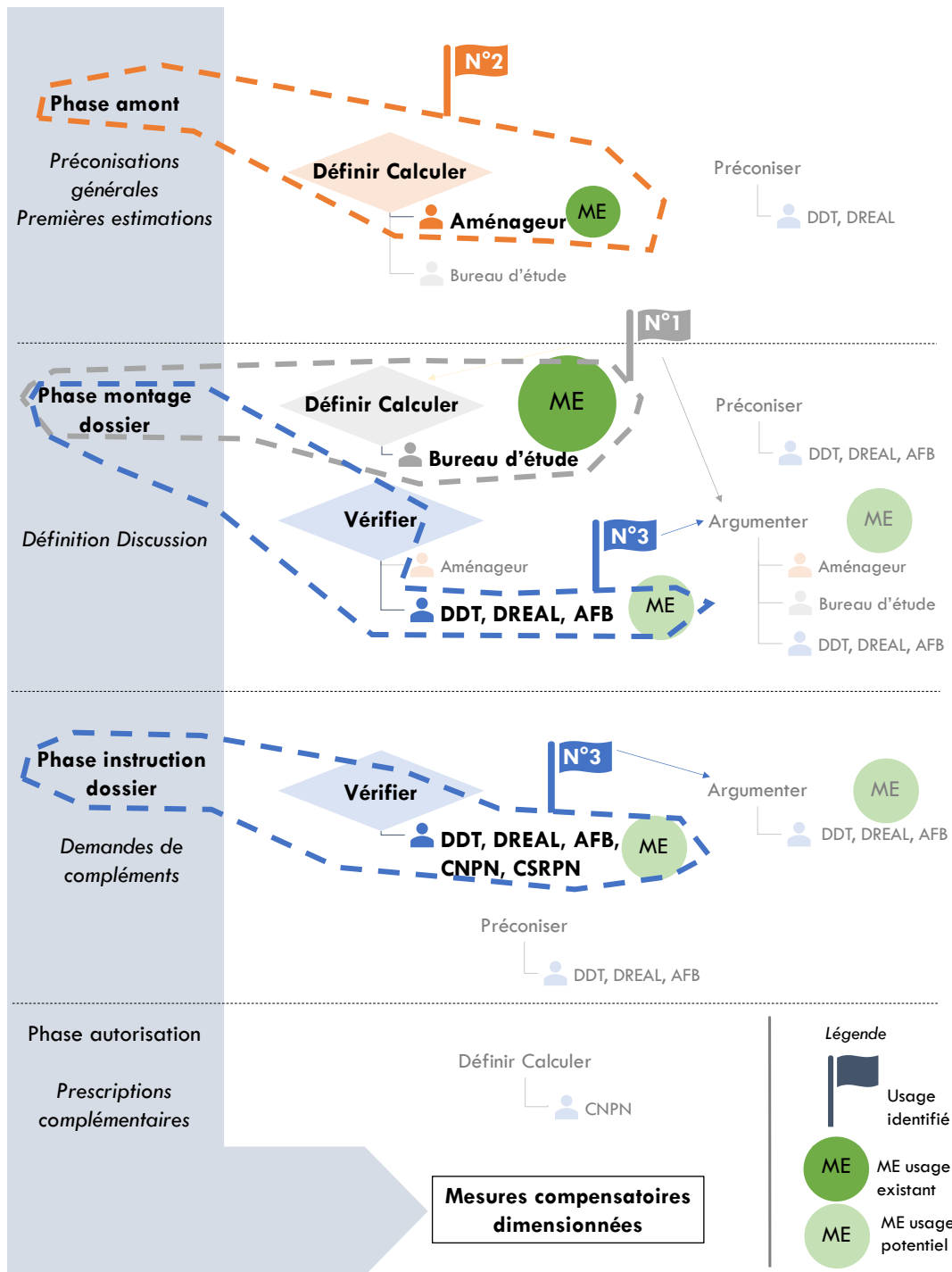


Figure 42 : Identification des usages de méthodes d'évaluation dans le processus de dimensionnement (conception : A. Mechin)

Ainsi, une ME sera utile à un aménageur si elle lui permet d'anticiper le calcul des mesures compensatoires en début de projet (phase Esquisse ou Avant-Projet). De même, une ME sera utile à un bureau d'études s'il peut grâce à elle définir et calculer les mesures compensatoires lors du montage du dossier d'autorisation. Enfin, une ME sera utile aux agents des services instructeurs si elle lui permet directement de vérifier la proposition de mesures compensatoires dans les dossiers d'autorisation.

1.2. Critères d'utilisabilité

Cette partie fait l'objet d'une publication dans la revue Vertigo : Mechin et Pioch, sous presse. « Séquence ERC : comment améliorer l'utilisation des méthodes de dimensionnement de la compensation ? »

La bibliographie présentée dans le chapitre 2, ainsi que l'analyse des pratiques présentée au chapitre 3 permettent de proposer 7 critères d'utilisabilité.

Mettre en œuvre un processus de conception centré utilisateur nécessite de se donner des « objectifs d'opérationnalité » (Cf. chapitre 2). Ainsi, nous proposons d'accompagner les critères d'utilisabilité, de valeurs cibles afin d'intégrer ces critères au processus de conception. Ces valeurs cibles constituent ainsi les objectifs à atteindre pour une utilisabilité des ME jugée satisfaisante dans le cadre d'un processus de conception orienté vers l'opérationnalité.

Le tableau 24 rappelle la définition de chacun des critères, leur source bibliographique et propose une valeur cible quand cela est possible. La pertinence de ces critères a été validée par nos observations issues de l'analyse des pratiques. Le détail de cette vérification est mentionné dans le tableau complémentaire n°18 consultable en annexe n°14.

Un critère supplémentaire a été ajouté par rapport aux critères issus de l'ergonomie présentés dans le chapitre 2. Il s'agit du critère de disponibilité des données proposé par Bezombes et al. (2017), concepteurs de ME.

Pour certains critères, la valeur-cible dépend de l'usage. C'est le cas des critères suivants : la facilité d'apprentissage, l'efficacité, la facilité de mémorisation et la disponibilité des données.

Tableau 24 : Définition et valeurs cibles pour les 7 critères d'utilisabilité

Définition	Source	Valeurs cibles
Facilité d'apprentissage		
L'apprentissage de la méthode ne requiert pas un niveau de compétence que les utilisateurs n'auraient pas, ni un temps de formation trop long (par exemple : une journée maximum)	Shackel, (2009) Nielsen, (1993)	Nous avons identifié différents niveaux de connaissance des acteurs au travers de notre analyse des pratiques : non initié, intermédiaire et expert à décliner dans le domaine écologique/naturaliste et le domaine ERC. Selon l'usage ciblé, le niveau de connaissance associé devra être déterminé en accord avec le profil des utilisateurs. Nous pouvons proposer un temps de formation limité à 1 ou 2 jours consécutifs, sur la base de notre expérience lors des ateliers MERCI et MERCIe-Cor. Il paraît difficile de mobiliser les acteurs sur des durées plus longues étant donné leur charge de travail.
L'efficacité		
Le temps mis par les utilisateurs expérimentés de la méthode pour obtenir les	Shackel, (2009) Nielsen, (1993)	Il s'agit d'associer un nombre d'heures ou de jours nécessaires pour obtenir le résultat. Il faut compter les jours d'acquisition de

résultats d'évaluation de l'atteinte de l'objectif de pas de perte nette de biodiversité est minimum, ou jugé satisfaisant par les utilisateurs.

données et les jours de renseignement des indicateurs et de calcul. Il est difficile de déterminer un seuil car l'ampleur des projets et la complexité des milieux impactés peut faire varier considérablement le temps d'utilisation.

Facilité de mémorisation

Pour les utilisateurs ne se servant pas de la méthode au quotidien, il n'est pas nécessaire de retourner à chaque utilisation vers le guide pratique de la méthode.

Shackel, (2009)
Nielsen, (1993)

Il est difficile d'associer une valeur cible en tant que telle à ce critère. La définition du critère elle-même peut servir de valeur cible.

Erreurs d'utilisation

Il n'y a pas d'ambiguïté sur l'interprétation et l'application des indicateurs écologiques, coefficients et formules composant la méthode.

Shackel, (2009)
Nielsen, (1993)

Idéalement, la valeur cible est de zéro : un utilisateur formé ne commet aucune erreur d'utilisation.

Satisfaction subjective

L'utilisateur se dit satisfait de l'utilisation de la méthode, elle correspond à ses attentes, elle n'engendre pas d'inconfort, de frustration, d'effort personnel, de fatigue.

Shackel, (2009)
Nielsen, (1993)

La méthode doit être jugée satisfaisante par l'utilisateur.

Flexibilité

La méthode peut s'adapter à un certain taux de variation des tâches et de l'environnement par rapport à ce qui est prévu d'une part, et à une certaine diversité des contextes écologiques des projets d'autre part.

Shackel, (2009)

Il est difficile d'associer une valeur cible en tant que telle à ce critère. Il peut s'apprécier au travers du périmètre fonctionnel de la ME considérée : plus celui-ci est restreint, moins elle est flexible.

En outre, ce critère peut rentrer en contradiction avec l'exigence de fondements scientifiques (qui constitue un des critères d'ASO, voir partie suivante). Ainsi une méthode aux fondements scientifiques solides ne sera adaptée qu'à une composante très précise de la biodiversité, et sera donc peu flexible.

Disponibilité des données

La méthode fonctionne avec des données existantes et facilement accessibles, ou ne

Bezombes et al. (2017)

Les études d'impact nécessitent l'acquisition de données de terrain via des inventaires et l'interrogation des bases de données

nécessitant pas de procédures de collecte coûteuse.

existantes. Une ME doit fonctionner avec ces données, dont l'acquisition est déjà réalisée dans les projets, en dehors de l'utilisation d'une ME.

1.3. Critères d'acceptabilité socio-organisationnelle

Cette partie fait l'objet d'une publication dans la revue Vertigo : Mechin et Pioch, sous presse. « Séquence ERC : comment améliorer l'utilisation des méthodes de dimensionnement de la compensation ? »

L'acceptabilité socio-organisationnelle a été définie dans le chapitre 2 comme l'adaptation de la ME au contexte socio-organisationnel dans lequel l'utilisateur exerce son activité. Nous proposons sept critères, issus d'hypothèses basées sur nos premières observations de terrain et vérifiées grâce à l'analyse des pratiques.

Le tableau 25 présente la définition de chacun des critères, expose les résultats issus de l'analyse des pratiques qui permettent de vérifier la pertinence de ces critères et propose une valeur cible quand cela est possible.

Pour plusieurs critères (représentation de la séquence ERC, compréhension des résultats, acceptation des résultats du dimensionnement), il est impossible d'y associer une valeur cible en raison de leur complexité ou de leur subjectivité. Ils sont cependant maintenus dans la liste parce que l'analyse des pratiques justifie leur pertinence d'une part, et qu'ils peuvent constituer des points de vigilance pour les concepteurs d'autre part.

Enfin, la valeur cible d'un seul critère dépend de l'usage qui est fait de la ME. C'est le critère de coût. Pour les autres critères, leur valeur cible est la même quel que soit l'usage.

Tableau 25 : Vérification et valeurs cibles pour les 7 critères d'acceptabilité socio-organisationnelle

Définition	Source	Valeurs cibles
Fondements scientifiques		
L'approche générale, les indicateurs écologiques, coefficients et formule de calculs reposent sur des résultats scientifiques. La méthode a été publiée dans une revue internationale à comité de lecture.	Analyse des pratiques	La valeur scientifique s'apprécie par la publication dans une revue internationale à comité de lecture. En l'absence d'une telle publication, elle peut s'apprécier au travers des références bibliographiques associées à la méthode.
Reconnaissance institutionnelle		
La méthode fait l'objet de la validation d'une institution de type AFB ou CNPN, ou est recommandée par les services de l'État.	Analyse des pratiques	Pour être considérée comme reconnue par les institutions, une ME doit avoir été approuvée d'une façon ou d'une autre par une institution impliquée dans l'instruction des dossiers :

Ministère en charge de l'écologie, DREAL, DDT, AFB, CNPN.

Conformité réglementaire

La méthode est cohérente avec les principes réglementaires français.

Les valeurs cibles correspondent aux principes réglementaires que doivent respecter les mesures compensatoires. Les principes réglementaires pris en compte dans la ME doivent être clairement exprimés.

Acceptation des résultats du dimensionnement

Le dimensionnement proposé par la méthode est suffisamment élevé pour satisfaire aux objectifs de réduction des impacts affichés par la séquence ERC, mais pas trop élevé pour rester applicable.

Analyse des pratiques

Nous ne pouvons pas associer de valeurs cibles à ce critère, cela reviendrait à définir un ratio surfacique fixe.

Coût

Le coût doit être adapté au projet et à son contexte. Est-ce que la méthode nécessite des équipements spéciaux, des temps de présence minimum sur le terrain ; l'achat de données, etc. ?

Analyse des pratiques

Le coût d'utilisation en dehors des jours mobilisés par l'utilisateur doit être négligeable. Pour les bureaux d'études et aménageurs, il ne doit pas augmenter significativement le budget prévu pour réaliser les études et monter les dossiers. Pour les services de l'État, dans le contexte de restriction budgétaire actuel, il doit être proche de zéro.

Représentation de la séquence ERC

La représentation et l'interprétation de la réglementation française véhiculée par la méthode correspond à celle de l'utilisateur.

Analyse des pratiques

Il est impossible d'associer une valeur cible à ce critère car il est impossible qu'une méthode corresponde à la représentation et l'interprétation de la réglementation propre à chaque utilisateur. Cependant, on peut recommander que la ME soit construite de façon à ce que la représentation de la séquence ERC associée soit claire et visible par l'utilisateur pour éviter une mauvaise compréhension.

Transparence, compréhension des résultats produits par la méthode

Les résultats issus de la méthode sont compréhensibles par les décideurs (aménageurs, services de l'État), ainsi que pour le grand public (procédure d'enquête publique)

Analyse des pratiques

La valeur cible correspond à la définition même du critère : la méthode doit être comprise par les différents interlocuteurs.

L'ensemble des critères d'utilisabilité et d'ASO constituent ce que nous dénommons les 14 critères d'opérationnalité. Nous utiliserons l'expression critères d'opérationnalité lorsqu'il s'agira de désigner l'ensemble des critères d'utilisabilité et d'ASO.

1.4. Bilan : des ME à décliner selon les usages ?

Nous avons décliné les trois composantes de l'opérationnalité des ME au travers d'usages et de critères d'utilisabilité et d'ASO. Comment traduire la conjugaison de ces usages et de ces critères ? C'est l'objet de cette dernière partie qui dresse un bilan de ces résultats.

Nous avons établi qu'il existait plusieurs usages possibles pour les ME :

1. L'usage BE : définir-calculer les mesures compensatoires par le bureau d'études dans la phase de montage de dossier
2. L'usage aménageur : anticiper les dettes compensatoires par l'aménageur expert en phase amont
3. L'usage services de l'État : vérifier la définition et le calcul des mesures compensatoires par les services de l'État dans la phase d'instruction des dossiers

Nous avons également établi que pour certains critères, leur valeur cible dépend de l'usage :

- La facilité d'apprentissage
- L'efficacité
- La facilité de mémorisation
- La disponibilité des données
- Le coût.

Ainsi les paramètres déterminants pour l'opérationnalité des ME associées ne seront pas les mêmes selon l'usage qui est fait de la ME (Cf. tableau 26). Nous détaillons ci-après en quoi ces paramètres diffèrent en analysant successivement les conséquences engendrées par les différences d'utilisateur, de contexte et d'opération (correspondant aux trois composantes définissant l'usage, comme nous l'avons défini dans le chapitre 2).

1.4.1. Différences d'utilisateur

Les profils des utilisateurs associés à ces trois usages diffèrent. Pour l'usage bureau d'études (n°1), l'utilisateur est un chef de projet de bureau d'études, caractérisé par un haut niveau de connaissance naturaliste ou écologique, et un bon niveau d'expertise sur la séquence ERC et les mesures compensatoires en particulier. Pour l'usage aménageur (n°2), l'utilisateur est un responsable environnement chez un aménageur. Il possède un niveau de connaissance intermédiaire en matière d'écologie et de naturalisme, différent donc de celui de l'utilisateur de bureau d'études. Enfin, l'utilisateur associé à l'usage services de l'Etat (n°3) est un agent des services de l'État dont le niveau de connaissance en écologie/naturalisme varie entre non initié et intermédiaire et dont le niveau d'expertise pour la séquence ERC varie de novice à expert.

Or, nous avons identifié le rôle important joué par le niveau de connaissances de l'utilisateur dans la définition des valeurs cibles de plusieurs critères, en particulier les critères d'utilisabilité (facilité d'apprentissage, facilité de mémorisation, erreurs d'utilisation). Cela nous conduit à deux possibilités :

- Proposer une même méthode pour tous les usages, en alignant le niveau de connaissances nécessaires pour utiliser la méthode sur le niveau le plus faible, soit « non initié »
- Proposer des méthodes distinctes en fonction du niveau de connaissance des utilisateurs associés à chaque usage. Cependant, pour l'usage n°3, en raison de la différence entre les différents profils des agents des services instructeurs, il reste nécessaire de s'aligner sur les niveaux de connaissance les plus faibles.

1.4.2. Différences de contexte

De même, les contextes associés à chaque usage sont différents : montage de dossier pour l'usage n°1, phase amont pour l'usage n°2 et instruction pour l'usage n°3. Or nous avons établi que la disponibilité des données était un critère d'utilisabilité. Et le respect de ce critère peut être problématique en phase amont pour l'usage n°2 : il n'y a pas autant de données disponibles qu'aux phases associées aux usages n°1 et n°3. Nous pouvons conduire le même raisonnement que pour les niveaux de connaissance des utilisateurs :

- Proposer une même méthode pour tous les usages en nous alignant sur le plus faible niveau de disponibilités de données
- Proposer des méthodes distinctes en fonction du niveau de disponibilités des données associés à chaque usage.

1.4.3. Différences d'opération

Enfin, les opérations associées à chaque usage ne sont pas forcément les mêmes : l'opération associée aux usages n°1 et n°2 est la même : Définir-Calculer. Mais l'opération associée à l'usage n°3 est Vérifier. Ainsi, en considérant que chaque opération se décompose en sous-opérations élémentaires qui s'enchaînent les unes après les autres, une ME adaptée à une opération spécifique s'appliquera en étapes respectant l'enchaînement des sous-opérations élémentaires propres à l'opération considérée. Pour illustrer notre propos, une des premières étapes de l'opération Vérifier peut être d'identifier la surface de la zone de compensation proposée dans le dossier, alors que cette étape arrive à la fin de l'opération Définir-Calculer.

Dès lors, nous avons là encore deux possibilités :

- Proposer une même méthode en nous alignant sur une des deux opérations, ce pourrait être l'opération Définir-Calculer qui est l'opération pour lesquelles les ME sont utilisées actuellement. Dans ce cas, les utilisateurs voulant réaliser l'opération Vérifier aménageraient la méthode existante pour l'adapter à leur propre usage. On s'inscrit alors dans l'optique de Cerf et Meynard (2006) pour lesquels la conception se poursuit dans l'usage.
- Proposer des méthodes distinctes en fonction de l'opération associée à l'usage.

Tableau 26 : Synthèse des paramètres déterminants de l'opérationnalité pour chaque usage

	Utilisateurs	Contexte	Opération
Usage n°1	Niveau de connaissance naturaliste/écologique : expert Niveau d'expertise ERC : bon	Disponibilité des données : Bonne (inventaires naturalistes réalisées, projet défini, impacts identifiés)	Définir-Calculer
Usage n°2	Niveau de connaissance naturaliste/écologique : intermédiaire Niveau d'expertise ERC : bon	Disponibilité des données : Moindre (inventaires naturalistes pas complets, projet pas complètement défini)	Définir-Calculer
Usage n°3	Niveau de connaissance naturaliste/écologique : non initié à expert Niveau d'expertise ERC : novice à haut	Disponibilité des données : Bonne (inventaires naturalistes réalisées, projet défini, impacts identifiés)	Vérifier

1.4.4. Une méthode identique pour les trois usages : à éviter

Finalement, proposer une même méthode pour les trois usages conduit à proposer une méthode :

- Pour un faible niveau de connaissance en naturalisme et écologie,
- Pour un faible niveau de disponibilité de données,
- Permettant de réaliser l'opération Définir-Calculer.

La solution qui semble la mieux adaptée à ces conditions est l'utilisation des ratios surfaciques « fixes » (Cf. chapitre 1). Ils satisfont ces exigences, et c'est probablement la raison pour laquelle ils sont encore utilisés dans certains dossiers. Mais nous avons vu dans le chapitre 1 qu'ils étaient rejetés depuis longtemps et que le souhait des services de l'État et des experts était d'utiliser de véritables méthodes de dimensionnement.

1.4.5. Une méthode à décliner selon les usages : notre proposition

Pour respecter l'exigence d'opérationnalité de ces méthodes, nous formulons l'hypothèse, au vu du raisonnement que nous venons d'exposer, qu'il est nécessaire de distinguer les usages dans la conception et **de proposer des ME adaptées à chacun de ces usages**. Elles peuvent reposer sur les mêmes principes de raisonnement du dimensionnement, à savoir évaluer les pertes et les gains écologiques, mais différer dans leur forme, en s'organisant différemment dans leur conception-même pour être pleinement adaptées à chaque usage.

Les ME actuellement utilisées sont les ME adaptées à l'usage bureaux d'études. L'analyse des pratiques a montré que c'était quasiment le seul usage existant aujourd'hui.

L'aménageur qui s'est doté de sa propre ME pour anticiper le besoin compensatoire (usage n°2) a adapté une ME existante pour la faire fonctionner avec moins d'informations disponibles que dans le cas de l'usage n°1 et avec des notions moins compliquées ne nécessitant pas un niveau d'expertise élevée sur le plan naturaliste.

« La méthode (dite méthode des UC²⁷) on la connaît bien, on a pu l'automatiser sous SIG²⁸ (...) mais du coup, elle prend pas en compte les pentes, les haies, donc il y a quand même des biais. (...) Ce qui est juste, c'est par rapport à l'occupation des sols. Eux (le bureau d'études qui a conçu la ME), ils écrivent des milieux qui ne sont pas liés à des codes Corine, Eunis, ce genre de chose. Donc forcément, à chaque fois, on fait une petite interprétation. » (le responsable environnement d'un aménageur).

Enfin nous n'avons pas d'exemple de méthode pour l'usage n°3 correspondant à l'opération Vérifier, cet usage étant potentiel. On peut imaginer que son fonctionnement, c'est-à-dire l'enchaînement des « sous-opérations » élémentaires correspondant à son application, diffère de celui de ME de type usage n°1 ou n°2. Plutôt que de partir d'informations de terrain décrivant l'état initial des parcelles aménagées et accueillant la compensation, le point de départ peut être les informations présentes dans le dossier faisant l'objet de vérification. L'utilisateur pourrait avoir à renseigner des indicateurs sous cette forme par exemple :

Tableau 27 : ébauche de ME de type usage services de l'État

	Données citées pour justifier le dimensionnement des mesures compensatoires	Données présentes dans le dossier et non citées pour le dimensionnement des mesures
Evaluation des pertes écologiques		
Etat initial		
Critère / indicateur n°1		
Etc...		

Le résultat produit par la ME pourrait se présenter sous les formes suivantes par exemple :

- Critères et démarche de dimensionnement conformes aux exigences réglementaires (piste suivie par le GT national)
- ou
- Fourchette de dimensionnement requise exprimée en ha ou une autre unité .

Il ne s'agit pas à ce stade de la présentation de nos travaux de recherche de proposer un prototype pour ce type de ME mais simplement d'illustrer comment la forme des méthodes peut se décliner différemment selon l'usage (Cf. figure 43).

²⁷ Unités Compensatoires

²⁸ Système d'Information Géographique

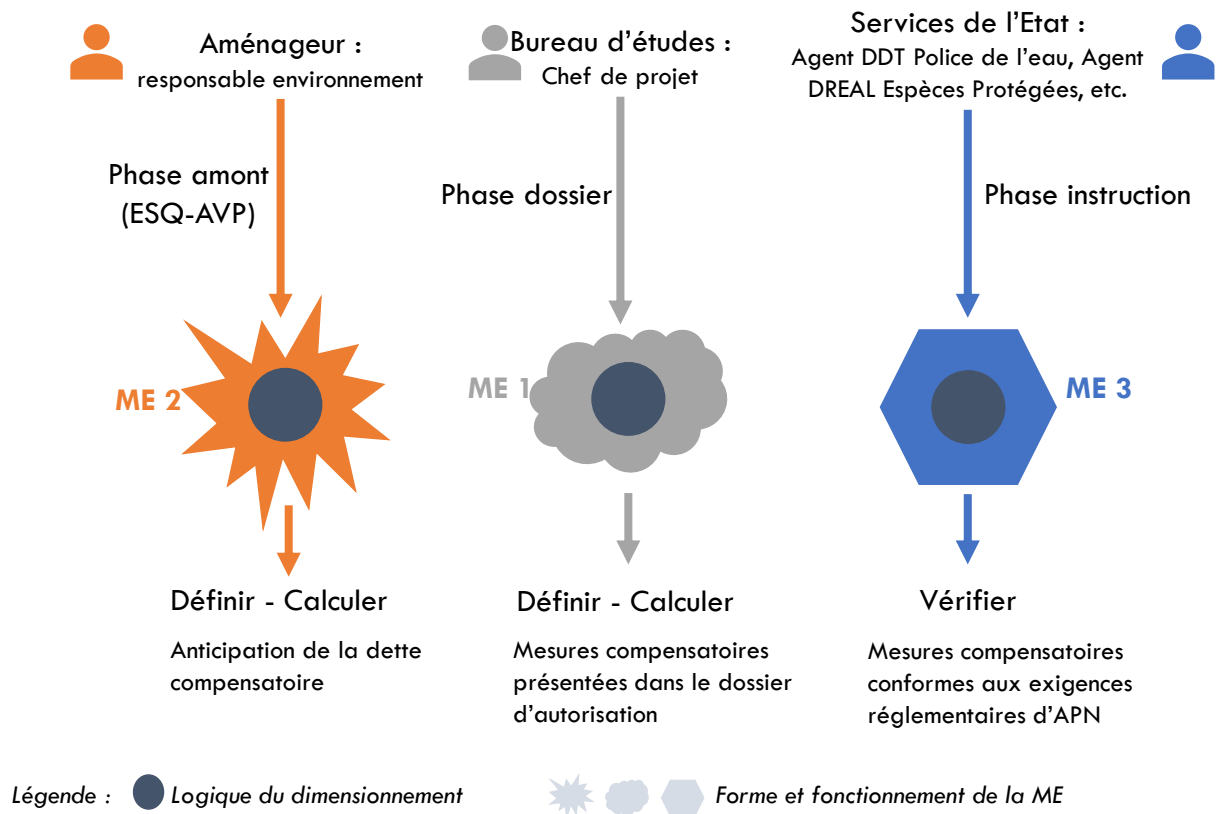


Figure 43 : Les ME déclinées selon les usages (conception : A. Mechin)

Aujourd'hui, la plupart des méthodes utilisées sont des méthodes développées par les bureaux d'études, comme nous l'avons vu dans l'analyse des pratiques et elles sont utilisées dans le cadre de l'usage n°1.

2. Evaluation de l'opérationnalité

Le deuxième volet de nos résultats porte sur l'évaluation de l'opérationnalité, rendue possible par la définition des critères présentés dans la partie précédente. Cette évaluation fait partie intégrante d'un processus de conception respectant les principes du design centré utilisateur énoncés dans le chapitre 2.

2.1. Résultats attendus de l'évaluation de l'opérationnalité des ME

Il a été établi dans le chapitre 2 que l'objectif de l'évaluation de l'opérationnalité d'une ME était de proposer des améliorations afin de la rendre plus opérationnelle, l'évaluation s'inscrivant ainsi dans le processus de conception. Toute finalité technique est exclue du périmètre de ces tests.

Le format de présentation des résultats respecte donc cette finalité d'amélioration et ne se matérialise pas nécessairement sous une forme chiffrée via des métriques. L'évaluation peut être avant tout qualitative dans le but d'aboutir à des recommandations d'améliorations. Dans cette optique, les critères peuvent être considérés comme des points de vigilance, les plus objectivés possible et non pas comme des variables à ajuster au plus près d'une valeur cible. Pour illustrer notre propos, nous pouvons prendre l'exemple du critère Erreurs d'utilisation. Il ne s'agit pas au travers de l'évaluation de dénombrer combien d'erreurs va commettre un utilisateur. Il s'agit d'identifier les composants de la ME pour lesquels il fait une erreur, afin de modifier ensuite ce composant et d'améliorer l'utilisabilité de la ME.

Ainsi, nous proposons d'exprimer les résultats selon trois niveaux :

- **Critère non satisfait** : le critère n'est pas du tout respecté, une intervention visant à améliorer le respect de ce critère est prioritaire.
- **Critère partiellement satisfait** : le critère n'est pas respecté dans certaines conditions, ou selon certains aspects seulement. Des améliorations sont à proposer mais avec un caractère non prioritaire par rapport aux critères non satisfaits.
- **Critère satisfaisant** : le critère est considéré comme respecté. Aucune observation ne présente d'appréciation défavorable. Cela ne nécessite pas nécessairement d'amélioration.

2.2. Protocoles de tests

Sur la base des références bibliographiques et pratiques consultées, trois types de tests de l'opérationnalité ont été définis :

- Des tests « **théoriques** » : l'évaluation est menée à partir des caractéristiques de la ME communiquées par les concepteurs. Ces tests ne sont pas menés par les utilisateurs finaux.
- Des tests « **terrain** » : la ME est appliquée « sur le terrain », c'est-à-dire avec des données correspondant à des conditions réelles. Il n'est pas nécessaire que ce soit un utilisateur final qui l'applique pour conduire le test.

- Des tests « **utilisateurs** » : l'utilisateur utilise la ME lui-même. Il fait l'objet d'observations par l'évaluateur et est questionné sur son utilisation.

Ces trois types de tests sont complémentaires. L'opérationnalité d'une ME est évaluée à partir du cumul de leurs résultats.

Les critères d'opérationnalité ont été passés en revue un par un afin de voir comment chaque type de test pouvait être décliné pour chaque critère. Les paragraphes suivants exposent pour chaque type de test, quels critères peuvent être évalués et au moyen de quel protocole.

2.2.1. Test théorique

Ce test est réalisé à partir des informations communiquées par les concepteurs dans les documents accompagnant la méthode à évaluer. Nous avons formulé plusieurs questions auxquelles répondre à partir de ces documents et qui peuvent contribuer à l'évaluation de plusieurs critères.

Le test est dit théorique car les résultats sont basés sur les documents écrits par les concepteurs, et ne sont pas mis à l'épreuve du terrain. Par exemple, des concepteurs peuvent affirmer que la méthode qu'ils ont développée nécessite un niveau intermédiaire de connaissances. Une fois sur le terrain, confrontés à des utilisateurs réels, avec un niveau de connaissance intermédiaire, on peut constater que finalement, leur niveau de connaissance n'est pas suffisant. Les résultats de ce test constituent donc une première contribution à l'évaluation de l'opérationnalité mais ne permettent pas de conclure s'ils ne sont pas accompagnés du test terrain et du test utilisateurs.

Le tableau 28 détaille les questions et les critères à l'évaluation desquelles elles contribuent :

Tableau 28 : Test théorique et critères d'opérationnalité évalués

Questions	Critères d'opérationnalité
1 Est-ce que la méthode est accompagnée de documents type notice, rapport, guide, articles ?	Facilité d'apprentissage, de mémorisation
2 La méthode est prévue dans quel cadre d'utilisation : <ul style="list-style-type: none"> - Type d'utilisateur ciblé : - Résultat attendu (« sortie ») - A utiliser à quel moment dans la chronologie d'un projet - Type d'autorisation administrative ciblée 	Utilité Flexibilité
Autre mention	
Ce cadre d'utilisation est-il précisé explicitement dans les documents associés à la méthode ?	

3	La méthode est prévue pour quel niveau de connaissances ? Est-ce que cela est précisé dans les documents associés à la méthode ?	Utilité Facilité d'apprentissage Facilité de mémorisation
4	Une formation est-elle proposée ou prévue pour les futurs utilisateurs ?	Facilité d'apprentissage Facilité de mémorisation
4	La formation dure combien de jours ?	Facilité d'apprentissage Facilité de mémorisation
5	Quelles est l'origine des données avec lesquelles la méthode est sensée fonctionner ?	Disponibilité des données
6	La méthode est-elle publiée ? dans quel type de publication ?	Fondements scientifiques
7	La méthode est-elle recommandée par une institution officielle ?	Reconnaissance institutionnelle
8	Des institutions officielles ont-elles été associées à son développement ? sous quelle forme ?	Reconnaissance institutionnelle
9	De quels principes réglementaires la méthode tient-elle compte ? Sous quel forme ? La méthode va-t-elle à l'encontre d'un principe réglementaire ?	Conformité réglementaire
10	Combien de jours sont nécessaires pour appliquer la méthode, pour un projet de quel ampleur ?	Efficienc Coût
11	Est-il nécessaire d'aller sur le terrain ? combien de temps ?	Efficienc Coût
12	La méthode nécessite-t-elle l'utilisation de matériel ou logiciel spécifique, qui pourraient ne pas être couramment à disposition des utilisateurs ciblés ?	Coût
13	La méthode nécessite-elle l'achat de données ?	Coût Disponibilité des données

2.2.2. Test terrain

Le test terrain consiste à appliquer la méthode sur un (ou plusieurs) projet réel pour lequel on dispose d'un minimum de données via les dossiers d'autorisation (étude d'impact ou autorisation environnementale). Le testeur, qui n'est pas nécessairement un utilisateur final, applique la méthode selon les modalités prévues par les concepteurs. A partir de cet exercice, il répond à quelques questions permettant de contribuer à l'évaluation de quelques critères d'opérationnalité (Cf. tableau 29).

Nous avons retenu ce type de test en raison de notre expérience de développement de la méthode MERCIe. En effet, nous avons constaté que cela permettait de dépister les premières difficultés opérationnelles sans avoir à mobiliser les utilisateurs pour les tests.

Tableau 29 : Test terrain et critères d'opérationnalité évalués

Questions	Critères d'opérationnalité
1 Temps passé pour appliquer la méthode (terrain compris)	Efficiences Coût
2 Origine des données d'entrées utilisées pour appliquer la méthode	Disponibilité des données
3 Comparaison du dimensionnement obtenu avec le dimensionnement proposé dans le projet, s'il est proposé.	Acceptation des résultats du dimensionnement
4 Est-ce que des aménagements ou des « bricolages » ont été nécessaires pour appliquer la méthode ?	Flexibilité

2.2.3. Test utilisateur

Les tests utilisateurs peuvent être menés de deux façons complémentaires :

- Questionnaire (Cf. figure 45)
- Observations directes du comportement de l'utilisateur en situation de manipulation de la méthode évaluée (Cf. figure 44)

L'objectif est que le testeur utilise la méthode comme elle doit l'être en situation d'utilisation standard. Il faut donc faire en sorte de l'installer dans des conditions les plus proches possibles de sa situation de travail : projet sur lequel utiliser la méthode (le « cas d'étude »), données disponibles, environnement de travail.

Une des difficultés est de définir le cas d'étude. Est-il préférable de définir un cas d'étude type, standard qui sera présenté à tous les testeurs, quel que soit leur territoire ? Ou au contraire, de définir des cas d'études adaptés à chaque territoire dans lequel se déroulent les tests ? Cette question se pose en raison de l'importance de l'expérience des acteurs de la séquence ERC que nous avons identifiée dans notre analyse des pratiques. Cette expérience se manifeste notamment par une connaissance des enjeux naturalistes, des particularités

écologiques du territoire dans lequel ils évoluent et qui donne plus d'acuité à leurs analyses des pertes et des gains écologiques. Nous opterons donc plutôt pour décliner les cas d'études par territoire. Cela permet en outre de nous appuyer sur des cas réels, ce qui est à privilégier pour nous approcher au plus près des réelles situations de travail.

Pour réaliser les observations directes de l'utilisateur, nous proposons de procéder selon le protocole suivant :

1. Formation à l'utilisation de la méthode
2. Distribuer le projet sur lequel appliquer la méthode et laisser un temps donné (une heure par exemple) de prise de connaissance
3. Le testeur met la méthode en application / L'évaluateur réalise les observations avec une grille d'observation : il n'intervient pas auprès de l'utilisateur. (Cf. figure 44)
4. Distribuer le questionnaire d'évaluation finale. (Cf. figure 45)

Cela peut se dérouler sur une journée par exemple.

Le tableau 30 présente quels critères peuvent être évalués via les observations et via les questionnaires.

Tableau 30 : Critères d'opérationnalité évalués par les deux modalités de tests utilisateurs

Observations	Questionnaire
Facilité d'apprentissage	
Facilité de mémorisation	
Erreurs d'utilisation	Facilité d'apprentissage
Acceptation résultats	Satisfaction subjective
Compréhension des résultats	
Représentation séquence ERC	

Grille d'observation – test utilisateur

<p>Erreurs Action qui n'accomplit pas la tâche attendue ou qui ne produit pas l'effet attendu.</p>	<p>Acceptation résultat</p>	<p>Compréhension résultat</p>	<p>Représentation séquence ERC</p>	<p>Etape observée</p>
---	------------------------------------	--------------------------------------	--	------------------------------

Figure 44 : Exemple de grille d'observation pour un test utilisateur

Questionnaire d'évaluation finale

Indiquer à quel point vous êtes d'accord avec les informations suivantes :

	Pas du tout d'accord	Pas tout à fait d'accord	Assez d'accord	Complètement d'accord
C'était très facile d'apprendre à utiliser cette méthode.				
Utiliser cette méthode a été une expérience très frustrante.				
J'ai l'impression que cette méthode va me permettre d'être plus efficace.				
J'ai eu peur de faire des erreurs en utilisant la méthode.				
La méthode me permet de faire les choses dont j'ai besoin.				
C'est très agréable d'utiliser cette méthode.				
Je pense que je ne me souviendrai pas comment m'en servir la prochaine fois que je voudrais l'utiliser.				
Je saurai l'expliquer facilement à un collègue.				

Figure 45 : Exemple de questionnaire d'évaluation par les utilisateurs

2.3. Bilan et discussion

Notons que nous avons défini trois types d'usages possibles pour les ME. Si une ME est proposée pour plusieurs de ces usages, les tests sont à conduire pour chacun des usages, particulièrement les tests utilisateurs qui mobiliseront des participants différents selon les usages.

Il a été vérifié que tous les critères sont couverts par un type de test au moins (Cf. tableau 31).

Tableau 31 : Modalités d'évaluation de chaque critère d'opérationnalité

Critères d'opérationnalité	Type de test
Périmètre fonctionnel correspondant aux usages	Test théorique Tests utilisateurs
Facilité d'apprentissage	Test théorique Tests utilisateurs
L'efficacité	Tests terrain
Facilité de mémorisation	Tests utilisateurs
Erreurs d'utilisation	Tests utilisateurs
Satisfaction subjective	Tests utilisateur
Flexibilité	Test théorique Tests terrain
Disponibilité des données	Test théorique Tests terrain
Fondements scientifiques	Test théorique
Reconnaissance institutionnelle	Test théorique
Conformité réglementaire	Test théorique Tests terrain
Acceptation des résultats du dimensionnement	Tests terrain Tests utilisateurs
Coût	Test théorique
Représentation de la séquence ERC	Tests utilisateurs
Transparence, compréhension des résultats produits par la méthode	Test théorique Tests utilisateurs

Des tests plus approfondis que ceux qui ont été proposés ici, pourraient être menés. C'est le cas en particulier pour l'utilité, c'est-à-dire vérifier que le périmètre fonctionnel de la méthode correspond aux usages. Des jeux de rôles permettraient de mettre les utilisateurs dans diverses situations et d'observer comment la ME est utilisée.

Cela suppose un travail de préparation conséquent :

- Définir un cas d'étude à partir d'un cas réel ancien ou d'un cas fictif conçu à partir d'un panel de situations possibles identifiées au travers de notre analyse des pratiques
- Concevoir un jeu de rôle permettant d'explorer les scénarios d'usages identifiés
- Former les utilisateurs à la méthode
- Organiser la session de jeu de rôle avec les utilisateurs

Ce format de test n'a pas été exploré pendant la thèse pour des raisons de calendrier. Mais ce type de test constitue une piste de travail pour enrichir les modalités de tests des critères d'opérationnalité. Il est utilisé notamment dans le domaine des outils d'aide à la décision agronomiques (Cerf et Meynard, 2006).

Encadré 7 : Evaluer pour classer les ME selon leur degré d'opérationnalité, un objectif écarté.

Evaluer pour classer : un objectif écarté

Des critères d'opérationnalité ayant été établis, ils pourraient logiquement être utilisés pour évaluer l'opérationnalité des ME à des fins de classement. Il s'agirait alors de les classer selon leur degré d'opérationnalité. Cela suppose de respecter plusieurs conditions.

La première condition est que les méthodes évaluées doivent être finalisées, c'est-à-dire qu'elles doivent être affichées par leurs concepteurs comme prêtes à être utilisées dans la situation d'usage pour laquelle elles sont prévues, sans quoi, cela n'aurait aucun sens. Or les méthodes auxquelles nous nous intéressons ne sont pas finalisées pour la plupart (excepté la méthode nationale d'identification des fonctions des zones humides et Mitimed).

La deuxième condition est d'associer aux critères d'opérationnalité, métriques d'évaluation et valeurs cibles afin de les situer sur une échelle graduée pour chaque méthode évaluée. Certaines métriques existent déjà pour les critères d'utilisabilité que nous avons adaptés de l'ergonomie des facteurs humains. Il peut s'agir par exemple pour l'efficacité, de mesurer le temps mis par un utilisateur moyen maîtrisant la ME pour effectuer l'opération de dimensionnement attendue. Pour des critères tels que la représentation de la séquence ERC, la compréhension des résultats, la question est alors beaucoup plus compliquée à résoudre.

Enfin, la troisième condition est qu'il faut se placer dans des situations de tests équivalentes pour que les comparaisons entre méthodes aient un sens. Cela implique par exemple de faire tester successivement les ME par les mêmes testeurs, donc de les avoir formés à l'utilisation de chacune des méthodes au préalable. Ces testeurs doivent être des utilisateurs potentiels, et non pas des membres de l'équipe de conception. Cela suppose donc de pouvoir mobiliser des agents de bureaux d'études, ou de maîtres d'ouvrages ou de services de l'État pendant un temps relativement long (plusieurs jours). Cela semble irréaliste compte tenu des contraintes d'emploi du temps des uns et des autres.

Les conditions à remplir pour réaliser une évaluation à des fins de classement des méthodes selon leur degré d'opérationnalité ne sont pas remplies et nous avons donc écarté cet objectif. En outre, on peut s'interroger sur notre légitimité à produire une telle évaluation alors que nous avons nous-même conçu une des méthodes évaluées, même si la rigueur scientifique est sensée écarter toute subjectivité dans le classement des méthodes.

3. Conclusion du chapitre 4 : des repères méthodologiques pour une conception orientée vers l'opérationnalité

3.1. Synthèse des résultats

Dans ce chapitre, à partir des résultats de l'analyse des pratiques présentés dans le chapitre précédent, nous avons caractérisé l'opérationnalité attendue des ME en :

- Définissant les usages qui pouvaient leur être associés.
- Proposant des critères d'utilisabilité et d'acceptabilité socio-organisationnelle que nous regroupons en critères d'opérationnalité.

Nous avons également établi des protocoles de tests de l'opérationnalité des ME, comprenant des tests utilisateurs.

Nous avons défini trois usages possibles pour les méthodes, permettant de préciser leur utilité attendue :

1. Définir-calculer les mesures compensatoires par le bureau d'études dans la phase de montage de dossier
2. Anticiper les dettes compensatoires par l'aménageur expert en phase amont
3. Vérifier la définition et le calcul des mesures compensatoires par les services de l'État dans la phase d'instruction des dossiers

A partir de l'analyse des critères d'opérationnalité, nous avons montré qu'il est nécessaire de proposer **une méthode propre à chaque usage**. Cela signifie qu'elles peuvent reposer sur les mêmes principes de raisonnement du dimensionnement, à savoir évaluer les pertes et les gains écologiques mais différer dans leur forme afin d'être opérationnelles pour chaque usage.

3.2. Repères méthodologiques pour une conception orientée vers l'opérationnalité

Au travers de ces résultats, et en nous basant sur les principes du design centré utilisateur présenté au chapitre 2, nous proposons des repères méthodologiques pour une conception orientée vers l'opérationnalité (Cf. figure 46) :

1. Définir l'opérationnalité comme objectif de conception,
2. Réaliser une analyse des pratiques
3. Cerner les usages de l'outil,
4. Etablir des critères d'opérationnalité détaillés et préciser les valeurs cibles des critères en fonction des usages,
5. Réaliser des tests d'opérationnalité dont des tests réalisés par les utilisateurs, au cours du processus de conception en vue de l'amélioration de l'outil,
6. Associer pleinement les utilisateurs au processus de conception en s'approchant des principes du design orienté utilisateur.

Notons que nous aurions pu aller plus loin dans l'approche centrée utilisateur en soumettant les critères d'opérationnalité aux utilisateurs. Cela n'a pas été fait faute de temps et d'une configuration adéquate du projet de recherche.

La définition de l'opérationnalité, les critères, les protocoles d'évaluation et les repères méthodologiques de conception constituent notre cadre d'analyse de l'opérationnalité.

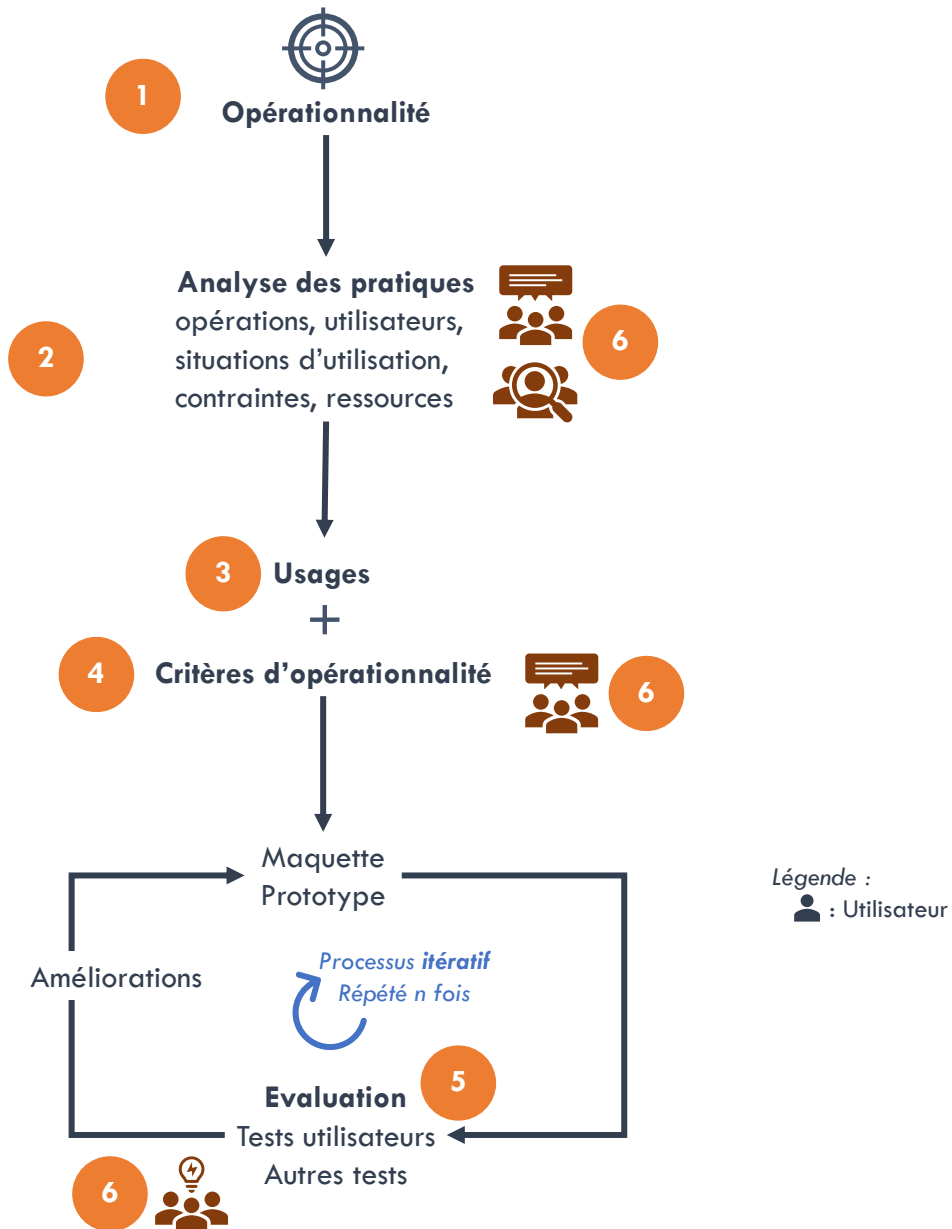


Figure 46 : Propositions de repères méthodologiques pour une conception orientée opérationnalité
(conception : A. Mechin)

Chapitre 5

Application de nos résultats de recherche :
opérationnalité des ME françaises et
améliorations de MERCle

Les chapitres précédents ont permis de définir un cadre d'analyse de l'opérationnalité et de se donner des repères méthodologiques pour un processus de conception orienté vers l'opérationnalité.

Dans ce chapitre 5, ces résultats sont utilisés pour :

- *Situer les processus de conception des ME françaises existantes par rapport aux repères méthodologiques que nous avons déterminés,*
- *Analyser l'opérationnalité de MERClé et poursuivre son processus de conception en intégrant le résultats de nos recherches.*

1. L'opérationnalité dans le processus de conception des méthodes d'évaluation françaises

Cette partie fait partiellement l'objet d'une publication dans la revue Vertigo : Mechin et Pioch, 2019. « Séquence ERC : comment améliorer l'utilisation des méthodes de dimensionnement de la compensation ? » (Cf. annexe n°1)

La question posée dans cette partie est de savoir comment l'opérationnalité a été prise en compte dans les processus de conception des différentes ME françaises. En effet, nous avons conclu dans le chapitre 1 que ces ME, développées au cours de ces cinq dernières années, étaient toutes conçues avec un objectif d'opérationnalité.

Nous reprenons les premiers éléments de notre analyse (présentée au chapitre 1, partie 3) et les approfondissons en les croisant avec des observations de terrain afin de faire un rapprochement entre nos propositions pour l'opérationnalité et la manière dont les concepteurs ont traité cet objectif dans le processus de conception.

Les chapitres précédents nous ont permis d'identifier 6 repères méthodologiques pour un processus de conception orienté vers l'opérationnalité :

1. Définir l'opérationnalité comme objectif de conception,
2. Réaliser une analyse des pratiques,
3. Cerner les usages de l'outil,
4. Etablir des critères d'opérationnalité détaillés et préciser les valeurs cibles des critères en fonction des usages,
5. Réaliser des tests d'opérationnalité dont des tests réalisés par les utilisateurs, au cours du processus de conception en vue de l'amélioration de l'outil,
6. Associer pleinement les utilisateurs au processus de conception en s'approchant des principes du design orienté utilisateur.

Il s'agit dans cette partie d'identifier dans quelle mesure le processus de conception des ME s'est approché de ces six repères.

Parmi les méthodes identifiées dans le chapitre 1, notre analyse portera sur les suivantes (Cf. tableau 32) :

Tableau 32 : Liste des ME analysées

Nom de la ME	Concepteurs	Année de parution	Références bibliographiques
Ecoval	IRSTEA – EDF – MNHN	2017	Bezombes et al., 2018; Bezombes, 2017
Mitimed	CEFE – Créocéan*	2016	Jacob, 2017 ; Bas et al., 2016
MNFZH	AFB – MNHN – Biotope*	2016	Gayet et al., 2016a, 2016b
MERCI-Cor	CEFE – Ifreco – Marex*	2017	Pinault et al., 2017
MERCle	CEFE – AFB	2016	Mechin et Pioch, 2016
DMG	CGDD – Cerema – Biotope*	2017	Gaubert et al., 2017
GT national	CGDD – AFB - Cerema	A venir	Monnoyer-Smith et Aubel, 2018; Truchon et al., 2018

* : bureau d'études

Les travaux menés par le GT national n'ont pas fait l'objet d'une analyse complète car le développement est toujours en cours et a démarré en juillet 2018, en plein milieu de la thèse. En outre, tout comme pour la méthode DMG, les travaux de conception ne sont pas menés par une équipe de recherche. Or, la conception par des équipes de recherche constitue un des points caractérisant notre objet de recherche (Cf. Introduction). C'est pour ces raisons que la collecte de données concernant ces deux méthodes s'est limitée aux données bibliographiques et aux observations.

De même, les méthodes développées par les bureaux d'études n'ont pas été retenues car elles ont été conçues par les bureaux d'études pour leur propre usage. La problématique de l'opérationnalité ne se posant plus dans les mêmes termes, elles sortaient de notre périmètre de recherche (développement par une équipe d'experts pour des utilisateurs de terrain).

1.1. Matériel et méthodes

1.1.1. Les données collectées

Pour répondre à la question posée dans ce chapitre, nous avons procédé de façon complémentaire à :

1. Une analyse documentaire des différentes publications associées à chacune des méthodes

2. Des entretiens semi-directifs avec les concepteurs des ME dans lesquels ils retracent le processus de conception. (voir guide d'entretien en annexe n°15)

L'objectif des entretiens était que les concepteurs retracent librement le processus de conception de leur ME afin d'observer si l'objectif d'opérationnalité, son intégration dans le processus apparaissaient spontanément. En complément, quelques questions dirigées les interrogeaient plus précisément sur l'association des utilisateurs.

Tableau 33 : Liste des concepteurs interrogés

Méthode	Interlocuteur interrogé	Statut
Ecoval	Le concepteur principal	Chercheur (thèse + Postdoc)
Mitimed	Les deux concepteurs principaux	Chercheur (thèse) Expert (Bureau d'étude)
MNFZH	Un concepteur, en charge de la coordination de l'équipe de conception	Expert (Chef de projet)
MERCI-Cor	Le concepteur principal	Chercheur (Postdoc) puis Expert (Bureau d'études)
MERCle	-	
DMG	Aucun	Participation aux réunions du groupe d'experts du 06/05/2015, 24/06/2015, 16/09/2015, 22/10/2015, 06/07/2016, 25/01/2017
GT national	Aucun	Participation aux réunions du groupe de travail du 10/07/2018, 26/10/2018, 4-5/04/2019, 27/05/2019

Précisons quelques particularités de notre positionnement vis-à-vis de plusieurs méthodes afin de porter un regard critique sur nos travaux :

- Pour MERCI-Cor, sa conception s'est faite parallèlement à celle de MERCle et elle en reprend certains principes de base.
- Pour MERCle, nous avons le statut de concepteur principal de la méthode. Nous n'avons pris en compte pour cette analyse, que les travaux de conception réalisés antérieurement à la thèse.
- Pour la méthode DMG, nous avons participé aux réunions du groupe de travail au titre d'expert (pour le développement de la méthode MERCle), cela implique que nous avons participé à la conception de la méthode, en amont de la thèse. Rappelons que cette méthode n'est pas une ME au sens strict mais une méthode d'évaluation du besoin compensatoire dans le cas de dommages accidentels de faible gravité.
- Pour la ME GT national, nous avons participé aux réunions de groupe de travail à titre d'observation. Notre objectif était de ne pas influencer sur le contenu technique des travaux, en nous positionnant uniquement sur l'objectif d'opérationnalité. Nous avons dans un premier temps adopté une posture d'observation participante en proposant

de contribuer aux travaux du groupe par les résultats de notre recherche²⁹. Cette proposition n'ayant pas rencontré d'écho au lancement des travaux, nous avons alors suivi le déroulement des discussions sans intervenir, en tant que simple observateur, afin de ne pas fausser notre analyse.

1.1.2. Analyse des données

A partir de ces matériaux, nous avons recherché successivement dans le récit du processus de conception fait par les concepteurs, ainsi que dans les informations présentes dans les documents accompagnant les ME (Cf. références bibliographiques dans le tableau 32) s'ils comportaient des éléments pouvant être rapprochés des six repères méthodologiques pour une conception orientée vers l'opérationnalité.

L'objectif de l'analyse est d'identifier si les concepteurs avaient rationalisé leur objectif d'opérationnalité dans leur processus de conception, auquel cas, nous pouvons supposer qu'il se rapprocherait du processus préconisé au travers des six repères méthodologiques identifiés. Ou bien, si leur approche était davantage intuitive, comme nous l'avons supposé dans le chapitre 1.

a) Définir l'opérationnalité de l'outil comme objectif de conception

Nous avons identifié la formulation de l'objectif d'opérationnalité dans les documents et dans les entretiens. Elle peut être explicite (ex : « outil opérationnel ») ou implicite (outil « adapté aux contraintes des utilisateurs »)

b) Réaliser une analyse des pratiques

Nous avons recherché si une étude des pratiques des utilisateurs potentiels avait été réalisée, ou bien si un intérêt particulier pour la question était formulé.

c) Cerner les usages de l'outil

Nous avons recherché, dans les documents associés, dans les entretiens et au cours des observations in situ, si étaient indiqués :

- un périmètre d'utilisation,
- un objectif d'utilisation,
- des utilisateurs précis
- l'opération que la ME permet d'accomplir
- son contexte d'utilisation.

²⁹ Cette proposition a été faite lors de la première réunion du GT en juillet 2018, et au cours de discussions téléphoniques qui ont suivies avec quelques membres de l'équipe projet. Les travaux de recherche sur l'opérationnalité étaient alors en plein chantier, et le premier article proposant notre cadre d'analyse de l'opérationnalité (Mechin et Pioch, 2019) n'était pas encore paru. Cela peut expliquer que notre proposition n'ait pas retenu l'attention. En effet, l'équipe projet s'est par la suite largement intéressée à nos travaux sur l'opérationnalité (à partir de fin 2019-2020).

d) Etablir des critères d'opérationnalité détaillés et préciser les valeurs cibles des critères en fonction des usages

Nous avons recherché la formulation explicite de critères en tant que tels ou au travers d'une définition de l'opérationnalité et/ou de qualités attendues par les concepteurs dans les documents associés.

Nous avons également recherché dans les entretiens la formulation d'objectifs ou d'attentes que l'on peut rattacher à l'un des critères d'opérationnalité, c'est-à-dire, d'utilisabilité et d'acceptabilité socio-organisationnelle.

Exemple : « *ça sert à rien de faire une méthode qui ne pouvait pas être renseignée par les données réelles* » (un concepteur de Mitimed) fait référence implicitement au critère de Disponibilité des données.

e) Réaliser des tests d'opérationnalité dont des tests réalisés par les utilisateurs, au cours du processus de conception pour améliorer l'outil.

Nous avons identifié quels tests avaient été réalisés et par qui. Nous avons cherché à savoir l'objectif des tests, et en particulier, s'il s'agissait de tester l'opérationnalité de la méthode ou plutôt les aspects techniques.

Nous avons également recherché si des utilisateurs avaient réalisé des tests. Nous avons voulu identifier à quelle typologie ils appartenaient, en nous référant à la typologie établie dans le chapitre 3.

L'ensemble de ces informations est essentiellement issu des entretiens.

f) Associer les utilisateurs au processus de conception

Nous avons cherché à savoir si des utilisateurs potentiels étaient associés à l'équipe projet ou s'ils étaient sollicités pendant le processus de conception, sous quelle forme, et pour quoi faire : participer à la conception, donner un avis, ou encore réaliser des tests par exemple.

1.1.3. Limites méthodologiques

Les limites concernent les entretiens. En effet, nous avons été amenés à côtoyer les différents concepteurs de méthode et à échanger avec eux, notamment lors de séminaire de présentation des travaux de recherche. Ainsi, assez tôt dans les trois ans de notre recherche, les concepteurs ont commencé à prendre connaissance du sujet et des premiers résultats de nos travaux, notamment sur la définition de l'opérationnalité. Certaines personnes interrogées ayant connaissance de nos centres d'intérêt, cela a pu entraîner un biais dans le récit du processus de conception des méthodes (ils nous ont répondu en fonction des représentations qu'ils avaient de nos attentes). Prenant conscience très tôt de ce biais, nous avons essayé de réaliser les entretiens au plus tôt durant la thèse (début 2018), quitte à recueillir une information moins complète, étant donné la moindre avancée de notre réflexion sur le sujet. Nous avons procédé à de courts entretiens complémentaires lorsque cela était nécessaire afin de préciser certains points du processus de conception (acteurs associés, etc.).

1.2. Résultats

1.2.1. L'objectif d'opérationnalité mal défini

Comme nous l'avons souligné dans le chapitre 1, tous les documents accompagnant les ME étudiées formulent l'opérationnalité comme étant une des qualités attendues. La formulation explicite de cet objectif dans les documents est accompagnée parfois de détails permettant de définir ce qu'entendent les concepteurs par « opérationnalité ». Les entretiens apportent parfois des éléments complémentaires aux documents lorsque les interviewés précisent ce qu'ils entendent par « opérationnalité » ou par « opérationnalisation », alors que cela n'était pas explicité dans les documents associés à leur ME.

Le tableau 34 présente les différentes définitions de l'opérationnalité, quand elle peut être déterminée à partir des documents ou des entretiens.

Tableau 34 : Formulation de l'opérationnalité attendue pour les ME

ME	Définition de l'opérationnalité
Ecoval	Le cadre méthodologique devra être « opérationnel (Laycock et al., 2013) afin de pouvoir être utilisé par les acteurs impliqués dans la compensation dans un temps et un coût raisonnables en cohérence avec leurs compétences techniques » (Bezombes, 2017, p. 31)
Mitimed	<p>Pour l'expert du bureau d'études : l'opérationnalité est formulée comme une demande d'un outil clé en main, prêt à être utilisé et d'apprentissage facile :</p> <p>« J'aimerais bien qu'on reprenne cet outil-là et que tu [s'adressant à l'autre concepteur] nous fasses un truc clé en main (...) donc elle nous a fait un mode d'emploi qu'on a travaillé ensemble (...) normalement, quelqu'un qui n'en aurait jamais entendu parler pourrait presque faire fonctionner l'outil à partir de ce mode d'emploi ».</p> <p>Pour le chercheur en thèse, :</p> <p>« J'ai fait un espèce de [guide utilisateur] pour le bureau d'études et après, leur boulot, c'était de l'utiliser en routine sur des projets, et moi, franchement, ça m'intéressait pas trop d'aller plus loin. (...) Moi, le but, c'était de leur donner un cadre méthodologique robuste, d'avoir discuté avec eux des indicateurs, de leur avoir dit comment utiliser la méthode et après, la partie plus opérationnalisation, c'est la notation en fait. (...) le but de l'opérationnalisation c'était de bien cadrer ces [notes] en fait. »</p>
Merci-Cor	Pas d'explication sur l'opérationnalité
MERCle	« Une méthode (...) opérationnelle c'est-à-dire, simple dans sa mise en œuvre, accessible au plus grand nombre » (Mechin et Pioch, 2016, p. 16)
MNFZH	« La méthode doit être pragmatique, opérationnelle et adaptée à des situations variées » (Gayet et al., 2016a, p. 13)
DMG	La méthode « doit être « simple, rapide, robuste et répliquable » (CGDD, 2017, p. 10)

Les définitions de ces termes sont données en annexe du document présentant la méthode (CGDD, 2017, p.81-82). En résumé :

« intuitive, facile à comprendre et à mettre en œuvre »

« Mise en œuvre en mobilisant au plus 5 journées-hommes, (...) doit se baser autant que possible sur des données existantes (...) facilement mobilisables »

« Aboutit à des résultats peu sensibles aux choix des hypothèses de travail (...), mobilise des critères, des paramètres qui présentent une bonne capacité à refléter les variations du milieu, est validée au sein de la communauté scientifique, représentée dans le groupe de travail. »

Applicable à « tous les types de milieux naturels (...) quelle que soit la période de l'année (...), est harmonisée au niveau national (...), induit une égalité de traitement (...). »

GT national « Elle [la méthode nationale] devra être opérationnelle, pragmatique, transparente, compréhensible, contrôlable et évolutive. » (Lettre de mission du CGDD envoyé aux membres du groupe de travail en date du 23 mai 2018)

Ainsi, l'opérationnalité apparaît au travers de ces différentes formulations comme un objectif commun à tous les concepteurs certes, mais elle est parfois associée à un qualificatif au large champ sémantique (« simple ») ou à plusieurs qualificatifs juxtaposés (« pragmatique », « compréhensible », « rapide », etc.).

Nos observations suggèrent un certain **flou** de la vision qu'ont les concepteurs de cet objectif d'opérationnalité, et un **manque de références communes** certain.

En outre, ces explications ne sont assorties d'aucune référence bibliographique, excepté pour Ecoval, constat allant dans le sens de l'hypothèse d'une approche intuitive de l'opérationnalité par les concepteurs.

1.2.2. Absence de l'analyse des pratiques

Pour aucune des ME considérées, une analyse des pratiques n'a été réalisée. Cette conclusion est logique étant donné que ce type d'analyse est propre à une approche ergonomique.

On peut noter cependant, que dans le cas de MERClé, une série d'entretiens a été réalisée avec les services de l'Etat et les aménageurs en préalable à la conception de la ME.

1.2.3. Des usages pas toujours clairement définis et parfois confondus en un seul

Quatre méthodes sur six annoncent l'usage pour lequel elles ont été conçues. Nous avons interprété la formulation des périmètres ou objectifs d'utilisation rédigée par les concepteurs pour les rattacher aux trois types d'usages que nous avons identifiés dans le chapitre 4 :

1. Définir-calculer les mesures compensatoires par le bureau d'études dans la phase de montage de dossier
2. Anticiper les dettes compensatoires par l'aménageur expert en phase amont

3. Vérifier la définition et le calcul des mesures compensatoires par les services de l'État dans la phase d'instruction des dossiers.

Le tableau 35 présente les usages théoriques pour chaque méthode. L'association n'est pas toujours évidente et lorsque la formulation n'était pas suffisamment détaillée, nous accompagnons la mention de l'usage envisagé par le mot « peut-être ».

Tableau 35 : Identification des usages associés aux ME

	Usage annoncé dans les documents associés	Usages identifiés à l'aide des documents, des entretiens et des observations
Ecoval	Non	Usage n°1 et peut-être n°2
Mitimed	Non	Usage n°1
MNFZH	Oui	Usage n°1 et n°3, et peut-être n°2
MERCI-Cor	Oui	Usages n°1, 2 et 3
MERCle	Oui	Usages n°1, 2 et 3
MEB	Oui	(Usage hors de notre périmètre d'analyse)
GT national	-	Usage n°1 ?

En annexe n°16, le tableau 20 présente en détail la formulation complète des usages dans les documents associés aux méthodes et dans les entretiens.

L'usage **majoritaire** envisagé par les concepteurs est l'**usage n°1 bureaux d'études**.

Plusieurs méthodes sont proposées pour **plusieurs usages**. Pour MNFZH, MERCI-Cor et MERCle, le « multi-usage » est affirmé. Pour Ecoval, il est plus difficile de conclure de façon certaine, car cela n'est pas formulé de façon explicite. Seule Mitimed semble n'être envisagée que pour l'usage bureaux d'études et en l'occurrence le bureau d'études qui a participé à sa création. Enfin, en ce qui concerne le GT national, la question des usages et de leur distinction n'a jamais fait l'objet d'un point spécifique de l'ordre du jour des réunions auxquelles nous avons assisté ni des discussions qui s'y sont déroulées.

L'identification de cette approche multi-usages nous paraît particulièrement intéressante au vu des conclusions présentées dans le chapitre 4 et selon lesquelles, l'objectif d'opérationnalité impliquait de décliner les ME selon les usages et non pas de proposer une ME totalement identique pour plusieurs usages. Cela suggère quelques réserves sur l'opérationnalité réelle de ces ME qu'il serait intéressant de confirmer (ou non) par des tests.

Nous avons vu dans le chapitre 4 que l'identification des usages implique notamment d'identifier des utilisateurs et également de distinguer différents profils d'utilisateurs. Ces profils ont une influence notamment sur les valeurs cibles de plusieurs critères d'utilisabilité (facilité d'apprentissage, de mémorisation, efficacité, erreurs). **La distinction entre les différents profils d'utilisateurs n'est pas mentionnée** dans les documents associés aux méthodes. Seules les familles d'acteurs (aménageurs, services de l'État et bureau d'études) sont distinguées. C'est ce qui explique à notre sens, la volonté des concepteurs de proposer des outils dits « simples », ne requérant pas un niveau élevé de compétence.

Nous retenons que :

- les usages ne sont pas toujours clairement identifiés (3 ME sur 7)
- que lorsque les usages des ME sont annoncés par les concepteurs, il s'agit dans la majorité des cas, d'un usage multiple confondant en un seul, les trois types d'usages identifiés dans la partie 4.

1.2.4. Des critères d'opérationnalité insuffisants

Identification des critères proposés par les concepteurs

Les concepteurs présentent des critères qui ont guidé la conception dans trois cas :

- Ecoval
- MNFZH
- DMG.

Nous avons également déduit des critères non formulés explicitement mais qui sont ressortis au cours des entretiens.

Le tableau 36 associe les critères identifiés pour la conception des différentes ME françaises aux critères d'utilisabilité et d'acceptabilité socio-organisationnelle (ASO) que nous avons définis dans le chapitre 2.

Pour le GT national, l'équipe projet a proposé lors de la première réunion, des variables sensées permettre de mesurer l'opérationnalité, dénommée dans leurs travaux « applicabilité ». Ces variables ne sont pas accompagnées d'explications par les auteurs permettant de les interpréter. Aussi nous avons fait nos propres hypothèses d'interprétation. Par exemple, pour le critère « Nombre total d'indicateurs utilisés », nous avons supposé que pour les auteurs, plus une méthode comporte un nombre important d'indicateurs, moins elle est utilisable. Ces critères sont accompagnés d'une * dans le tableau 36.

Tableau 36 : Correspondance entre les critères d'opérationnalité énoncés par les concepteurs et les critères d'utilisabilité et d'acceptabilité socio-organisationnelle issus de nos travaux de recherche

Critères des concepteurs des ME françaises	Critère d'utilisabilité
<ul style="list-style-type: none"> . Niveau de compétence . Non recours à des spécialistes ou experts . Utilisable par des non-spécialistes dans un contexte réel . Simple – intuitive, facile à comprendre 	Facilité d'apprentissage
<ul style="list-style-type: none"> . Temps pour l'application de la méthode . Rapidité de mise en œuvre . Faible temps . Rapide . Indicateurs utilisés pour le calcul (nombre) * . Rapidité d'implémentation . Simple – facile à mettre en œuvre 	Efficiences
(Aucun critère)	Facilité de mémorisation

. Modalités de choix des indicateurs *	Erreurs d'utilisation
. Modalités de choix des valeurs associés aux indicateurs *	
. Sélection des indicateurs	
(Aucun critère)	Satisfaction
. Répliquable	Flexibilité
. Adaptée à des situations variées	
. Indépendance maximale à la phénologie et aux variations saisonnières	
. Ressources documentaires disponibles	Disponibilité des données
. Données milieux nécessaires (nombre) *	
. Disponibilité des informations sur tout le territoire métropolitain	
. Disponibilité des données	
. Données réelles	
. « Données de terrain qu'ils utilisent dans les dossiers »	
Critères des concepteurs des ME françaises	Critères d'ASO
. Objectivité et reproductibilité	Fondements scientifiques
. Robuste	
. Méthode scientifique	
Présentation en réunion du CRERCO.	Reconnaissance institutionnelle
Echangeabilité entre type d'écosystèmes	Conformité réglementaire
(Aucun critère)	Acceptation des résultats du dimensionnement
Faible coût d'implémentation	Coût
(Aucun critère)	Représentation de la séquence ERC
Faciliter la concertation	Compréhension

Analyse

Ce tableau montre que le critère qui est le mieux identifié est le critère d'**Efficienc**e, assimilé pour les concepteurs de ME à l'exigence de rapidité d'utilisation d'une méthode.

La **Facilité d'apprentissage**, les **Erreurs d'utilisation**, la **Flexibilité** et la **Disponibilité des données** sont également des critères pris en compte par les concepteurs, bien que **partiellement**. En effet, pour le critère Facilité d'apprentissage, les concepteurs ne le voient que sous l'angle du niveau de compétence des utilisateurs et ne mentionnent pas, par exemple, la durée des formations. Or ce paramètre a également son importance quand les utilisateurs ont des emplois du temps très contraints pour lesquels il n'est pas évident de dégager du temps pour de la formation. De même, le critère Erreurs d'utilisation n'est pris en

compte qu'au travers des modalités de choix des indicateurs et de leurs valeurs. Les erreurs peuvent aussi provenir de termes aux définitions ambiguës, d'instructions d'utilisation pas assez détaillées, etc.

Il reste deux critères d'utilisabilité, **la Facilité de mémorisation et la Satisfaction** de l'utilisateur qui sont totalement **ignorés**. Notre hypothèse pour expliquer cette découverte surprenante étant donné l'objectif des ME, serait liée au fait que ces notions sont ignorées, oubliées lors de la construction des méthodes de la part des concepteurs. Cela démontre également l'intérêt de nos travaux de recherche et de l'approche originale développée.

Le critère Fondements scientifiques n'est formulé que dans trois cas, au travers des mots tels que « robuste », « objectivité et reproductibilité ». Pour les quatre autres méthodes, nous supposons qu'il est considéré comme implicitement satisfait dans la mesure où la conception des ME est confiée à des scientifiques.

Le critère de Compréhension exprimé au travers de l'objectif de faciliter la concertation par la ME a été exprimé par le chercheur non pas en début de conception mais à la fin, alors qu'il avait côtoyé pendant plusieurs années les différents acteurs de la séquence ERC.

Enfin, certains mots aux significations proches correspondent à des critères différents, traduisant le manque de références communes. Ainsi, « répliquable » pour certains concepteurs correspondra au critère de Flexibilité, car la méthode doit être utilisable dans des cas différents, et « reproductible » traduira l'objectif de Fondements scientifiques, la méthode devant produire des résultats identiques si des utilisateurs différents l'appliquent sur un même cas.

Si l'on distingue les critères identifiés par chaque concepteur (ou groupe de concepteurs), on se rend compte que tous n'identifient pas les mêmes critères (Cf. tableau 37).

Tableau 37 : Les critères d'opérationnalité identifiés par les concepteurs des différentes ME

	Ecoval	Mitimed	MNZH	MERCle	DMG
Facilité d'apprentissage					
Efficienc					
Facilité de mémorisation					
Erreurs					
Satisfaction					
Flexibilité					
Disponibilité des données					
Fondements scientifiques					
Reconnaissance institution					
Conformité réglementaire					
Acceptation résultats					
Coût					
Représentation ERC					
Compréhension					
Nombre total de critères	7	4	5	3	4
<i>Légende</i>			<i>Critère identifié</i>		

Ce tableau exclut la rapide analyse des critères identifiés dans le cadre des travaux du GT national en raison du poids important de notre interprétation.

Les concepteurs ont en moyenne pris en compte 1/3 des critères que nous proposons, et ces critères diffèrent selon les cas. Cela suggère encore une fois le **manque de référence commune** sur ce sujet.

Finalement, si l'on retient les critères identifiés au minimum dans 4 cas sur les 6 analysés, les critères pris en compte par les concepteurs de ME sont les suivants :

- Facilité d'apprentissage
- Efficience
- Disponibilité des données
- Fondements scientifiques

Ainsi, les critères les plus fréquemment identifiés par les concepteurs correspondent à des **critères d'utilisabilité**. Cela indique que la représentation de l'opérationnalité chez les concepteurs est proche de ce concept, bien qu'**incomplète** en raison de l'absence de certains critères.

Il est à noter que les concepteurs de MERCI-Cor n'ont formulé aucun critère d'opérationnalité. Nous supposons que la non-formulation de critères ne signifie pas l'absence d'importance accordée à l'objectif d'opérationnalité. En effet, le concepteur principal étant un bureau d'études, il nous a indiqué que pour MERCI-Cor, l'opérationnalité était bien une préoccupation constante, étant lui-même utilisateur potentiel de la méthode.

De même, nous n'avons finalement identifié aucun critère d'opérationnalité clairement formulé par le GT national au cours des différentes réunions auxquelles nous avons assisté. Nous n'avons pas repris les critères de l'équipe projet inscrit dans le tableau précédent pour deux raisons. D'une part, ils sont marqués par un fort degré de notre propre interprétation de leur formulation initiale et d'autre part, ils n'ont pas été repris pour orienter les travaux de conception du GT national.

1.2.5. Des tests flous, voire incomplets

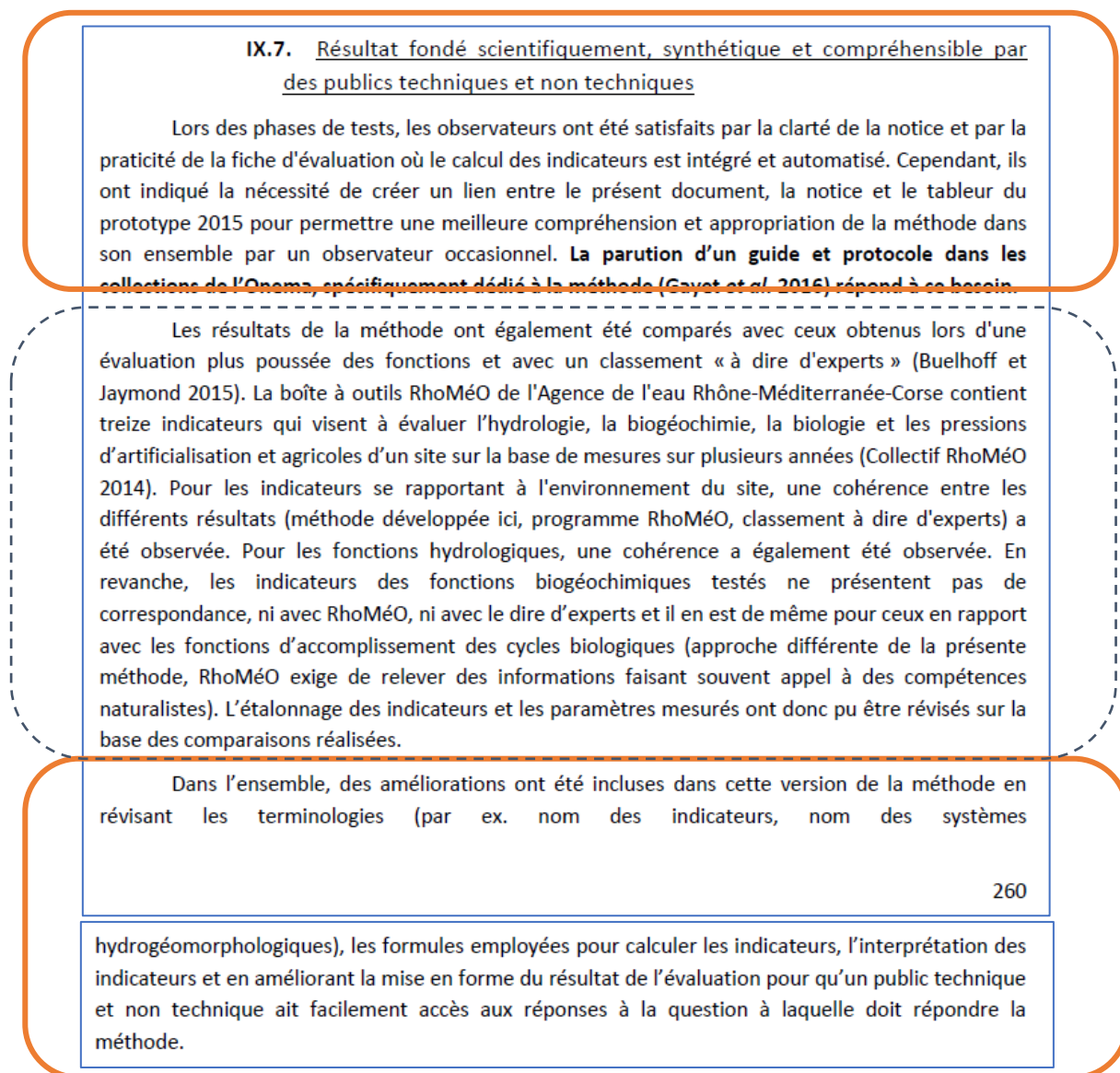
Objectifs des tests

Au cours du processus de conception, toutes les méthodes sont testées d'une façon ou d'une autre en étant appliquée, au moins une fois, par leur concepteur sur un cas, réel ou fictif.

Les tests relatés par les concepteurs peuvent avoir une vocation technique, c'est-à-dire, vérifier la pertinence ou la sensibilité des indicateurs par exemple. Cet objectif se traduit par exemple pour la MNFZH par le choix de confier les tests à 5-6 experts en zone humide, au sein de l'AFB afin d'avoir leurs commentaires sur le contenu scientifique de la ME.

Ils peuvent avoir également une visée opérationnelle pour vérifier la disponibilité des données en appliquant la ME testée sur un cas réel. Dans les documents associés aux ME, si la

réalisation des tests est bien mentionnée, leurs objectifs et modalités ne sont pas indiqués ou détaillés. Seule la MNFZH mentionne le test de l'efficacité au travers de la mesure du temps de manipulation de la méthode pour chaque cas de test. En outre, le rapport accompagnant MNFZH rend compte des tests menés et des modifications qui en ont découlé (Gayet et al., 2016b, p.253-260). Ces comptes-rendus montrent l'imbrication des tests techniques et opérationnels (Cf. figure 47).



Légende :

 Compte-rendu de test opérationnel Compte rendu de test technique

Figure 47 : Illustration de l'imbrication des tests techniques et opérationnels dans le compte-rendu de test de MNFZH (Gayet et al., 2016b, p.260-261)

Dans les entretiens, lorsque les tests sont évoqués, les aspects techniques peuvent prendre le dessus sur les aspects opérationnels dans les récits qui sont faits.

Au final, pour l'ensemble des méthodes, il est probable que les différents tests réalisés ont permis d'améliorer leur opérationnalité, comme cela a été le cas pour MNFZH. En effet, dans

le cas de cette dernière, le concepteur relate en entretien la volonté de laisser les testeurs seuls face à la ME dans un premier temps afin d'identifier les questions qu'ils pouvaient se poser pour l'application, notamment sur le plan pratique.

« Ce qui était intéressant et parfois difficile, c'était d'identifier la part de commentaires qui relevaient parfois d'un problème qui était très ponctuel (...) et ce qui était plus de l'ordre pratique et qui nécessitait de faire des préconisations plus opérationnelles. »

(Un concepteur de MNFZH)

Dans le cas de MERCIe, nous pouvons confirmer cette hypothèse.

Le tableau 38 résume le déroulement des tests pour chaque méthode analysée.

Tableau 38 : Tests des ME pendant le processus de conception

Méthode	Tests	Testeurs	Nature des tests
Ecoval	Tests sur 2 projets réels dans la thèse Post doc : tests sur « plusieurs » projets réels	Concepteur	Non précisée
Mitimed	Tests sur 2 projets fictifs Un projet réel	Concepteur-chercheur Concepteur-expert du bureau d'étude : l'unique utilisateur de la méthode à ce jour.	Non précisée
MNFZH	Tests sur 227 sites de zones humides (pas des projets)	35 personnes. .Les concepteurs. .Concepteur/utilisateur (le bureau d'études associé) .Des utilisateurs potentiels : services de l'État (AFB en majorité, parfois DDT) .Testeurs au profil de connaissance identique à celui d'utilisateurs potentiels : stagiaires	Techniques et opérationnels confondus Opérationnel distingué pour un critère : mesure du temps de manipulation
Merci-Cor	Test sur des projet fictifs	.Les concepteurs .Les utilisateurs potentiels : bureaux d'études, services de l'État, aménageurs	Techniques et opérationnels confondus

MERCle	Tests sur 5 projets réels	.Les concepteurs .Des utilisateurs potentiels : bureaux d'études, services de l'État.	Techniques et opérationnels confondus
	Tests pendant la thèse : Sur 1 projet fictif et sur 3 projets réels	.Les concepteurs .Les utilisateurs potentiels : bureaux d'études, services de l'État, aménageurs (peu représentés)	Tests opérationnels (voir partie suivante)
DMG	Pas de mention de test sur des cas réels. Applications sur des cas fictifs.	Les concepteurs	Non précisée.
GT national	Test sur des cas réels prévus en 2020 par les membres du groupe de travail (utilisateurs potentiels)		

Réalisation des tests par les utilisateurs

Nous avons proposé plusieurs types de tests dans le chapitre 4, dont des tests à réaliser par les utilisateurs. Toutes les ME sauf une (Ecoval) ont réalisé des tests avec des utilisateurs. Le profil des utilisateurs ayant participé aux tests n'est pas indiqué dans les documents. Nous avons donc identifié les utilisateurs potentiels des différentes ME étudiées à partir des usages que nous leur avons associés dans la partie précédente. Nous avons reconstitué leur profil à partir des entretiens ou de notre propre expérience pour MERCle et MERCI-Cor. (Cf. tableau 39)

Tableau 39 : Comparaison entre profils d'utilisateurs à mobiliser pour les tests et profils d'utilisateurs ayant réellement participé aux tests des ME

	Aménageur	Bureau d'études	Services de l'État
Ecoval	Exp ○	Spé ○ Nat ○	
Mitimed		Spé ● Nat ○	
MNFZH	Exp ○	Spé ● Nat ○	Réf ● Exp ● Nov ● (majoritairement des agents de l'AFB)
MERCI-Cor	Exp ○	Spé ● Nat ●	Réf ● Exp ● Nov ●
MERCle	Exp ○	Spé ● Nat ●	Réf ● Exp ● Nov ●

Exp : Expert (Aménageur) ou expérimenté (Services de l'État)

Spé : Spécialiste ; Nat : Naturaliste

Réf : Référent ; Nov : novice

○ : utilisateur potentiel n'ayant pas participé au test

● : utilisateur potentiel ayant participé au test

L'association des utilisateurs aux tests est inégale selon les méthodes. En effet, pour 4 méthodes sur 5, des utilisateurs ont participé aux tests. Les services de l'Etat ont été mobilisés

pour toutes les ME ciblant ce profil. Cependant, dans le cas de MNFZH, majoritairement des agents de l'AFB ont réalisé les tests, les agents des DDT, particulièrement concernés par les dossiers d'autorisation concernant des zones humides ont parfois été associés aux tests mais pas de façon systématique ni clairement identifiée. Leur niveau de connaissance était également pris en compte en distinguant les experts zones humides, d'autres agents de l'AFB ou de DDT plus « *néophytes* ».

Il est intéressant de noter que les aménageurs semblent n'avoir participé directement à aucun des tests des différentes ME. Cela semble paradoxal dans la mesure où ils sont toujours cités comme utilisateurs potentiels et que l'amélioration de la mise en œuvre de la séquence ERC implique une meilleure appropriation des enjeux de son application, ce qui passe par les ME.

Pour toutes les ME, **l'effort d'association des utilisateurs aux tests** est notable, ce qui est cohérent avec l'objectif d'opérationnalité affiché par les concepteurs. Cependant, certains profils d'utilisateurs potentiels sont absents, soulignant ainsi un certain manque de recul sur la question et suggérant l'intérêt de nos travaux.

1.2.6. Association des utilisateurs à la conception

Au-delà de la participation d'utilisateurs aux tests des ME, nous avons cherché à savoir si des utilisateurs potentiels étaient associés à l'équipe projet ou s'ils étaient sollicités pendant le processus de conception, sous quelle forme, et pour quoi faire.

Les entretiens nous ont permis d'identifier différents intervenants dans les processus de conception :

- **L'équipe projet** : c'est le groupe (restreint en général) de personnes qui pilotent le projet de conception.
- **L'équipe de conception** : c'est le groupe de personnes en charge de la conception proprement dite. Elle peut être confondue avec l'équipe projet selon les cas.
- **Les personnes consultées** : ce sont des personnes qui vont être consultées ponctuellement par l'équipe de conception pour donner un avis, un éclairage. Les personnes qui ont réalisé des tests sans faire partie des équipes projet ou de conception, font partie de ce groupe. Nous retrouvons dans cette catégorie les résultats de la partie précédente.
- **Les personnes informées** : ce sont des personnes qui sont tenues informées de l'avancement du projet mais qui ne participent pas réellement au projet, qui n'ont pas d'influence sur le projet.

A partir des informations communiquées dans les entretiens, nous avons reconstitué la composition de ces différents groupes afin d'identifier si des utilisateurs potentiels en faisaient partie et éventuellement, combien (Cf. tableau 40).

La figure 48 illustre le nombre d'utilisateurs présents dans les équipes de conception.

Tableau 40 : Association des utilisateurs à la conception des ME

ME	Equipe-projet	Equipe conception	Consultés	Informés
Ecoval	0 ut. sur 4	0 ut.	0 ut. réalisant les tests : présentation et discussion des résultats. « Groupe de partage opérationnel" associé aux travaux de thèse : 8-9 ut. sur une vingtaine de participants	GPO ? Au moins 5 ut.
Mitimed	1 ut. sur 2	1 ut.	Pas à notre connaissance	Autres ut. du bureau d'études
MNFZH	4 ut. (du même bureau d'études) sur 12	4 ut. (du même bureau d'études) sur 12	9 ut. (agents de l'AFB uniquement) sur 35 personnes au moins (pour la réalisation des tests)	?
MERCI-Cor	1 ut. sur 5	1 ut. sur 3	71 ut.	
MERCle	0 ut. sur 2	0 ut.	13 ut.	17 ut.
DMG	0 ut. sur 3	0 ut.	0 ut.	?
GT nat.	0 ut. sur ?	12 sur 35 participants à la 1 ^{ère} réunion	-	-

Légende : ut. : utilisateur

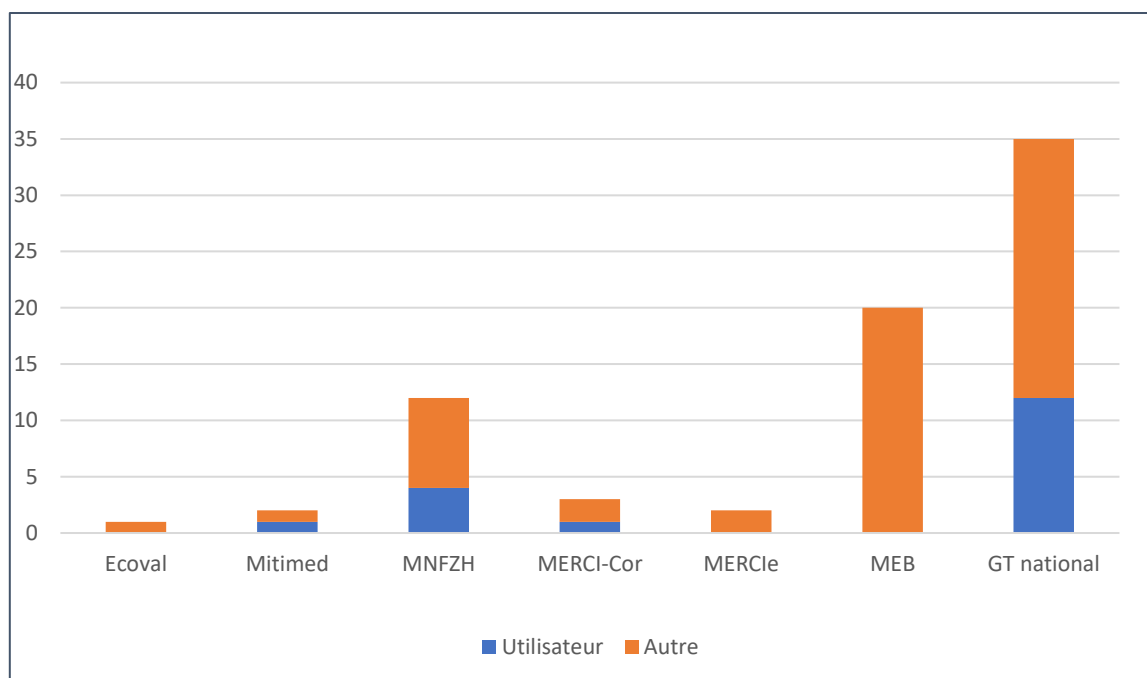


Figure 48 : Nombre d'utilisateurs dans les équipes de conception

Les utilisateurs sont relativement peu présents dans les équipes de conception, d'autant que ce sont toujours des bureaux d'études quand ils le sont. Le GT national fait exception, car il comporte aussi des représentants de DREAL, de DDT et d'aménageurs, en nombre variable selon les réunions.

La participation des utilisateurs au processus de conception se fait essentiellement via les **tests** des ME. Ainsi leur participation au développement reste limitée, excepté s'agissant des bureaux d'études.

Ces derniers sont sollicités, supposons-nous, au titre de leur expertise en écologie et naturalisme, et de la séquence ERC davantage que pour leur statut d'utilisateur potentiel. Il serait intéressant en complément de notre analyse, d'interroger les concepteurs pour mieux identifier les raisons de sollicitation des bureaux d'études afin de valider ou invalider cette hypothèse.

1.3. Synthèse des résultats et discussion

1.3.1. Synthèse des résultats

Notre analyse met en évidence :

- l'absence de référence commune chez les concepteurs pour définir l'opérationnalité et y associer des critères guidant la conception des méthodes.
- un certain flou général dans l'approche de l'opérationnalité mise en œuvre par les concepteurs des différentes ME françaises :
 - confusion des différents profils d'utilisateurs,
 - confusion des usages
 - confusion des tests techniques et des tests opérationnels.
- l'existence de critères d'opérationnalité mais incomplets et se rattachant aux critères d'utilisabilité seulement,
- une volonté de rationaliser l'approche de l'opérationnalité malgré tout, se traduisant par la formulation de critères et l'association d'utilisateurs aux tests des ME.

La figure 49 ci-dessous illustre de façon très schématique le degré de prise en compte de l'opérationnalité par les concepteurs de ME :

- La moitié des critères d'utilisabilité sont pris en compte
- Seulement un critère d'acceptabilité socio-organisationnelle est pris en compte sur 7 critères
- Pour l'utilité, la confusion des usages montre une prise en compte incomplète de cette composante de l'opérationnalité.

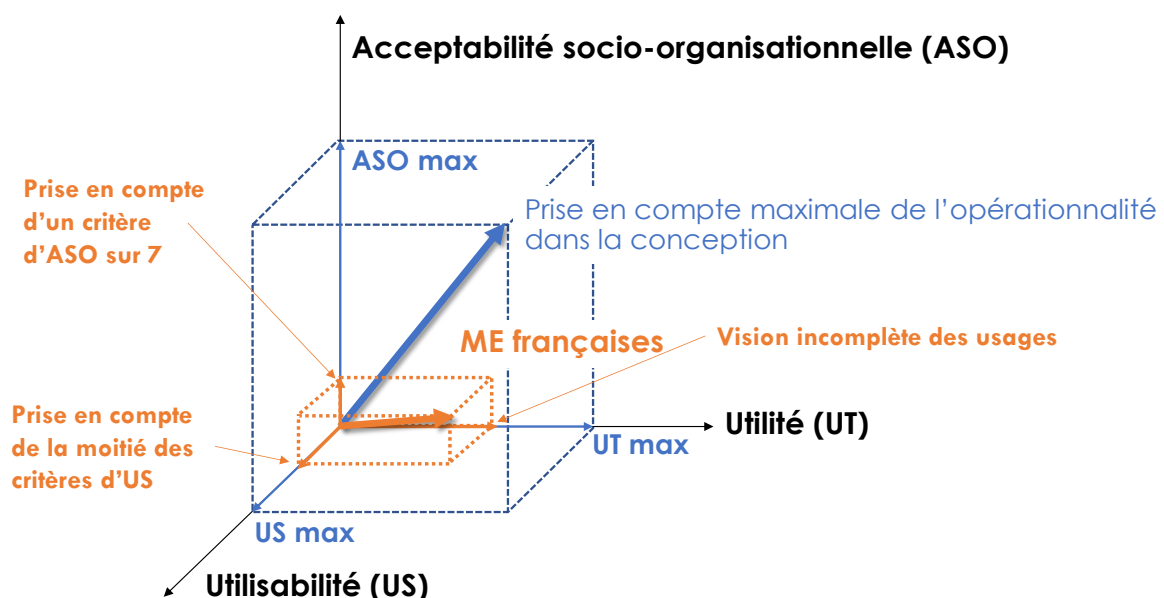


Figure 49 : Illustration du degré de prise en compte de l'opérationnalité dans le processus de conception des ME françaises (conception : A. Mechin)

Cette figure ne se veut pas une représentation graduée de l'opérationnalité des ME françaises mais une visualisation de l'écart entre nos propositions en matière d'analyse de l'opérationnalité et la pratique observée.

Il est à noter d'ailleurs que l'analyse des processus de conception présentée ici ne renseigne pas sur l'opérationnalité réelle des méthodes. En effet, les concepteurs ont identifié des critères d'opérationnalité, des objectifs de conception, mais notre analyse ne nous permet pas de conclure si ces critères sont respectés. De même, ce n'est pas parce que certains critères ne sont pas mentionnés qu'en pratique, ils ne sont pas respectés. Pour ce faire, il aurait fallu réaliser les tests proposés dans le chapitre 4 en s'intégrant au processus de conception de ces méthodes, ce qui n'était pas l'objet de la thèse.

1.3.2. Discussion

Aller plus loin dans l'analyse des processus de conception

Les entretiens ont été conduits en privilégiant l'expression spontanée. Avec le recul, les questions dirigées de la deuxième partie de l'entretien auraient pu compléter plus précisément les données collectées. Les concepteurs auraient pu être questionnés sur leur propre définition de l'opérationnalité (« Pour vous, qu'est-ce qu'une ME opérationnelle ? » par exemple). Ils auraient également pu être confrontés à notre liste de critères d'opérationnalité de la façon suivante :

- « Parmi ces critères, quels sont ceux auxquels vous avez pensé pendant la conception, et ceux auxquels nous n'avez pas pensé ,
- Parmi ces critères, lesquels pensez-vous avoir respecté ? »

Ces questions complémentaires pourraient permettre d'éclairer plus précisément les résultats de notre analyse, et ainsi de renforcer ou nuancer nos conclusions.

Raisons possibles de la prise en compte partielle de l'opérationnalité

Nous formulons plusieurs hypothèses pour expliquer la prise en compte partielle de l'opérationnalité.

Cela peut être **lié à un problème des compétences mobilisées dans les équipes** de conception des ME en France. Les concepteurs ont des profils d'écologues : les connaissances issues de l'ergonomie ne font généralement pas partie du corpus scientifique étudié, et l'opérationnalité est envisagée de façon intuitive. En outre, cette catégorie d'acteurs a majoritairement un parcours de chercheur.

En inscrivant ce parcours de chercheur dans le modèle de « *la science comme savoir rationnel* » proposé par Callon (2006a, p. 207), son activité se limite à la production d'« énoncés » (un énoncé étant selon Callon le résultat de la recherche scientifique) « *toujours plus nombreux, plus précis et plus exigeants* » (Ibid., p. 221), énoncés « *qui vivent indépendamment de ceux qui les produisent et les consomment* » (Ibid., p. 214). Dans cette perspective, on peut supposer que la question de l'opérationnalité est supplantée par le savoir dont le statut privilégié devrait suffire pour qu'il soit diffusé, transmis et adopté en dehors des sphères scientifiques.

Cela nous amène à notre deuxième hypothèse : **la difficulté du dialogue et des échanges à l'interface entre recherche et action**, sujet largement abordé dans les publications scientifiques (Cook et al., 2013; Coreau et al., 2013; Granjou et al., 2013; Weichselgartner et Kasperson, 2010; Holmes et Clark, 2008)

Les sphères de la recherche et de l'action évoluent dans des contextes différents et font face à des contraintes également différentes. De ce fait, il n'est pas évident pour des chercheurs d'avoir une vision exhaustive des besoins opérationnels des utilisateurs des ME. Ce constat d'une vision plus ou moins erronée des utilisateurs par les concepteurs n'est pas propre au cas des ME. De nombreuses publications recommandent d'associer les utilisateurs à la conception des OAD qui leur sont destinés (Pelzer, 2017; Cerf et al., 2012; Prost et al., 2011; Barcenilla and Bastien, 2009; Uran and Janssen, 2003; Gould, 1988).

En outre, **le manque de moyens** peut aussi être une explication dans la mesure où cela peut restreindre les équipes de conception : le budget n'est pas suffisant pour y intégrer des experts de l'opérationnalité. De plus, conduire des tests avec les utilisateurs implique de leur part de mobiliser du temps : autant de temps que ne pourra pas facturer un bureau d'études, ou du retard pris dans le traitement des dossiers pour les agents des services instructeurs en sous-effectif (Semal et Guillet, 2017). Pourtant, ce temps mobilisé sur ce type de test ne saurait être assimilé à du temps « perdu » dans la mesure où il apporterait une vraie plus-value aux outils en vue d'une meilleure et réelle utilisation. Ainsi, convaincre les commanditaires des projets de développement de ME de prévoir les moyens nécessaires paraît constituer un levier intéressant en vue d'améliorer leur opérationnalité et de faciliter le développement de leur utilisation dans les projets d'aménagement.

Enfin, **la non-distinction claire des usages**, voire l'absence de réflexion sur la différence des opérations réalisées par les différents types d'acteurs retient particulièrement l'attention. En considérant que finalement, la conception se focalise davantage sur les techniques et les données à prendre en compte, comme nous l'avons montré dans le chapitre 1, nous pourrions conclure que l'objectif des travaux de conception porte davantage sur les modalités de raisonnement que sur un outil tangible, davantage sur les bases scientifiques du raisonnement que sa mise en œuvre pratique dans le contexte que nous avons décrit.

Si nous revenons à la signification du mot « méthode » dans son sens premier de « *cheminement à suivre* » (dictionnaire historique de la langue française Robert), la formule « méthode opérationnelle » n'est-elle pas contradictoire ? Ne serait-il pas plus juste de parler d'« outil opérationnel » et de conserver le mot « méthode » pour les bases scientifiques du raisonnement, sachant que dans notre contexte de recherche, les bases scientifiques sur lesquelles reposent les ME revêtent une importance particulière, qu'elles partagent probablement avec l'ensemble des outils basés sur des connaissances scientifiques et évoqués au début de ce manuscrit : les outils d'aide à la décision en planification, en ergonomie etc. Ainsi, **différencier méthode** (ou raisonnement) **et outil** permettrait peut-être finalement de distinguer plus clairement les objectifs technico-scientifiques et les objectifs opérationnels dans le processus de conception et d'accorder la place nécessaire aux experts de l'opérationnalité, aux côtés des experts scientifiques.

C'est d'ailleurs en quelque sorte la conclusion à laquelle est implicitement arrivé le groupe de travail national. L'intention première était de proposer une méthode opérationnelle unifiée

au niveau national. Très rapidement, l'objectif a été réorienté vers la proposition d'une « *approche standardisée* », mettant davantage l'accent sur des étapes et des logiques de raisonnement à respecter et des données à prendre en compte dans le raisonnement.

2. Application du cadre d'analyse de l'opérationnalité et des repères de conception sur un cas d'étude, MERCIe

Dans la partie précédente, nous avons analysé la prise en compte de l'opérationnalité dans le processus de conception de MERCIe (Cf. encadré 8 et grilles d'indicateurs en annexe n°17) qui a eu lieu avant le démarrage des travaux de thèse (Mechin et Pioch, 2016).

Dans cette partie, nous reprenons le processus de conception de MERCIe en intégrant les résultats de recherche obtenus pendant la thèse, en particulier, la réalisation de test d'opérationnalité, afin de tester l'intérêt de notre cadre d'analyse et de nos repères de conception ainsi que de critiquer les résultats obtenus.

Afin de nous repositionner dans le processus de conception que nous avons préconisé, la priorité est de tester l'opérationnalité de MERCIe. Il s'agit donc ici de soumettre MERCIe aux tests définis dans le chapitre 4 :

- test théorique à partir des documents disponibles sur la méthode,
- test terrain en appliquant la méthode à des cas réels
- test utilisateur en observant des utilisateurs prendre en main la méthode.

Les résultats de ces tests nous donnerons des indications pour proposer des améliorations de MERCIe afin de la rendre plus opérationnelle.

Nous allons dans cette partie présenter le déroulement et les résultats de ces tests appliqués à MERCIe afin de conclure sur l'opérationnalité de MERCIe et de proposer des améliorations. Cela permettra également de tester les protocoles eux-mêmes et de critiquer l'approche que nous préconisons, par son application.

La méthode MERCIe

La méthode expérimentale MERCIe (Méthode d'Évaluation Rapide de la Compensation des Impacts écologiques) consiste à évaluer les pertes écologiques engendrées par un projet d'aménagement, et les gains écologiques susceptibles d'être obtenus avec les mesures compensatoires. Il s'agit ensuite de les comparer, en tenant compte 1) de l'incertitude liée à la réussite ou à l'échec des actions écologiques mises en œuvre sur les sites de compensation et à la trajectoire naturelle de ces milieux ; et 2) du décalage temporel entre le démarrage du chantier et l'atteinte de l'état de fonctionnement écologique ciblé par la compensation.

La méthode est appliquée selon les étapes suivantes :

1. Renseigner les fiches descriptives de la zone humide impactée par le projet d'aménagement d'une part, et de la (ou les) zone(s) humide(s) bénéficiant des mesures de compensation d'autre part. Cette première phase d'application de la méthode permet d'analyser le projet dans son ensemble et de vérifier le respect des différents principes réglementaires précités ;
2. Délimiter les zones d'emprises de la zone aménagée et de la zone de compensation
3. Évaluer l'état de fonctionnement écologique de la zone humide impactée avant le démarrage du chantier. Cela correspond à l'état initial de la zone d'impact
4. Évaluer l'état de fonctionnement écologique de la zone humide impactée une fois le chantier terminé et le projet mis en service. C'est l'état après aménagement de la zone d'impact
5. Évaluer l'état initial de la zone de compensation. Il s'agit d'évaluer l'état de fonctionnement écologique de la zone humide de compensation avant application des actions écologiques (travaux de génie écologique, mesures de gestion conservatoire, etc.)
6. Évaluer l'état de fonctionnement écologique de la zone de compensation en estimant l'évolution potentielle de la zone humide de compensation au regard des actions écologiques prévues. Cela correspond à l'état final de la zone de compensation, ou autrement dit à l'objectif d'état de fonctionnement écologique ciblé par les mesures ;
7. Évaluer les coefficients d'ajustement, dont le « Risque d'échec » des actions écologiques envisagées sur la zone humide de compensation et le « Temps » nécessaire à la restauration des milieux correspondant au décalage temporel entre le début des travaux d'aménagement et l'atteinte des objectifs de résultats des actions de compensation.
8. Calculer les pertes et les gains ajustés
9. Vérifier, au regard de l'offre de compensation envisagée, le bon respect des principes d'équivalence et d'additionnalité écologique. Le cas échéant, il sera nécessaire de réajuster l'offre de compensation écologique.

L'évaluation de l'état de fonctionnement écologique des zones humides consiste à attribuer un score entre 0 et 1, à l'aide de 27 indicateurs dont :

- 7 indicateurs relatifs à la localisation de la zone humide évaluée et les échanges avec les écosystèmes adjacents (voisins)
- 11 indicateurs relatifs au fonctionnement hydrologique de la zone humide évaluée

- 9 indicateurs relatifs à la structure des communautés végétales et aux habitats pour la faune présents dans la zone humide évaluée.

Zone aménagée et zone de compensation sont évaluées selon la même grille d'indicateurs, avant et après impact ou actions de compensation. L'évaluation des indicateurs se fait essentiellement à partir d'observations de terrain.

La surface de compensation est calculée à partir de la notation des états de fonctionnement écologique de la zone humide impactée et de la zone humide de compensation.

Zone humide impactée : Δ impact = score avant aménagement – score après aménagement

Zone humide de compensation : Δ compensation = score après compensation – score avant compensation

$$\text{Surface de compensation} = \frac{\text{Surface impactée} \times \Delta \text{ impact} \times R \times T}{\Delta \text{ compensation}}$$

La surface de compensation est proportionnelle à la surface impactée, et à la nature de ces impacts, ainsi qu'au risque que les actions de compensation n'atteignent pas leurs objectifs et au décalage temporel entre l'impact au droit de la zone aménagée et l'atteinte des objectifs des actions écologiques au droit du ou des sites de compensation. Elle incite donc bien à éviter et réduire, pour diminuer les impacts, et à proposer des mesures de compensation les plus efficaces possibles, conformément à la doctrine nationale.

Les points-clés de l'application de la méthode à garder en mémoire pour l'analyse des tests d'opérationnalité sont les suivants :

- Le renseignement des indicateurs écologiques se fait à partir d'analyse cartographique, d'observations de terrains et des données d'inventaires naturalistes présentes dans les dossiers d'étude d'impact
- Chaque indicateur écologique est accompagné d'explication sur son application
- L'état écologique mesuré correspond à un degré de conservation par rapport à un écosystème de référence qu'il convient de définir pour chaque cas d'étude.

Encadré 8 : Présentation rapide du fonctionnement de la méthode MERCIe (adapté de Mechin et Pioch, 2016, consultable ici : <https://ecomed.fr/wp-content/uploads/2018/11/rapport-methode-mercie.pdf>)

2.1. Test théorique

Le test théorique est réalisé à partir du rapport que nous avons écrit sur la méthode avant le démarrage de la thèse (Mechin et Pioch, 2016) ainsi que des informations en notre possession en tant que concepteurs de la méthode.

Résultats




Les résultats (Cf. tableau 41) sont exprimés au travers de trois modalités, symbolisées par un code couleur et adaptés à nos objectifs de propositions d'améliorations :

- Critère non satisfait
- Critère partiellement satisfait
- Critère satisfait

Tableau 41 : Résultats du test théorique de MERCIe

Critères d'opérationnalité	Résultat de l'évaluation théorique	
Utilité	La méthode est affichée comme permettant les trois usages que nous avons identifiés dans le chapitre 4.	Orange
Facilité d'apprentissage	Le rapport existant est insuffisant pour faciliter l'apprentissage. Il devrait être complété d'un guide pratique adapté. L'absence de la mention du niveau de connaissance nécessaire pour appliquer la méthode peut nuire à la facilité d'apprentissage si des utilisateurs au niveau insuffisant souhaitent l'appliquer. La proposition de formation rend l'apprentissage plus facile. La durée limitée de la formation indique une facilité d'apprentissage satisfaisante.	Jaune
Effcience	Elle semble satisfaisante à ce stade de l'évaluation.	Vert
Facilité de mémorisation	Le rapport existant est insuffisant pour servir d'aide-mémoire. Il devrait être complété d'un guide pratique adapté. L'absence de la mention du niveau de connaissance nécessaire pour appliquer la méthode peut nuire à la facilité de mémorisation si des utilisateurs au niveau insuffisant souhaitent l'appliquer. La durée limitée de la formation indique une facilité de mémorisation satisfaisante.	Jaune
Flexibilité	Le fait de pouvoir quantifier pertes et gains séparément en fonction des informations disponibles rend la méthode relativement flexible. Son périmètre d'application limité aux zones humides limite sa flexibilité.	Jaune
Disponibilité des données	Elle semble satisfaisante à ce stade de l'évaluation.	Vert
Fondements scientifiques	Ce critère n'est pas pleinement respecté. Néanmoins, la logique de la méthode correspond aux raisonnements préconisés dans les publications scientifiques.	Jaune
Reconnaissance institutionnelle	L'implication des institutions dans le développement de la méthode permet de conférer une reconnaissance institutionnelle, certes qui n'est pas maximale, mais à un niveau relativement satisfaisant.	Jaune
Conformité réglementaire	Elle semble satisfaisante à ce stade de l'évaluation.	Vert
Coût	Elle semble satisfaisante à ce stade de l'évaluation.	Vert

Légende :

	Résultat satisfaisant		Résultat partiellement satisfaisant mais nécessitant des améliorations
	Résultat pas du tout satisfaisant		

En annexe n°18, les tableaux 21 et 22 consignent les réponses détaillées aux questions du test théorique ainsi que les interprétations en termes de critères d'opérationnalité.

Améliorations proposées

Ces premiers résultats dessinent plusieurs possibilités d'amélioration permettant d'intervenir sur certains critères d'opérationnalité (Cf. tableau 42).

Tableau 42 : Propositions d'améliorations de MERCIe à l'issue du test théorique

Améliorations proposées	Critères d'opérationnalité améliorés
Accompagner MERCIe d'un guide pratique d'utilisation, illustré d'exemples tirés de cas réels d'application.	Efficience, Facilité, d'apprentissage, Facilité de mémorisation, Erreurs
Elargir son périmètre d'application à d'autres milieux que les milieux humides.	Flexibilité
Publier la méthode dans une revue scientifique.	Fondements scientifiques
Présenter la méthode à davantage de services instructeurs, au CGDD, à l'AFB, au CNPN.	Reconnaissance institutionnelle
La mettre en œuvre dans des dossiers d'autorisation.	

Il est intéressant de relever que dès le test théorique qui ne mobilise que des moyens modestes pour sa mise en œuvre, **de premières pistes d'amélioration de l'opérationnalité sont révélées.**

2.2. Tests terrains

Les tests terrain consistent à appliquer MERCIe sur des projets réels. Les tests n'étant pas nécessairement à réaliser par les utilisateurs, c'est nous-mêmes qui les avons mis en œuvre par commodité.

Les cas de test retenus sont issus de nos terrains d'étude présentés dans le chapitre 2 et sont détaillés ci-dessous. Nous exposerons les limites de ces tests, liés au calendrier de la thèse et aux cas de test eux-mêmes, avant de présenter les résultats.

2.2.1. Les cas de test

Les terrains de tests ont été fournis par les projets Construction d'autoroute, Elargissement d'autoroute et Gazoduc (Cf. tableau 43, et figures 50, 51 et 52).

- Construction d'autoroute : les zones humides compensatoires
- L'élargissement d'autoroute : les zones humides impactées par le projet
- Le gazoduc : l'emprise du chantier de pose de la canalisation.

Tableau 43 : Projets et sites de tests pour la méthode MERClé

Cas de test	Sites de test	Emprise
Construction d'autoroute	Marais de Saint Ponce	21 ha
	Marbay	7 ha
	Censes-Maubert	25 ha
	Etang du gendarme	6 ha
	Arreux	26 ha
	Les Ayvelles	44 ha
	Prairies de Lumes	10 ha
Gazoduc	Zone 1 PK ³⁰ 53-58	5 km
	Zone 2 PK 42-47	5 km
	Zone 3 PK 34-38	4 km
	Zone 4 PK 29-33	4 km
	Zone 5 PK 18-21	3 km
Elargissement d'autoroute	Zone humide 1 Northon	5 ha
	Zone humide 5 Capbreton	1 ha
	Zone humide 7 Barthes d'Angresse	7 ha
	Zone humide 10 Hontines	2 ha

³⁰ Point Kilométrique



Photo : Agnès Mechin
Figure 50 : Zone compensatoire de Marbay pour la Construction d'autoroute



Photo : Agnès Mechin
Figure 51 : Emprise du gazoduc. Zone 1



Photo : Agnès Mechin
Figure 52 : Emprise de l'élargissement d'autoroute - ZH 5

2.2.2. Les limites des test terrains

Avant d'exposer nos résultats, nous détaillons les limites de nos tests qui n'ont pas pu être réalisés en respectant totalement le protocole préconisé dans le chapitre 4.

Limites liées au calendrier de la thèse

Les tests terrain de MERClé ont été réalisés en début de thèse, avant la définition des protocoles de tests présentés en chapitre 4. La précocité de ces tests s'explique par le fait que les travaux démarraient en 2017 et en 2018 sur les différents sites des projets étudiés. Il était nécessaire d'appliquer MERClé avant le démarrage des travaux pour pouvoir observer les états initiaux de ces zones.

Par conséquent, nous n'avons pas appliqué le protocole de test tel que nous l'avons défini dans le chapitre 4.

Limites liées aux cas de test

En outre, pour chaque cas de test, MERClé a été appliquée partiellement pour des raisons propres à chaque projet.

- Construction d'autoroute : évaluation des gains écologiques engendrés par les mesures compensatoires. En effet, l'autoroute était en fin de construction, l'état initial de la zone aménagée n'était donc pas observable. C'était en outre une demande du partenaire de ne pas évaluer l'impact du projet d'aménagement et de se concentrer sur les zones compensatoires. Le projet avait engendré beaucoup de tension localement avec l'annulation d'un des arrêtés d'autorisation et l'aménageur ne souhaitait pas rouvrir les discussions.
- Elargissement d'autoroute : application de la grille d'indicateurs de l'état écologique sur les zones humides observées. Lors de la visite de terrain, le chantier avait commencé et leur état initial n'était plus pleinement observable. En outre, leur délimitation était à ré-établir, l'aménageur jugeant insuffisant le travail d'identification fait par le bureau d'étude pour le dépôt du dossier d'autorisation. L'emprise de zone humide impactée n'était donc pas précisément fixée.
- Gazoduc : Définition de la zone d'étude et observations de terrain. Il n'y avait quasiment pas de zone humide impactée par le projet (phase d'évitement privilégiée par l'aménageur). Les indicateurs de l'état du milieu n'étaient donc pas pleinement appropriés au cas d'étude. Seule l'étape n°2 décrite dans l'encadré n°8 sur la méthode MERClé a été appliquée.

En raison de ces deux types de limites, certaines questions n'ont donc pas pu être renseignées :

- Question 1 : temps passé pour appliquer la méthode (terrain compris)
- Question 3 : comparaison du dimensionnement obtenu avec le dimensionnement proposé dans le projet, s'il est proposé.




2.2.3. Résultats des tests terrain

Le tableau 44 présente une synthèse des résultats des tests terrain réalisés sur les 16 sites détaillés dans le tableau 43. Leurs modalités de présentation sont les mêmes que pour le test théorique.

Tableau 44 : Résultats des tests terrain de MERCIe

Critères d'opérationnalité	Résultat de l'évaluation
Effizienz	Elle est satisfaisante pour des zones d'emprise réduite (5-30 ha) Sur des zones d'emprise aux surfaces étendues, comme un linéaire de gazoduc ou d'autoroute, il est nécessaire d'aménager la méthode pour en réduire le temps d'application.
Flexibilité	La méthode est flexible sur certains points (adaptation des zones d'études) mais manque de flexibilité pour d'autre (la généralisation à tous les milieux).
Disponibilité des données	La disponibilité des données nécessaires pour appliquer MERCIe peut être jugée satisfaisante. Seules les données pour choisir le cadre de référence posent un problème, non négligeable car central pour la notation de certains indicateurs.
Coût	Il est satisfaisant pour des zones d'emprise réduite (5-30 ha). Sur des zones d'emprise aux surfaces étendues, comme un linéaire de gazoduc ou d'autoroute, il est nécessaire d'aménager la méthode pour en réduire le temps d'application et donc le coût.
Acceptation des résultats du dimensionnement	Aucun résultat n'a été obtenu sur ce critère.

Légende :

	Résultat satisfaisant		Résultat partiellement satisfaisant mais nécessitant des améliorations
	Résultat pas du tout satisfaisant		

L'annexe n°19 présente les réponses détaillées aux questions du test théorique ainsi que les interprétations en termes de critères d'opérationnalité.

Améliorations proposées

A partir de ces résultats, deux possibilités d'amélioration ont été identifiées (Cf. tableau 45).

Tableau 45 : Propositions d'améliorations de MERCIe à l'issue des tests terrain

Améliorations proposées	Critères d'opérationnalité améliorés
Définir les modalités d'application de la méthode pour des zones d'emprise étendues	Efficiences
Fournir des données ou des sources de données pour l'identification du cadre de référence.	Efficiences, Erreurs, Facilité d'apprentissage

En outre, le test sur le site du gazoduc confirme la proposition d'amélioration faite précédemment : élargir son périmètre d'application à d'autres milieux que les milieux humides en l'accompagnant d'indicateurs écologiques adaptés qui manquent dans la version actuelle.

2.3. Tests utilisateurs

Les tests utilisateurs consistent à faire manipuler MERCIe par des utilisateurs potentiels, c'est-à-dire des acteurs dont le profil correspond à celui défini au travers des usages prévus pour la ME : aménageurs, bureaux d'étude, services de l'Etat. Ces tests ont été réalisés sous la forme d'ateliers dont le protocole est exposé ci-dessous.

Nous avons identifié plusieurs limites que nous détaillerons avant de présenter les résultats.

2.3.1. Déroulement

Les tests utilisateurs ont été menés avec un groupe de travail réuni dans le cadre du partenariat avec la DREAL Grand-Est autour du projet de construction d'autoroute. Ce groupe de travail a réuni (Cf. tableau 46) :

Tableau 46 : Participants aux tests utilisateurs

Organisme	Nombre de personnes
DREAL, service biodiversité	2
DDT, police de l'eau	3
AFB	2
Conservatoire des Espaces Naturels (CEN)	1
Chambre d'agriculture	1

Les tests se sont déroulés sous forme de deux ateliers :

- Atelier n°1 : formation à la méthode MERCIe, juillet 2017
- Atelier n°2 : application de MERCIe à un projet d'aménagement fictif, octobre 2017 (Cf. tableau 47 et annexe n°20)

La DREAL en tant qu'aménageur a participé uniquement aux ateliers 1 et 2. Le bureau d'études qui l'accompagne pour les mesures compensatoires a participé partiellement à l'atelier 1.

Tableau 47 : Déroulement de l'atelier de test utilisateur

Atelier n°2	
Cas de test	Un projet d'aménagement fictif sur un site proche de l'autoroute
Terrain	Etat initial avant le projet
Application de MERClé	Evaluation des pertes écologiques Présentation d'hypothèses d'application du gain écologique et de calcul des surfaces compensatoires
Cible du test	La grille d'indicateurs d'état écologique du milieu de MERClé V1
Protocole	Durée : une journée Animation et observation : une personne (l'auteur) Renseignement sur le terrain des indicateurs par groupe de 3-4 personnes : observations des commentaires et comportements – Durée : 2h (Cf. figure 53) Partage et discussion des résultats de chacun des groupes : observations des commentaires – Durée : 2h



Figure 53 : Test utilisateur de MERClé sur le terrain – Atelier n°2 (octobre 2017)

Les résultats ont été obtenus à partir des observations que nous avons réalisées sur les utilisateurs en situation de manipulation de la méthode sur le terrain et en salle, et des commentaires qu'ils ont émis à l'issue de la manipulation lors de la session de discussion.

2.3.2. Les limites des tests utilisateurs

Ces tests présentent des limites principalement liées au calendrier de thèse.

Animation, formation et observations étaient imbriquées dans le déroulement de l'atelier. En effet, le protocole de test proposé dans le chapitre 4 n'a pas été respecté, car il n'était pas encore défini au moment de la réalisation des tests. L'animateur/observateur a été amené à intervenir en répondant aux questions, ne respectant pas ainsi la posture neutre requise par la situation d'observateur. Cela a pu, de fait, fausser les résultats.

En outre, les tests ont été menés sans distinguer les différents usages possibles de la méthode (mis en évidence dans le chapitre 4) car ce résultat n'avait pas encore été obtenu au moment où les ateliers ont eu lieu. La grande majorité des participants faisait partie des services de l'État (au sens de la typologie d'acteurs définis dans la thèse), côté services instructeurs ou côté expertise. Logiquement, les résultats des tests seraient à considérer pour l'usage correspondant à ces acteurs, à savoir l'usage n°3 associé à l'opération Vérifier. Or cet usage n'était pas identifié en tant que tel à l'époque des tests. Les opérations Vérifier et Définir-Calculer n'étaient pas clairement distinguées.

Rétrospectivement, nous nous rendons compte que les utilisateurs se plaçaient dans la situation de l'opération Définir-Calculer et que nos observations ont été réalisées dans cette optique également. Or le profil des utilisateurs n'est pas le même selon que l'on considère l'usage associé à Définir-Calculer ou à Vérifier. Le niveau de connaissances naturalistes en particulier est différent (expert pour Définir-Calculer et Intermédiaire à novice pour Vérifier). Les critères d'utilisabilité sont liés notamment au niveau de connaissances des utilisateurs comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 4.

Les limites que nous venons de décrire permettent de mieux apprécier ces résultats dont la qualité serait altérée si nous avions ignoré ces confusions. Ainsi, les renseignements qu'ils apportent sont intéressants dans la mesure où nous avons considéré que certaines observations, en particulier sur les difficultés d'interprétation des indicateurs étaient valables quel que soit le niveau de connaissance des utilisateurs.

Malgré ces limites, ces tests ont permis de relever un certain nombre de faiblesses ayant abouti à des propositions d'améliorations exposées à la fin de cette partie.

2.3.3. Résultats des tests utilisateurs




Les résultats donnent des évaluations plutôt négatives en termes de facilité d'apprentissage, de mémorisation et d'erreurs d'utilisation. Les difficultés d'apprentissage et les erreurs étaient observées principalement pour le volet « écologie » (compréhension et renseignement des indicateurs écologiques) de la méthode et peu pour le volet ERC (logique de pertes et de gains, coefficients de risque et de délai, etc.). Elles s'expliquent par des imprécisions sur la formulation des indicateurs, la variété d'interprétations possibles des explications associées aux indicateurs pour leur application. Mais il faut également mettre ces résultats en relation avec le profil des utilisateurs, en majorité des agents de services de l'État de niveau Référent ou Expérimenté mais avec un niveau de connaissances en écologie de type Intermédiaire. Les difficultés d'apprentissage et de mémorisation étaient moindre pour l'utilisateur avec un niveau d'expertise élevé en écologie des zones humides et cours d'eau.

Le tableau 48 présente les résultats de l'évaluation des critères d'opérationnalité.

Tableau 48 : Résultats des tests utilisateurs pour MERCIe

Critères d'opérationnalité	Résultat de l'évaluation	
Facilité d'apprentissage	Elle est insuffisante dans les situations testées.	Orange
Facilité de mémorisation	Elle est insuffisante dans les situations testées.	
Erreurs d'utilisation	Les possibilités d'erreurs doivent être mieux anticipées, certaines pourraient être évitées.	
Acceptation des résultats du dimensionnement	Le niveau d'acceptation des résultats varie selon le type d'utilisateur (bon pour les services de l'État, moins bon pour les aménageurs ou propriétaires fonciers impactés par les mesures compensatoires)	
Compréhension des résultats	Elle semble satisfaisante à ce stade d'évaluation.	Vert

Légende :

	Résultat satisfaisant		Résultat partiellement satisfaisant mais nécessitant des améliorations
	Résultat pas du tout satisfaisant		

L'annexe n°21 expose les résultats détaillés.

Compléments

En outre, dans le cadre du développement de MERCIe, réalisé avant la thèse, la méthode avait été présentée et testée avec un groupe de travail piloté par la DREAL de l'ex-Languedoc-Roussillon. Ce groupe était composé comme l'indique le tableau suivant :

Tableau 49 : Utilisateurs ayant participé aux ateliers MERCIe dans le cadre du développement de MERCIe avant la thèse

Organisme	Nombre de personnes
DREAL, service biodiversité	4
DDT, service biodiversité	3
Bureaux d'études	5
CSRPN	1

Trois ateliers ont eu lieu pendant l'année 2015. Leur déroulement était identique au déroulement des ateliers organisés avec la DREAL Grand-Est. Nous avons repris les comptes-rendus de ces ateliers pour en tirer quelques observations relatives aux critères d'opérationnalité.

Il en ressort que l'efficacité est jugée plutôt bonne par certains ou sujette à interrogations pour d'autres concernant les grandes infrastructures.







Certains participants ont déploré l'absence d'indicateurs relatifs aux espèces protégées et ont exprimé leur désaccord sur la manière d'évaluer pertes et gains écologiques. Cela exprime la

possibilité que la représentation de la séquence ERC véhiculée par la méthode peut ne pas convenir à tous les utilisateurs.

Les discussions sur les résultats obtenus avec MERCIe sur les cas étudiés dans l'atelier et l'exemple d'utilisation donnée par un membre des services instructeurs pour un de ses propres dossiers ont souligné la bonne compréhension de la méthode.

Le tableau 50 résume les résultats obtenus après analyse des comptes-rendus d'ateliers-tests avec les utilisateurs.

Tableau 50 : Compléments de résultats de tests utilisateurs réalisés en 2015

Critères d'opérationnalité	Résultat de l'évaluation	
Effizienz	Assez bonne	
Représentation séquence ERC	Elle peut ne pas convenir pour les utilisateurs ayant une forte « sensibilité espèces protégées »	
Compréhension des résultats	Elle semble satisfaisante à ce stade d'évaluation.	
<i>Légende :</i>		
	<i>Résultat satisfaisant</i>	
		<i>Résultat partiellement satisfaisant mais nécessitant des améliorations</i>
	<i>Résultat pas du tout satisfaisant</i>	

Améliorations proposées

Les résultats des tests utilisateurs suggèrent les possibilités d'amélioration suivantes :

Tableau 51 : Propositions d'améliorations de MERCIe à l'issue des tests utilisateurs

Améliorations proposées	Critères d'opérationnalité améliorés
Amélioration du guidage de la notation des indicateurs	Facilité d'apprentissage, Facilité de mémorisation,
Formulation et organisation des indicateurs	Erreurs,
Explications associés aux indicateurs	Satisfaction subjective
Clarification sur la représentation de la séquence ERC véhiculée par la méthode	Représentation de la séquence ERC
Précision sur le profil utilisateur ciblé par MERCIe et ajustement des usages associés en conséquence	Utilité

2.4. Conclusion et discussion

Les résultats des trois types de tests, malgré leurs limites, nous permettent de tirer plusieurs conclusions sur l'opérationnalité de MERCIe d'une part, et sur la réalisation des tests en eux-mêmes d'autre part.

2.4.1. Sur les résultats des tests

Usages de MERCIe

MERCIe était annoncée à l'issue de sa conception comme répondant aux trois usages tels qu'identifiés dans cette thèse, sans tenir compte des exigences différentes en termes d'opérationnalité, notamment induites par la variété des profils des différents utilisateurs. Les tests utilisateurs ont été menés sans distinguer ces trois usages. Cependant, ils révèlent des difficultés d'apprentissage liés à un manque de connaissance des utilisateurs ayant participé aux tests. En effet, si nous avons constaté que l'organisation et la formulation des indicateurs étaient à améliorer, leur amélioration n'empêchera pas les difficultés à les renseigner liées à un manque de connaissance en botanique et en faunistique par exemple, ou encore sur l'hydraulique des zones humides. Cela laisse à penser que la méthode est destinée à des utilisateurs avec un niveau d'expertise élevé, maîtrisant ces connaissances. Cela correspond davantage au profil des experts de bureau d'études qu'à ceux des services de l'État ou des responsables environnement des aménageurs.

En outre, les résultats produits par la méthode sont des calculs de pertes et de gains écologiques, ainsi que d'une surface compensatoire. Le cheminement du raisonnement ainsi que les données de sortie de MERCIe correspondent à l'opération Définir-Calculer et non pas à l'opération Vérifier.




Par conséquent, le cadre d'analyse de l'opérationnalité développé dans cette thèse ainsi que les résultats des tests permettent de conclure que **MERCIe est adaptée à l'usage n°1 Définir-Calculer** par les bureaux d'études lors du montage des dossiers et **non pas aux usages n°2 et 3** comme annoncé dans le rapport décrivant la méthode. Elle nécessite des transformations pour être adaptée à l'usage n°2 par les aménageurs experts et à l'usage n°3 par les services de l'État.

Utilisabilité et acceptabilité socio-organisationnelle

Le recoupement des résultats des trois types de tests aboutit à l'évaluation résumée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 52 : Résumé des résultats de trois types de tests sur chaque critère d'opérationnalité

Critères d'utilisabilité	Résultats de l'évaluation	
Facilité d'apprentissage	A améliorer	
L'efficience	Satisfaisante globalement, avec la prise en compte de modalités d'application adaptée aux projets de grande emprise surfacique.	
Facilité de mémorisation	A améliorer	
Erreurs d'utilisation	A améliorer	
Satisfaction subjective	Non évaluée	
Flexibilité	Relativement satisfaisante pour la variété des projets mais à améliorer pour la variété des types d'écosystèmes	

Disponibilité des données	des	Relativement satisfaisante	
Critères d'ASO			
Fondements scientifiques		A améliorer	
Reconnaissance institutionnelle		A améliorer	
Conformité réglementaire		Satisfaisante	
Acceptation des résultats	des	Non concluant	
Coût		A améliorer pour certains cas d'application	
Représentation d'ERC		Relativement satisfaisant, mais difficile à évaluer	
Compréhension des résultats	des	Satisfaisant	
<i>Légende :</i>			
	<i>Résultat satisfaisant</i>		<i>Résultat partiellement satisfaisant mais nécessitant des améliorations</i>
	<i>Résultat pas du tout satisfaisant</i>		<i>Non évalué</i>

Conclusion sur l'opérationnalité de MERClé

Ce travail d'analyse permet de conclure que MERClé ne peut pas être considérée comme opérationnelle dans sa version de 2016 (Mechin et Pioch, 2016).

Plus particulièrement :

- MERClé est utile aux bureaux d'études dans le cadre de la Définition et du Calcul des mesures compensatoires dans le dossiers d'autorisation, mais pas aux aménageurs pour l'anticipation des besoins compensatoires ni aux services instructeurs pour la Vérification des mesures de compensation dans les dossiers³¹.
- L'utilisabilité et l'acceptabilité socio-organisationnelle ne sont pas pleinement satisfaisantes et nécessitent des améliorations de MERClé.
- MERClé est conforme aux attentes pour les critères de conformité réglementaire, coût et compréhension des résultats.

2.4.2. Sur les protocoles de tests

Dans l'ensemble, les protocoles de tests ont pu être déployés de façon inégale par rapport aux préconisations du chapitre 4 en raison des contraintes propres au calendrier de la thèse (décalage entre obtention des résultats de recherche et réalisation des tests) et de cas de tests propres à la thèse (démarrage précoce des travaux). Cela montre la nécessité d'anticiper. En

³¹ Précision : lors d'un atelier bilan réalisé en fin de thèse avec les services instructeurs ayant participé aux tests utilisateurs, à la question de savoir si MERClé pouvait leur être utile en tant que telle dans l'exercice de leur mission, la réponse obtenue a été négative, confirmant ainsi les résultats de notre analyse.

effet, la conception d'un outil opérationnel implique dès le démarrage de faire des choix dans son déroulement, de prévoir une organisation prenant en compte les étapes propres à l'intégration de l'opérationnalité et de prévoir les moyens nécessaires, notamment la disponibilité des utilisateurs mobilisés sur les tests.

En particulier, l'organisation des tests utilisateurs doit être précédée de la réflexion sur les usages. Bien identifier les usages, donc les profils utilisateurs et les situations d'utilisation est nécessaire pour réaliser des tests utilisateurs pleinement exploitables.

En outre, l'expression des résultats des tests peut être déroutante si l'on s'attend à des estimations chiffrées du degré d'opérationnalité ou de respect d'un critère. Les résultats sont à considérer comme le moyen de suggérer des améliorations et cela a bien été le cas pour MERClé. Si aucune amélioration ne découle des tests mais que les utilisateurs expriment une pleine satisfaction, alors l'outil peut être conclu comme opérationnel. Néanmoins, ce cas de figure apparaît comme purement théorique.

De plus, la définition des protocoles de test est propre à chaque projet. Les tests proposés dans le chapitre 4 de cette thèse sont adaptés au cas de la conception des ME mais sont à repenser pour d'autres outils, en gardant toujours comme principes directeurs l'implication active des utilisateurs dans leur réalisation, et l'anticipation.

Enfin, chaque étape de test (théorique, terrain et utilisateurs), malgré les limites exposées au préalable, a permis de faire des propositions d'améliorations de MERClé, confirmant ainsi l'intérêt de notre approche et des protocoles de tests proposés.

Nous retiendrons que :

- Réaliser des tests d'opérationnalité selon les modalités proposées (théorique, terrain et utilisateurs) permet d'identifier des faiblesses opérationnelles et de proposer des améliorations.
- En raison de la nécessaire anticipation de la mise en œuvre des tests, il est préférable de s'inscrire dans un processus de conception orientée opérationnalité dès le lancement du développement.
- Les protocoles détaillés des tests sont à adapter à chaque projet de conception d'outil.

2.5. Propositions de modifications de MERClé pour une meilleure opérationnalité

A partir des résultats des tests présentés ci-dessus, nous continuons de nous placer dans le processus de conception orienté opérationnalité. Ces résultats de tests permettent de proposer des améliorations de MERClé qui devront être testées à leur tour, selon le cycle itératif prévu dans le processus de conception.

En outre, ils aboutissent à la proposition de nouveaux développements, pour l'usage services de l'État.

Les tests ont montré en premier lieu que MERCIe n'était pas opérationnelle pour les trois usages. Des propositions de modifications sont à faire pour chacun des usages si l'objectif est de proposer non pas une, mais des méthodes MERCIe pour chaque usage. Nous avons choisi de nous concentrer en priorité sur l'usage bureaux d'études car la version existante de MERCIe cible déjà cet usage d'après les résultats des tests qui viennent d'être présentés, et que le partenaire principal de la thèse, le bureau d'études ECO-MED était intéressé par cet usage.

Nous présenterons dans cette partie les transformations apportées à MERCIe pour l'usage n°1 bureaux d'études réalisées à partir des propositions d'améliorations identifiées dans la partie précédente.

Nous discuterons des transformations souhaitables pour proposer de nouvelles version adaptées aux usages n°2 (aménageurs) et n°3 (services de l'État).

2.5.1. Améliorations pour l'usage n°1 bureau d'études

Les modifications suivantes ont été apportées :

- **Reformulation des indicateurs** : les formulations générant ambiguïtés et incompréhension ont été reprises afin d'être le plus précis possible sur la signification de l'indicateur. Certains indicateurs ont été fusionnés.
- **Individualisation des grilles d'indicateurs** pour les zones de compensation et zones aménagées, et pour les états avant et après aménagement et avant et après compensation. Cette individualisation des grilles d'indicateurs permet de guider le cheminement de l'évaluation des indicateurs par l'utilisateur et de donner des explications supplémentaires adaptées à la situation de notation (avant et après impact par exemple).
- **Réorganisation des indicateurs** : dans chaque famille d'indicateurs³², les indicateurs ont été réorganisés, voire fusionnés afin de distinguer les indicateurs à renseigner dans tous les cas et les indicateurs à renseigner quand cela était possible. La réorganisation a permis également de regrouper les indicateurs par logique d'évaluation.
- **Ajout de phrases d'explications** sur l'objectif d'évaluation par groupes d'indicateurs réorganisés au sein d'une même famille.
- **Suppression de certains indicateurs** redondants et ajout d'autres indicateurs en accord avec les experts écologues d'ECO-MED.

L'ensemble de ces modifications ciblent l'amélioration de MERCIe pour les critères suivants :

- Facilité d'apprentissage,
- Facilité de mémorisation,
- Erreurs,
- Efficience.

³² Pour mémoire, les indicateurs sont regroupés en trois familles : Localisation et paysage, Hydrologie et enfin, Structures des communautés et Habitats.

Nous ne présenterons pas en détail la totalité des modifications apportées car cela serait trop fastidieux. Nous allons exposer quelques améliorations (Cf. figures 54, 55, 56) dans cette partie afin de concrétiser notre propos et nous invitons le lecteur à se reporter à l'annexe n°22 pour prendre connaissance de la totalité des changements subis par MERCIe.

Reformulation des indicateurs

Indicateur de la famille Localisation et paysage :


<p>Limitation des bénéfices fonctionnels de la zone évaluée au profit de la faune et de la flore des zones aval par des barrières ou par la distance</p>	<p>Cet indicateur évalue la connectivité hydrologique fonctionnelle, en se plaçant du point de vue des bénéfices apportés aux populations faunistiques ou floristiques des zones connectées. Cela dépend des espèces potentiellement présentes dans la zone évaluée.</p> <p>Y a-t-il des barrières physiques gênant la connectivité hydrologique ? Est-ce que la distance est trop grande pour qu'il y ait une influence de la zone évaluée sur la faune et la flore aval (anoxie des eaux, contaminations) ? Si la zone évaluée sert de nurserie, est-ce que les juvéniles peuvent se disperser dans les zones aval ?</p>
	
<p>Importance de la zone d'emprise du projet pour le cycle biologique de la faune et de la flore des habitats voisins et des zones humides connectées à la zone d'emprise du projet</p>	<p>Cet indicateur évalue à quel point la faune et la flore des zones voisines dépendent fonctionnellement de la zone évaluée. Les réponses aux 2 indicateurs précédents peuvent aider à renseigner cet indicateur. L'importance de la zone d'emprise du projet est d'autant plus grande que l'habitat représenté dans la zone d'emprise est rare dans les zones voisines tout en étant indispensable au cycle biologique des espèces qui y vivent.</p>

Figure 54 : Exemple de reformulation complète d'un indicateur Localisation et paysage


Indicateur de la famille Structures des communautés et habitats	
Régénération recrutement	et Cet indicateur est utile surtout dans le cadre de zones humides comportant une strate arborée. Il s'évalue à l'aide des signes de présence de jeunes arbres ou de jeunes pousses. Le recrutement n'est pas toujours uniformément réparti sur une zone humide. Une forte densité de jeunes pousses est typique d'une zone où la canopée est réduite par des interventions humaines, ou des feux, des chutes d'arbres, etc.
Distribution en âge et en taille des populations d'arbres	Dans les écosystèmes forestiers, il faut plusieurs cohortes de populations avec des jeunes arbres, des arbres plus vieux, des jeunes plants afin qu'en cas de pertes des plus vieux arbres, le renouvellement soit assuré rapidement par les arbres plus jeunes.
	
Dynamique d'évolution	Il s'agit d'évaluer si la dynamique d'évolution est orientée dans le sens souhaité ou non. Se trouve-t-on dans une dynamique évoluant d'un stade pionnier vers la lande arbustive puis le stade forestier ou bien se trouve-t-on dans une dynamique de régression vers une formation de plus en plus pauvre en espèces et en biomasse ? Par exemple, pour évaluer la dynamique d'évolution d'un milieu humide boisé, il faudra considérer : 1) la régénération et le recrutement : y a-t-il des jeunes pousses et des jeunes arbres ? 2) la distribution en âge et en taille des populations d'arbres : y a-t-il une rupture dans la distribution des classes d'âge ?

Figure 55 : Exemple de fusion et reformulation d'indicateurs de la famille Structures des communautés et habitats

Individualisation des grilles d'indicateurs


Usages des territoires adjacents à la zone évaluée	<p>Selon le type d'usage, les impacts qu'il génère comme l'imperméabilisation des sols, le drainage, la collecte et la concentration des ruissellements superficiels en un seul point de rejet, le bruit, les animaux domestiques, la production de polluants, etc. peuvent avoir des effets négatifs sur les habitats de la zone évaluée.</p> <p>Cet indicateur peut être évalué à l'aide de la cartographie type IGN Scan 25. On peut repérer alors aisément les zones urbanisées et leur densité sur le bassin versant, les activités commerciales, industrielles, ou agricoles, les infrastructures de transport et le trafic associé, etc.</p>
	
Avant aménagement :	
Usages et occupation du territoire dans le bassin versant de la zone d'emprise du projet	<p>Selon le type d'usages, les impacts qu'il génère comme l'imperméabilisation des sols, le drainage, la collecte et la concentration des ruissellements superficiels en un seul point de rejet, le bruit, les animaux domestiques, la production de polluants, etc. peuvent avoir des effets négatifs sur les habitats de la zone d'emprise du projet.</p> <p>Cet indicateur peut être évalué à l'aide de la cartographie type IGN Scan 25. On peut repérer alors aisément les zones urbanisées et leur densité sur le bassin versant, les activités commerciales, industrielles, ou agricoles, les infrastructures de transport et le trafic associé, etc.</p>
Après aménagement :	
Usages et occupation du territoire dans le bassin versant de la zone d'emprise du projet	<p>Selon le type d'usages, les impacts qu'il génère comme l'imperméabilisation des sols, le drainage, la collecte et la concentration des ruissellements superficiels en un seul point de rejet, le bruit, les animaux domestiques, la production de polluants, etc. peuvent avoir des effets négatifs sur les habitats de la zone d'emprise du projet.</p> <p>(...)</p> <p><u>Prendre en compte les nouveaux usages sur les zones adjacentes découlant de l'aménagement sur la zone d'emprise du projet .</u></p>

Figure 56 : Exemple de l'individualisation des indicateurs pour la zone aménagée, et l'état avant et après aménagement.

Certaines modifications sont envisagées mais n'ont pas été réalisées à ce stade.

- Des balises dans la présentation des résultats, et des étapes intermédiaires pourraient être ajoutées pour faciliter la vérification par les services instructeurs ainsi que la compréhension des résultats

- La rédaction d'un guide pratique utilisateur illustré d'exemples réels pour faciliter l'apprentissage, la mémorisation et améliorer l'efficacité.
- La publication de MERClE dans une revue scientifique à comité de lecture pour respecter le critère de Fondements scientifiques.
- La présentation de MERClE aux services de l'Etat (y compris au niveau national) pour améliorer la reconnaissance institutionnelle.

Déclinaison pour la compensation « espèces protégées »

MERClE est initialement conçue pour une application à des milieux humides. De nombreux indicateurs ne sont pas adaptés à l'évaluation de pertes et de gains écologiques ciblés sur les Espèces protégées, ou sont absents. En collaboration avec les experts naturalistes d'ECO-MED, de nouveaux indicateurs ont été proposés.

Conformément à nos résultats de recherche, il a été tenu compte de l'usage pour la conception de ces indicateurs. En effet, les utilisateurs sont les experts naturalistes de bureau d'étude. Leur niveau d'expertise permet de pouvoir adapter un indicateur générique au cas par cas en fonction des espèces ciblées par la compensation dans le dossier traité. Le choix d'indicateur générique permet de **privilégier la flexibilité** de la méthode pour qu'elle soit utilisable dans toutes les situations de compensation dite « espèces protégées ».

Les trois familles d'indicateurs de MERClE zone humide ont été déclinées en deux familles d'indicateurs permettant de qualifier l'état de fonctionnement d'une zone :

- Le bénéfice fonctionnel pour les espèces protégées identifiées
- L'état de conservation vis-à-vis de l'artificialisation

Le détail des indicateurs est disponible en annexe n°23.

Test des améliorations et suite du processus de conception

Nous plaçant dans le processus de conception orienté opérationnalité, ces différentes propositions d'améliorations doivent être testées avec les utilisateurs (repères n°5 et 6), voire conçues avec eux pour les usages n°2 et 3 (repère n°6). Les utilisateurs potentiels sont les experts de bureaux d'études, type chefs de projet.

En supposant que le travail se poursuive avec ECO-MED, la version zones humides et la version espèces protégées pourraient être **testées selon les étapes suivantes** :

1. Identification de testeurs volontaires (2 ou 3 personnes pour chaque version)
2. Formation des testeurs volontaires à l'utilisation de la méthode
3. Application de la méthode sur un cas d'études passé

La formation des testeurs et l'application au cas d'étude passé peuvent se dérouler sur la même journée, sous forme d'un atelier par exemple afin de permettre les échanges de points de vue entre participants.

Le concepteur en charge de l'opérationnalité se positionne en observateur.

4. Application de la méthode sur des cas d'études en cours. Le concepteur en charge de l'opérationnalité peut accompagner l'utilisateur lors du recueil des données de

terrain afin de l'observer en situation. Il peut également réaliser un entretien bilan après chaque étape d'utilisation de la méthode afin que le testeur relate et commente son utilisation.

5. Présentation de la méthode aux services de l'État
6. Bilan des tests et nouvelles propositions d'améliorations à soumettre aux testeurs pour approbation.
7. Publication de MERCIe Espèces Protégées dans une revue scientifique à comité de lecture.

A l'issue de cette dernière phase, la méthode pourrait être considérée comme une première version stabilisée, qui pourra être améliorée de nouveau à l'issue d'une période d'utilisation plus longue.

Bilan des améliorations proposées

Les modifications réalisées ou proposées sont supposées améliorer l'opérationnalité pour les critères suivants, identifiés dans le tableau 53 (à confirmer par les tests utilisateurs) :

Tableau 53 : Les critères d'opérationnalité supposés améliorés après modifications de MERCIe

Critères d'utilisabilité	Résultats évaluation	Effet supposé des modifications	Améliorations supposées
Facilité d'apprentissage		Critère amélioré	X
L'efficacité		Critère amélioré	X
Facilité de mémorisation		Critère amélioré	X
Erreurs d'utilisation		Critère amélioré	X
Satisfaction subjective		?	
Flexibilité		Critère amélioré	X
Disponibilité des données		Pas d'effet	
Critères d'ASO	Résultats évaluation	Effet supposé des modifications	
Fondements scientifiques		Critère amélioré	X
Reconnaissance institutionnelle		Critère amélioré	X
Conformité réglementaire		Pas d'effet	
Acceptation des résultats		Pas d'effet	
Coût		Pas d'effet	
Représentation d'ERC		Critère amélioré	X
Compréhension des résultats		Critère amélioré	X
<i>Légende :</i>			
	Résultat satisfaisant		Résultat partiellement satisfaisant mais nécessitant des améliorations
	Résultat pas du tout satisfaisant		Non évalué

2.5.2. Améliorations pour l'usage n°2 aménageurs

Les différences entre l'usage n°1 et l'usage n°2 proviennent :

- **Du niveau de connaissance des utilisateurs** : les utilisateurs associés à l'usage n°2 sont les responsables environnement des aménageurs. S'ils ont un bon niveau d'expertise sur la séquence ERC, leur niveau de connaissances naturalistes est intermédiaire et non pas de niveau expert comme dans les bureaux d'études.
- **Du stade du projet auquel la méthode est appliquée** : dans le cas de l'usage n°2, le stade du projet est précoce (Avant-Projet) et l'utilisateur ne dispose pas forcément de données précises sur l'emprise (localisation et surface) de l'aménagement, sur l'état écologique de la zone aménagée, ni sur les zones de compensation.

Connaissant ces caractéristiques propres à l'usage n°2, les adaptations à apporter à MERClé portent sur les indicateurs. Les indicateurs doivent être modifiés de façon à ce qu'ils puissent être appliqués par des utilisateurs de niveau intermédiaire en connaissances naturalistes, et avec moins de données disponibles. Ils peuvent être moins nombreux que dans la version actuelle de MERClé et moins précis dans leur évaluation.

L'architecture de la méthode, le cheminement du raisonnement, les données d'entrée et de sortie peuvent être conservées : elles correspondent à l'opération Définir-Calculer.

Tests et suite du processus de conception

Les modifications de MERClé sont à tester en suivant les protocoles de test terrain et test utilisateur. Les utilisateurs à associer aux tests sont des responsables environnement chez des aménageurs. L'idéal serait de leur faire utiliser cette nouvelle version de MERClé sur l'un de leur projet au stade Esquisse ou Avant-Projet.

2.5.3. Propositions pour l'usage n°3 services de l'État

Les différences entre l'usage n°1 et l'usage n°3 sont dues à :

- **La nature différente des opérations** associées aux usages et donc aux cheminements différents du raisonnement des utilisateurs. Pour l'usage n°3, il s'agit de vérifier une proposition à partir des données mentionnées dans le dossier.
- **La différence de niveau de connaissances** naturalistes des utilisateurs : les utilisateurs associés à l'usage n°3 sont des agents des services de l'État aux niveaux de connaissance hétérogènes dont des niveaux « intermédiaires » ou « non-initié ».

La méthode doit donc être adaptée en conséquence :

- Modifier l'organisation de la méthode pour être dans une logique de vérification
- Pouvoir l'utiliser avec un niveau de connaissances naturalistes peu élevé.

La vérification peut s'exercer de deux manières différentes :

1. Vérifier la prise en compte des critères requis par la réglementation dans les calculs et les argumentaires du dossier

2. Reporter les données du dossier dans un formulaire d'évaluation proche de MERCIe afin d'effectuer les calculs de dimensionnement indépendamment de la méthode utilisée et de comparer les résultats de la vérification avec la proposition du dossier.

L'avantage de la proposition 2 est que tous les dossiers pourraient être traités de la même façon, ce qui serait plus équitable. Mais cela suppose au préalable que les services de l'État, au niveau central, déterminent « la » formule de calcul de référence. Le contexte que nous avons décrit dans l'analyse des pratiques et les différences d'approches existantes entre les membres du GT national révélées par les discussions animées montrent à quel point cette option semble difficile à suivre.

Pour la proposition 1, la méthode prendra une forme nécessairement très différente de la méthode MERCIe initiale et l'on peut se poser la question de savoir s'il convient toujours de se référer dans ce cas à la dénomination « MERCIe ».

Tests et suite du processus de conception

Des tests terrain et utilisateurs sont à mettre en œuvre. Des utilisateurs de DREAL et de DDT réalisant l'instruction de dossier sont à mobiliser pour la réalisation des tests.

Mettre en œuvre une telle approche suppose une volonté affirmée de la part des services de l'Etat de se doter d'un tel outil pour que les agents puissent être mobilisés dans le conception. Ainsi concevoir une ME pour l'usage n°3 implique l'accord des hiérarchies respectives des DREAL et des DDT donc des instances centrales du ministère en charge de la mise en application de la séquence ERC.

3. Conclusion du chapitre 5

Dans ce chapitre, nous avons testé notre cadre d'analyse de l'opérationnalité ainsi que les repères méthodologiques pour une conception orientée vers l'opérationnalité proposés dans les chapitres précédents.

L'analyse des processus de conception des ME françaises montrent une volonté de proposer des outils opérationnels avec une **approche parfois rationalisée**. Cela se traduit par la formulation par les concepteurs d'objectifs et d'attentes plus ou moins explicites en termes d'opérationnalité, ainsi que par l'association d'utilisateurs essentiellement aux tests et parfois à l'équipe de conception. Néanmoins, nos résultats mettent en évidence **plusieurs faiblesses** :

- L'identification précise des usages et des orientations de conception que cela peut engendrer, n'est pas visible ;
- L'opérationnalité est essentiellement considérée par le prisme de l'utilisabilité, et certains critères d'utilisabilité seulement ;
- Les utilisateurs (hors bureaux d'études) ne sont associés au processus de conception qu'au travers des tests, et certains profils sont absents.
- Les ME sont finalement conçues pour des usages multiples, ce qui rentre en contradiction avec nos conclusions du chapitre 4.

Ces résultats suggèrent l'existence d'une marge d'amélioration des processus de conception et confirme selon nous, la plus-value de notre approche. Il serait intéressant de discuter ces résultats avec les équipes de conception elles-mêmes afin de recueillir leur avis et la prise de recul sur leurs propres pratiques ainsi que leur intérêt pour nos propositions.

Ces conclusions sont valables en particulier pour MERCIe conçue en préalable à cette thèse. Les faiblesses identifiées dans son processus de conception se traduisent par un manque d'opérationnalité mis en évidence par les trois types de tests auxquels elle a été soumise et liée à la confusion des usages en un seul. En effet, la méthode initialement présentée comme pouvant être utilisée par tous les acteurs de la séquence ERC, à tous les stades d'un projet et pour chaque opération du dimensionnement des mesures compensatoires, s'avère en réalité une méthode utile aux bureaux d'études pour la définition des mesures compensatoires dans les dossiers d'autorisation.

Continuer son développement en intégrant les résultats de notre recherche sur l'opérationnalité a permis de modifier profondément le périmètre d'utilisation de la méthode tel qu'il avait été envisagé au démarrage.

Les tests ont permis d'identifier de nombreuses possibilités d'améliorations, intégrées dans de nouvelles versions de MERCIe et qu'il conviendrait de tester de nouveau en respectant les modalités proposées pour statuer de façon concluante sur son opérationnalité.

Ainsi, notre approche basée sur un cadre d'analyse de l'opérationnalité et sur des repères méthodologiques pour une conception orientée dans ce sens, nous apparaît comme prometteuse. En effet, d'une part, les processus de conception tels que nous les avons observés pourraient être améliorés. D'autre part, elle nous a permis de repérer les faiblesses opérationnelles de MERCIe et de proposer des solutions pour y remédier.

Conclusion et perspectives

Principaux résultats

Notre travail de thèse s'inscrit dans le contexte de la nécessaire amélioration de la mise en œuvre de la séquence ERC pour un aménagement du territoire intégrant les enjeux de protection de la biodiversité. L'un des leviers d'action est l'utilisation généralisée de méthodes biophysiques pour évaluer l'équivalence écologique des mesures compensatoires (ME) ou de méthodes de dimensionnement, reconnues par tous les acteurs de la compensation écologique. La conception de telles méthodes fait face à des enjeux techniques et opérationnels importants. Alors que les enjeux techniques sont largement traités par la littérature scientifique ces dix dernières années, nous avons choisi de porter notre réflexion sur les aspects opérationnels. Ce choix s'appuie sur deux hypothèses de recherche : le manque d'opérationnalité constitue un frein à l'adoption d'un outil et il est possible d'agir sur leur conception pour aboutir à des ME répondant à des objectifs d'opérationnalité. La problématique sous-jacente porte sur les connaissances à mobiliser, aux côtés des connaissances scientifiques en biologie de la conservation et en géographie, pour intégrer les besoins opérationnels dans la conception des ME et améliorer leur appropriation par les acteurs de la séquence ERC.

Pour y répondre, dans le cadre d'une thèse en géographie, nous avons considéré les acteurs du dimensionnement des mesures compensatoires comme des acteurs en situation de travail, et les ME comme un outil de travail. Cela nous a amené à choisir un cadre conceptuel issu de l'ergonomie, discipline qui cherche à comprendre « *les interactions entre les humains et les autres composantes d'un système* », cadre approprié à notre contexte d'aménagement du territoire et à notre objectif scientifique. L'originalité de cette approche tient notamment au fait de considérer comme une situation de travail, l'intégration des enjeux de protection écologique (biologie de la conservation) dans l'aménagement du territoire par les acteurs de la séquence ERC. Ce positionnement nous semble intéressant alors que les normes environnementales se renforcent et que la protection de la biodiversité ne peut rester cantonnée à une action militante ou une conscience citoyenne. Cibler les acteurs territoriaux concernés à titre professionnel rend d'autant plus nécessaire la proposition d'outils opérationnels, adaptés à leur situation de travail, alors qu'aujourd'hui, nombre d'entre eux seraient prêts à se mobiliser selon Gauthier (2010) .

A partir de ce cadre conceptuel, nous avons pu caractériser l'opérationnalité des ME. Nous avons proposé une définition de l'opérationnalité pour les méthodes d'évaluation écologique, et plus généralement pour les outils basés sur des connaissances scientifiques. Ainsi une méthode est opérationnelle si elle est :

1. utile, c'est-à-dire qu'elle permet à l'utilisateur d'accomplir les opérations attendues,
2. utilisable c'est-à-dire qu'elle est facile d'utilisation et efficace, et
3. acceptable sur le plan socio-organisationnel, c'est-à-dire adaptée aux contraintes propres à la situation de travail de l'utilisateur.

En nous basant sur la bibliographie en ergonomie et sur les résultats issus de notre analyse des pratiques des acteurs de la séquence ERC, nous avons proposé 14 critères d'opérationnalité répartis en 7 critères d'utilisabilité et 7 critères d'acceptabilité socio-organisationnelle. Nous avons également identifié une typologie des utilisateurs potentiels de ME et différents usages possibles sur la base des besoins observés :

4. Usage n° 1 : Définir-calculer les mesures compensatoires par le bureau d'études dans la phase de montage de dossier

5. Usage n°2 : Anticiper les dettes compensatoires par l'aménageur expert en phase amont
6. Usage n°3 : Vérifier la définition et le calcul des mesures compensatoires par les services de l'État dans la phase d'instruction des dossiers.

La distinction de ces 3 usages nous a conduit à conclure à la nécessité de proposer des méthodes différentes afin qu'elles soient pleinement opérationnelles. Ces différences portent sur leur forme : l'enchaînement des étapes de raisonnement, les données d'entrées, le résultat de sortie, le niveau de détail des données d'entrée, mais pas sur leur logique scientifique.

Ces critères sont accompagnés de protocoles de tests ciblés sur l'opérationnalité, comprenant des tests théoriques et des tests de terrain réalisés par les concepteurs et des tests à réaliser par les utilisateurs. Ces tests sont à réaliser dans le cadre d'un processus itératif de conception, leurs résultats ayant pour vocation d'identifier les faiblesses opérationnelles et de proposer des modifications aux méthodes ainsi évaluées.

L'ensemble de cette démarche constitue ainsi des repères pour mettre en œuvre un processus de conception orienté vers l'opérationnalité (Cf. figure 57).

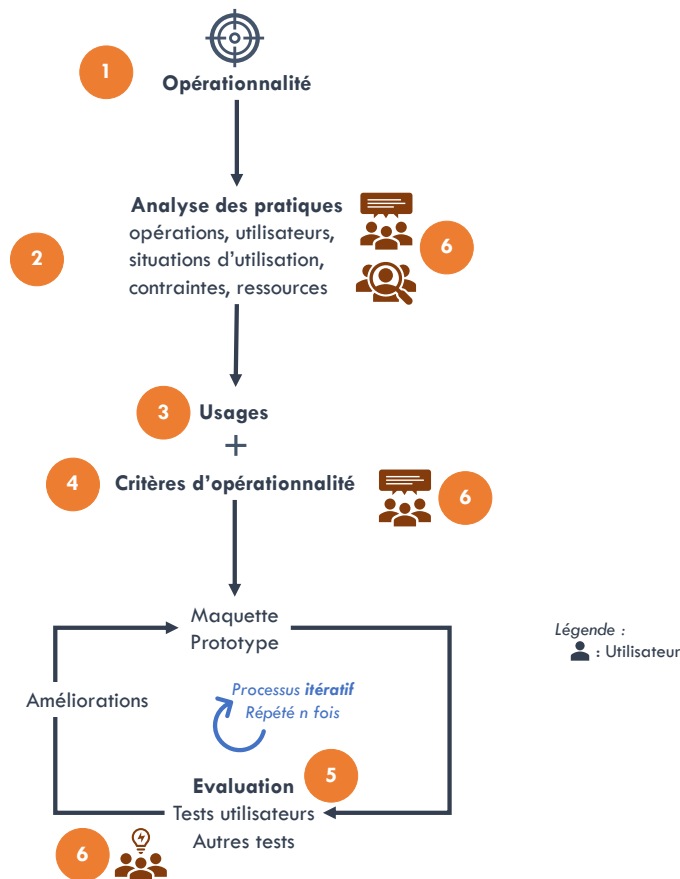


Figure 57 : Propositions de 6 repères méthodologiques pour une conception orientée opérationnalité (conception : A. Mechin)

Nous avons appliqué cette démarche en réalisant des tests d'opérationnalité sur la méthode MERClé développée antérieurement à la thèse (Mechin et Pioch, 2016). Un regard critique porté à l'aide du cadre d'analyse développé a permis de conclure que la méthode n'était pas opérationnelle pour le périmètre d'utilisation initialement prévu, c'est-à-dire, correspondant aux 3 usages identifiés grâce à l'analyse des pratiques. L'usage n°1 (Définir Calculer les

mesures compensatoires par le bureaux d'études dans les dossiers d'autorisation) semble être celui pour lequel la méthode est opérationnelle. En outre, notre approche a permis de clairement comprendre que pour les usages n°2 et 3, elle nécessiterait des adaptations (qui ont fait l'objet de propositions).

Les tests mis au point donnaient également des résultats peu ou moyennement satisfaisants pour plusieurs critères d'utilisabilité et d'acceptabilité socio-organisationnelle. Cela nous a permis de proposer des modifications de MERClé et d'en ébaucher quelques autres dans l'objectif d'une meilleure opérationnalité. Pour respecter les principes de la démarche de conception que nous préconisons, il serait nécessaire de soumettre cette nouvelle version de MERClé à des tests utilisateurs dans des bureaux d'études.

Enfin, nous avons analysé les processus de conception de sept méthodes développées en France par des équipes de recherche ou d'experts associés à des institutions ou des acteurs de la séquence ERC. Cette analyse avait pour but de constater comment l'opérationnalité était prise en compte dans la conception de ces méthodes et à quel point le processus de conception mis en œuvre se rapprochait de la démarche que nous avons proposée. Les résultats obtenus montrent clairement que les concepteurs démontraient une volonté affirmée d'intégrer l'opérationnalité comme un objectif de conception : formulation de l'objectif, définition parfois de quelques critères d'opérationnalité ou de qualités attendues en rapport avec l'opérationnalité, association d'utilisateurs à la réalisation des tests dans 3 cas sur 7. Néanmoins, la recherche d'opérationnalité souffre de l'absence de référence commune ainsi que d'une vision claire et complète de la part des concepteurs. L'opérationnalité est en réalité essentiellement considérée sous l'angle de l'utilisabilité, avec au mieux une vision partielle selon en général les trois critères suivants :

- Facilité d'apprentissage
- Efficience
- Disponibilité des données,

tandis que l'acceptabilité socio-organisationnelle est quasiment absente de leur représentation de l'opérationnalité.

Au travers de ces résultats, nous répondons à notre question de recherche qui était de savoir comment aborder la question des enjeux opérationnels dans la conception des ME et compléter les travaux scientifiques abondants sur leur dimension technique. Nos recherches confirment partiellement notre hypothèse n°4 selon laquelle il est possible d'agir sur la conception des méthodes, leur processus de fabrication, leur composition, leur fonctionnement pour qu'elles soient opérationnelles. Cette confirmation est jugée comme partielle parce que nous ne sommes pas allés jusqu'au bout de notre démarche avec la méthode MERClé. En effet, nous n'avons pas pu tester nos propositions de modifications avec les utilisateurs de bureaux d'études, ainsi que concevoir les modifications pour les usages n°2 et 3 avec aménageurs et services instructeurs. Sans ces tests, nous ne pouvons pas valider si le processus de conception mis en œuvre permet effectivement d'améliorer l'opérationnalité.

Dans l'hypothèse des résultats positifs de ces tests, nous serions alors en mesure d'affirmer qu'il est possible de proposer des outils opérationnels. Théoriquement, il y aurait moins d'obstacles à leur adoption par les acteurs concernés grâce à une démarche de conception orientée opérationnalité. Cela participerait à lever un des freins à une meilleure application de la séquence ERC en France. D'autres travaux ont permis de lever ou réduire ce type de

freins instrumentaux : les travaux de Bigard et al., (2020), de Jacob (2017) ou encore les travaux en cours au CEFE de Calvet, ou de Boileau pour n'en citer que quelques-uns. Une fois les difficultés de type « instrumentales » levées (ou plutôt réduites), resteraient encore, à notre avis, les freins sociétaux et politiques, liés aux questions de fond sur la volonté réelle d'intégrer pleinement la protection de la biodiversité à l'aménagement dans un objectif d'absence de perte nette.

Perspectives de recherche

Les critères d'utilisabilité et d'acceptabilité socio-organisationnelle proposés dans la thèse pourraient être approfondis. En particulier, le lien entre les critères de facilité d'apprentissage et de mémorisation d'une part, et les critères de représentation de la séquence ERC et de compréhension des résultats d'autre part, pourraient faire l'objet de recherches. En effet, dans la perspective du design centré utilisateur (Norman et Draper, 1986), nous pourrions nous intéresser aux modèles mentaux (Thevenot et Perret, 2009), que construisent les utilisateurs, de la compréhension du fonctionnement d'un système.

Il s'agirait alors de mieux saisir la représentation qu'ont les utilisateurs de l'objet évalué par les ME (les écosystèmes, les pertes et les gains écologiques) pour améliorer l'organisation, l'agencement (regroupement, ordre d'énonciation, etc.) des indicateurs, ainsi que les explications associées afin de les rendre plus intelligibles. En effet, la sélection et l'agencement des indicateurs pourraient ne plus dépendre uniquement de leur pertinence scientifique mais également des limites cognitives qui s'imposent au cerveau humain dans la construction d'un modèle mental (Halford et al., 1998). En outre, les différences de représentations mentales entre les concepteurs et les utilisateurs ou entre les profils d'utilisateurs pourraient être explorées en lien avec leur parcours professionnel (Buijs et Elands, 2013), leur formation initiale etc. afin de faciliter la circulation des savoirs scientifiques véhiculés par les ME.

En outre, il pourrait être intéressant de mettre en regard le degré d'opérationnalité des outils et le processus de conception de ces outils. Cela nécessiterait d'approfondir plusieurs aspects de nos travaux. En effet, les tests d'opérationnalité nécessitent alors l'expression de résultats sur une échelle graduée et des métriques précises. Le processus de conception pourrait être analysé sur la base des repères que nous avons proposés dans la thèse mais ce cadre d'analyse pourrait être renforcé par la mobilisation d'éléments issus des théories de la conception (Hatchuel et al., 2015) et des travaux de recherche qui ciblent spécifiquement ce thème. Cela nécessite également d'analyser un large échantillon d'outils, pour être en mesure d'en tirer des conclusions intéressantes. Une telle analyse pourrait être menée sur un spectre relativement large d'outils tels que ceux que nous avons évoqué dans l'introduction de la thèse : outils de planification, outil agronomiques, indicateurs écologiques etc.

Enfin, envisager la conception d'outils tels que les méthodes d'évaluation des mesures compensatoires comme un processus associant plus étroitement chercheurs et utilisateurs (non-chercheurs) pourrait inscrire notre approche dans une vision de la dynamique scientifique proche du modèle décrit par Callon (2006a) sous le nom de modèle de « *la traduction élargie* ». Dans ce modèle, la science sort du laboratoire, la mise en application des résultats de la recherche (comme le développement de ME) fait partie du processus scientifique lui-même. Il implique, selon notre interprétation, que le transfert des résultats de la recherche a tout autant d'importance que la production elle-même de ces résultats. Cela

justifierait d'autant plus l'intérêt à accorder à l'opérationnalité dans le processus de conception des outils basés sur des connaissances scientifiques. Ainsi la démarche proposée dans cette thèse s'inscrirait finalement dans le cadre plus général des transferts des résultats de la recherche vers les autres acteurs de la société.

Dans cette optique, il serait intéressant d'étudier dans quelle mesure notre approche pourrait être transposée aux enjeux de ces transferts. Il s'agirait par exemple d'analyser les résultats de travaux de recherche selon le prisme (ou une partie seulement) de notre définition de l'opérationnalité : utilité, utilisabilité et acceptabilité socio-organisationnelle. Cette perspective représente d'autant plus d'intérêt que les liens entre monde de la recherche ou de l'expertise et monde de la protection de la biodiversité se développent (Couix et Hubert, 2013; Granjou, 2013) et que les difficultés rencontrées à l'interface entre recherche et action sont multiples : choix des questions de recherche, calendrier, besoins des gestionnaires, différences culturelles, etc. (Cook et al., 2013; Holmes et Clark, 2008; Thompson, 2008). L'objectif de cette approche, qui reste à construire, serait alors de conjuguer connaissances scientifiques et enjeux opérationnels.

Perspectives d'application

Enfin, la définition de l'opérationnalité et les repères de conception proposés ont vocation à être appliqués dans d'autres cas que celui des méthodes d'évaluation des mesures compensatoires. Il s'agirait alors d'apporter une expertise de l'opérationnalité pour des projets associant chercheurs (ou experts) et des acteurs non chercheurs. Etant donné le contexte de recherche de ces travaux, l'analyse des pratiques a été réalisée à partir d'un grand nombre d'entretiens. Mais elle pourrait être réalisée dans un temps plus restreint, avec moins d'entretiens pour satisfaire aux contraintes d'une application plus efficiente.

Cette application a été ébauchée au travers de deux interventions, certes limitées car ne s'inscrivant pas complètement dans le périmètre de la thèse, auprès de projets de recherche-action portés par le CEFE :

- Projet « ERC Lynx » d'outil d'aide à la décision pour l'évitement des collisions routières avec les Lynx (Projet Eviter, réduire et compenser le risque de mortalité du Lynx par collision avec les véhicules de transport³³, porté par le programme Infrastructures de transports terrestres, écosystèmes et paysages, le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive et le Cerema)
- Projet d'outil d'inventaire de l'entomofaune liée aux déjections d'herbivores domestiques (en particulier les bousiers) dans les parcs nationaux (projet financé par l'OFB et porté par le CEFE et les Parcs Nationaux)

(Ces projets et la transposition de notre démarche sont développés en annexes n° 24 et 25.)

Ces deux projets ont en commun avec les ME qu'un ou des chercheurs conçoivent seuls ou pilotent des projets de conception d'outils destinés à être utilisés par des acteurs de terrain. Dans le cas d' « ERC Lynx », il s'agit d'un outil d'aide à la décision pour éviter les collisions routières avec les Lynx. Les utilisateurs pressentis sont les gestionnaires d'infrastructures

³³ <http://www.ittecop.fr/recherches-2017/projets-de-recherche/erc-lynx.html>

routières ou d'espaces naturels dont les actions d'aménagement peuvent agir favorablement ou défavorablement sur la viabilité de la population de Lynx.

Pour le second projet, il s'agit de proposer aux agents de plusieurs Parcs Nationaux un guide accompagnant un protocole de collecte d'insectes (les bousiers) et d'ADN environnemental, dans un contexte de déclin des populations de cette biodiversité cryptique.

Ces deux collaborations avec des concepteurs qui ont bien compris l'intérêt de l'opérationnalité, ont montré la pertinence de notre approche et des concepts développés. Cela suggère de proposer d'accompagner des projets de recherche appliquée ou bien d'expertise. Il s'agirait alors de prendre en charge les enjeux opérationnels du projet, en particulier en matière de conception d'outils, sans intervenir dans les questions scientifiques ou techniques en elles-mêmes, au sein d'une équipe de conception pluridisciplinaire. C'est la piste qui s'ébauche et qui est à développer dans le cadre de la poursuite de la collaboration avec ECO-MED.

Bibliographie

A

- Adveev, A., T. Eremenko, P. Festy, J. Gaymu, N. Le Bouteillec, and N. Springer. 2011. Populations et tendances démographiques des pays européens (1980-2010).
- Akrich, M. 2013. La description des objets techniques. *In* M. Akrich, M. Callon, and B. Latour [eds.], *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs*, Sciences sociales, 159–178. Presses des Mines, Paris.
- Akrich, M. 2006. Les objets techniques et leurs utilisateurs. De la conception à l'action. *In* M. Akrich, M. Callon, and B. Latour [eds.], *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs*, Sciences sociales, 179–199. Presses des Mines, Paris.
- Aubertin, C., V. Boisvert, and F.-D. Vivien. 1998. La construction sociale de la question de la biodiversité. *Natures Sciences Sociétés* 6: 7–19.

B

- Barbault, R. 2005. Biodiversité, écologie et sociétés. *Ecologie & politique* N°30: 27–40.
- Barbier, R. 1996. *La Recherche Action*. Anthropos. Paris.
- Barcenilla, J., and J. M. C. Bastien. 2009. L'acceptabilité des nouvelles technologies : quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ? *Le travail humain* 72: 311–331.
- Barnaud, G., and B. Coïc. 2011. Mesures compensatoires et correctives liées à la destruction de zones humides. ONEMA, Paris.
- Bas, A., C. Jacob, J. Hay, S. Pioch, and S. Thorin. 2016. Improving marine biodiversity offsetting : a proposed methodology for better assessing losses and gains. *Journal of Environmental Management*: 46–59.
- Bastien, C., and D. Scapin. 2004. 27. La conception de logiciels interactifs centrée sur l'utilisateur : étapes et méthodes. *In* P. Falzon [ed.], *Ergonomie*, 451–462. Presses Universitaires de France, Paris.
- Béchet, B., Y. Le Bissonnais, A. Ruas (coord.), A. Aguilera, H. Andrieu, E. Barbe, P. Billet, et al. 2017. Sols artificialisés et processus d'artificialisation des sols : déterminants, impacts et leviers d'action. Synthèse du rapport d'expertise scientifique collective. Ifsttar-Inra, France.
- Béguin, P. 2004. 22. L'ergonome, acteur de la conception. *In* P. Falzon [ed.], *Ergonomie*, Hors collection, 375–390. Presses Universitaires de France, Paris.

- BenDor, T. 2009. A dynamic analysis of the wetland mitigation process and its effects on net loss policy. *Landscape and Urban Planning*: 17–27.
- Berthelot, C., S. Demilly, G. Gaillard, S. Grouard, P. Lang, and M. Saddier. 2011. Rapport d'information relatif aux enjeux et aux outils d'une politique intégrée de conservation et de reconquête de la biodiversité. Assemblée Nationale, Paris.
- Bertrand, F., and M. Fournier. 2009. Chapitre 5 - Les politiques européennes d'environnement et l'aménagement des territoires. L'Europe - Aménager les territoires, Collection U - Géographie, 103–120. Armand Colin, Paris.
- Bezombes, L., S. Gaucherand, C. Kerbirou, M.-E. Reinert, and T. Spiegelberger. 2017. Ecological equivalence assessment methods: what possible trade-offs between operationality, scientific basis, and comprehensiveness? *Environmental Management* 60: 216–230.
- Bezombes, L., S. Gaucherand, T. Spiegelberger, V. Gouraud, and C. Kerbirou. 2018. A set of organized indicators to conciliate scientific knowledge, offset policies requirements and operational constraints in the context of biodiversity offsets. *Ecological Indicators* 93: 1244–1252.
- Bezombes, Lucie. 2017. Développement d'un Cadre Méthodologique pour l'Évaluation de l'Équivalence Ecologique : Application dans le Contexte de la Séquence « Éviter, Réduire, Compenser » en France. Thèse de doctorat. Communauté Université Grenoble Alpes, Grenoble.
- Bidaud, C., M. Hrabanski, and P. Meral. 2015. Voluntary biodiversity offset strategies in Madagascar. *Ecosystem Services* 15: 181–189.
- Bigard, C., S. Pioch, and J. D. Thompson. 2017. The inclusion of biodiversity in environmental impact assessment: Policy-related progress limited by gaps and semantic confusion. *Journal of Environmental Management* 200: 35–45.
- Bigard, C., P. Thiriet, S. Pioch, and J. D. Thompson. 2020. Strategic landscape-scale planning to improve mitigation hierarchy implementation: An empirical case study in Mediterranean France. *Land Use Policy* 90: 104286.
- Billy, V. de. 2019. Points de vigilance relatifs à l'éligibilité des mesures envisagées au titre de la compensation des atteintes à la biodiversité. Communication orale. Formation de l'AFB « Compensation des atteintes à la biodiversité : dimensionnement, critères d'éligibilité et modalités de mise en œuvre – étude de cas concrets » du 25 au 29 novembre 2019. ».
- Billy, V. de, J. Tournebize, G. Barnaud, M. Benoît, F. Birgand, J. Garnier, B. Lesaffre, et al. 2015. Compenser la destruction de zones humides. Retours d'expérience sur les méthodes et réflexions inspirées par le projet d'aéroport de Notre-Dame-des-Landes (France). *Natures Sciences Sociétés* 23: 27–41.
- Blanchet, A., and A. Gotman. 2015. L'entretien. Armand Colin. Paris.

- Bouleau, G., C. Argillier, Y. Souchon, C. Barthélémy, and M. Babut. 2009. How ecological indicators construction reveals social changes - the case of lakes and rivers in France. *Ecological Indicators* 9: 1198–1205.
- Bouleau, G., and P. Deuffic. 2016. Qu’y a-t-il de politique dans les indicateurs écologiques? *Vertigo - la revue électronique en sciences de l’environnement* 16.
- Bradford, M. J. 2017. Accounting for uncertainty and time lags in equivalency calculations for offsetting in aquatic resources management. *Environmental Management* 60: 588–597.
- Brangier, E., and J. Barcenilla. 2003. Concevoir un produit facile à utiliser : Adapter les technologies à l’homme. Editions d’Organisation.
- te Brömmelstroet, M. 2017. PSS are more user-friendly, but are they also increasingly useful? *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 104: 96–107.
- Brundtland, H. H. 1987. Our common future, report of the world commission on environment and development. Nations-Unies.
- Buijs, A. E., and B. H. M. Elands. 2013. Does expertise matter? An in-depth understanding of people’s structure of thoughts on nature and its management implications. *Biological Conservation* 168: 184–191.
- Bull, J. W., A. Gordon, E. A. Law, K. B. Suttle, and E. J. Milner-Gulland. 2014. Importance of Baseline Specification in Evaluating Conservation Interventions and Achieving No Net Loss of Biodiversity. *Conservation Biology* 28: 799–809.
- Bull, J. W., A. Gordon, J. E. M. Watson, and M. Maron. 2016. Seeking convergence on the key concepts in ‘no net loss’ policy. *Journal of Applied Ecology* 53: 1686–1693.
- Bull, J. W., S. Lloyd, and N. Strange. 2016. Implementation Gap between the Theory and Practice of Biodiversity Offset Multipliers. *Conservation letters*.
- Bull, J. W., E. J. Milner-Gulland, K. B. Suttle, and N. J. Singh. 2014. Comparing biodiversity offset calculation methods with a case study in Uzbekistan. *Biological Conservation* 178: 2–10.
- Bull, J. W., K. B. Suttle, A. Gordon, N. J. Singh, and E. J. Milner-Gulland. 2013. Biodiversity offsets in theory and practice. *Oryx* 47: 369–380.
- Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP). 2013. To No Net Loss and Beyond: An Overview of the Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP),. Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP), Washington, D.C.

C

- Callon, M. 2006a. Quatre modèles pour décrire la dynamique de la science. *In* M. Akrich, M. Callon, and B. Latour [eds.], *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs*, Sciences sociales, 201–251. Paris.
- Callon, M. 2006b. Sociologie de l'acteur-réseau. *In* M. Akrich, M. Callon, and B. Latour [eds.], *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs*, Sciences sociales, 267–276. Paris.
- Calvet, C. 2015. Analyse de l'utilisation de la compensation écologique dans les politiques comme outil de conciliation des intérêts économiques et des objectifs de conservation de la biodiversité. Thèse de doctorat. Université d'Avignon, Avignon.
- Calvet, C., O. Guillaume, and N. Claude. 2015. Tracking the origins and development of biodiversity offsetting in academic research and its implications for conservation: A review. *Biological Conservation* 192: 492–503.
- Calvet, C., C. Napoléone, and J.-M. Salles. 2015. The Biodiversity Offsetting Dilemma: Between Economic Rationales and Ecological Dynamics. *Sustainability* 7: 7357–7378.
- Carreras Gamarra, M. J., J. P. Lassoie, and J. Milder. 2018. Accounting for no net loss: A critical assessment of biodiversity offsetting metrics and methods. *Journal of Environmental Management* 220: 36–43.
- Carver, L., and S. Sullivan. 2017. How economic contexts shape calculations of “yield” in biodiversity offsetting. *Conservation Biology*: n/a-n/a.
- CDC Biodiversité. 2014. La compensation écologique en France : quelles orientations pour la recherche ? *LES CAHIERS DE BIODIV'2050*: 24.
- Cerf, M., M.-H. Jeuffroy, L. Prost, and J.-M. Meynard. 2012. Participatory design of agricultural decision support tools: taking account of the use situations. *Agronomy for Sustainable Development* 32: 899–910.
- Cerf, M., and J.-M. Meynard. 2006. Les outils de pilotage des cultures : diversité de leurs usages et enseignements pour leur conception, Monitoring tools for crop management : deriving design guidelines from their diversity of uses. *Natures Sciences Sociétés* 14: 19–29.
- Cerf, M., and M. Taverne. 2009. Chapitre 6 - Interactions entre concepteurs et utilisateurs autour d'outils pour raisonner la lutte contre le sclérotinia. *In* É. de Turckheim, B. Hubert, and A. Messéan [eds.], *Concevoir et construire la décision Démarches en agriculture, agroalimentaire et espace rural*, UpdateSciences & Technologies, 101–121. Editions Quæ, Versailles.
- CGDD. 2018. Guide d'aide à la définition des mesures ERC. Ministère de la transition écologique et solidaire, Paris la Défense.
- CGDD. 2017a. La phase d'évitement de la séquence ERC. Ministère de la transition écologique et solidaire, Paris la Défense.

- CGDD. 2017b. Méthode d'évaluation biophysique des dommages écologiques. Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer, Paris la Défense.
- CGDD. 2017c. Premiers éléments méthodologiques sur les effets cumulés en mer. Ministère de la transition écologique et solidaire, Paris la Défense.
- CGDD. 2013. Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire, et compenser les impacts sur les milieux naturels. Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, Paris.
- CGDD, AFB, and Cerema. 2018. Compensation écologique des cours d'eau. Exemples de méthodes de dimensionnement. Ministère de la transition écologique et solidaire, Paris la Défense.
- Charrier, M. 2016. Ergonomie et design dans une démarche de conception de produits centrée sur les besoins des personnes. phdthesis. Université de Technologie de Belfort-Montbéliard.
- Chartier, D. 2005. Présentation. *Ecologie politique* N°30: 11–15.
- Chiapello, E., and P. Gilbert. 2013. Sociologie des outils de gestion. Introduction à l'analyse sociale de l'instrumentation de gestion. La Découverte. Paris.
- Cochrane, J. F., E. Lonsdorf, T. D. Allison, and C. A. Sanders-Reed. 2015. Modeling with uncertain science: estimating mitigation credits from abating lead poisoning in Golden Eagles. *Ecological Applications* 25: 1518–1533.
- Combessie, J.-C. 2007. La méthode en sociologie. La découverte. Paris.
- Cook, C. N., M. B. Mascia, M. W. Schwartz, H. P. Possingham, and R. A. Fuller. 2013. Achieving Conservation Science that Bridges the Knowledge–Action Boundary. *Conservation Biology* 27: 669–678.
- Coreau, A., C. Nowak, and L. Mermet. 2013. L'expertise pour les politiques nationales de biodiversité en France : quelles stratégies face aux mutations en cours ? *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*.
- Coux, N., and B. Hubert. 2013. La contextualisation des recherches en environnement : une approche multiscalaire et multi-acteurs en Cévennes. *Natures Sciences Sociétés* 20: 425–436.

D

- Dalang, T., and A. M. Hersperger. 2010. How much compensation do we need? Replacement ratio estimates for Swiss dry grassland biotopes. *Biological Conservation* 143: 1876–1884.

- Daniellou, F., and P. Béguin. 2004. 20. Méthodologie de l'action ergonomique : approches du travail réel. In P. Falzon [ed.], *Ergonomie*, 333–358. Presses Universitaires de France, Paris.
- Dantec, R. 2017. Rapport sur la réalité des mesures de compensation des atteintes à la biodiversité engagées sur des grands projets d'infrastructures, intégrant les mesures d'anticipation, les études préalables, les conditions de réalisation et leur suivi. Tome 1. Sénat, Paris.
- Darses, F. 2016. Activity analysis: not what it was! *Le travail humain* 79: 193–208.
- Darses, F., J.-M. Hoc, and C. Chauvin. 2004. Chapitre 10. Cadres théoriques et méthodes de production de connaissances en psychologie ergonomique. In J.-M. Hoc, and F. Darses [eds.], *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*, 221–251. Presses Universitaires de France, Paris.
- Darses, F., and M. de Montmollin. 2012a. I. Le travail et l'ergonomie. *L'ergonomie*, Repères, 7–18. Paris.
- Darses, F., and M. de Montmollin. 2012b. II. Histoire et géographie. *L'ergonomie*, Repères, 19–42. Paris.
- Darses, F., and M. de Montmollin. 2012c. III. L'ergonome au travail. *L'ergonomie*, Repères, 43–68. Paris.
- David, A. 1999. Logique, épistémologie et méthodologie en sciences de gestion.
- van Delden, H., R. Seppelt, R. White, and A. J. Jakeman. 2011. A methodology for the design and development of integrated models for policy support. *Environmental Modelling & Software* 26: 266–279.
- Desvousges, W. H., N. Gard, H. J. Michael, and A. D. Chance. 2018. Habitat and Resource Equivalency Analysis: A Critical Assessment. *Ecological Economics* 143: 74–89.
- Devictor, V. 2018. La compensation écologique : fondements épistémiques et reconfigurations technoscientifiques, Biodiversity offsetting: epistemic background and technoscientific reframing. *Natures Sciences Sociétés* 26: 136–149.
- Diaz, S., J. Settele, E. Brondizio, H. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Ameth, et al. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn (Allemagne).
- DIREN PACA. 2009. Les mesures compensatoires pour la biodiversité. Principes et projet de mise en oeuvre en Région PACA. DIREN PACA.
- Dorst, J. 1970. Avant que nature meure : pour une écologie politique. 3ème. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.

DREAL Bretagne. 2012. Guide régional. Mise en oeuvre de la réglementation relative aux zones humides. DREAL Bretagne, Rennes.

Dubois, M., and M.-É. Bobillier-Chaumon. 2009. L'acceptabilité des technologies : bilans et nouvelles perspectives. *Le travail humain* 72: 305–310.

Dupont, V., and M. Lucas. 2017. La loi pour la reconquête de la biodiversité : vers un renforcement du régime juridique de la compensation écologique ? *Cahiers Droit, Sciences & Technologies*: 143–165.

F

Falzon, P. 2004. 1. Nature, objectifs et connaissances de l'ergonomie. In P. Falzon [ed.], *Ergonomie*, Hors collection, 15–35. Presses Universitaires de France, Paris.

Fosse, J. 2019. Objectif « Zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols ? *France Stratégie*.

Fressoz, J.-B., F. Graber, F. Locher, and G. Quenet. 2014. Introduction à l'histoire environnementale. La Découverte. Paris.

G

Gardner, T. A., A. Von Hase, S. Brownlie, J. M. M. Ekstrom, J. D. Pilgrim, C. E. Savy, R. T. T. Stephens, et al. 2013. Biodiversity Offsets and the Challenge of Achieving No Net Loss. *Conservation Biology* 27: 1254–1264.

Gaubert, H., S. Hubert, and F. Quétier. 2017. Méthode d'évaluation biophysique des dommages écologiques. Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer. Commissariat Général au Développement Durable, Paris.

Gaucherand, S., E. Schwoertzig, J.-C. Clément, B. Johnson, and F. Quétier. 2015. The cultural dimensions of freshwater wetland assessments : lessons learned from the application of US rapid assessment methods in France. *Environmental Management* 56: 245–259.

Gauthier, O. 2010. Faire société avec la biodiversité, regard sur la biodiversité comme objet de politique publique. *Sciences Eaux Territoires* Numéro 3: 64–66.

Gautier, E., and P. Pech. 2016. Chapitre 13 / La reconstruction d'une « géographie naturaliste ». In D. Chartier, and E. Rodary [eds.], *Manifeste pour une géographie environnementale*, Académique, 325–344. Presses de Sciences Po, Paris.

Gayet, G., F. Baptist, L. Baraille, P. Caessteker, J.-C. Clément, J. Gaillard, S. Gaucherand, et al. 2016a. Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. Onema.

Gayet, G., F. Baptist, L. Baraille, P. Caessteker, J.-C. Clément, J. Gaillard, S. Gaucherand, et al. 2016b. Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides : fondements théoriques, scientifiques et techniques. Onema, MNHN.

- Geertman, S. 2006. Potentials for Planning Support: A Planning-Conceptual Approach. *Environment and Planning B: Planning and Design* 33: 863–880.
- Geisen, E., and J. R. Bergstrom. 2017. Usability Testing for Survey Research. Morgan Kaufmann, Cambridge (US).
- Goguelin, P. L. G. 2005. Le concept de négociation. *Negotiations* no 3: 149–170.
- Gonçalves, B., A. Marques, A. M. V. D. M. Soares, and H. M. Pereira. 2015. Biodiversity offsets: from current challenges to harmonized metrics. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14: 61–67.
- Gould, J. D. 1988. How to design usable systems. handbook of Human-Computer Interaction, 757–789. Amsterdam.
- Granjou, C., I. Mauz, S. Louvel, and V. Tournay. 2013. Assessing nature ? The genesis of the intergovernmental platform on biodiversity and ecosystem services (IPBES). *Science, Technology & Society* 18: 9–27.
- Granjou, E. 2013. Micropolitiques de la biodiversité. Experts et professionnels de la nature. P.I.E. Peter Lang. Bruxelles.
- Gulliksen, J., B. Göransson, I. Boivie, S. Blomkvist, J. Persson, and Å. Cajander. 2003. Key Principles for User-Centred Systems Design. *Behaviour & IT* 22: 397–409.

H

- Habib, T. J., D. R. Farr, R. R. Schneider, and S. Boutin. 2013. Economic and Ecological Outcomes of Flexible Biodiversity Offset Systems. *Conservation Biology* 27: 1313–1323.
- Hak, T., J. Kovanda, and J. Weinzettel. 2012. A method to assess the relevance of sustainability indicators: Application to the indicator set of the Czech Republic's Sustainable Development Strategy. *Ecological Indicators* 17: 46–57.
- Halford, G. S., W. H. Wilson, and S. Phillips. 1998. Processing capacity defined by relational complexity: Implications for comparative, developmental, and cognitive psychology. *Behavioral and Brain Sciences* 21: 803–831.
- Hassan, F., H. Levrel, P. Scemama, and A.-C. Vaissière. 2015. Le cadre de gouvernance américain des mesures compensatoires pour les zones humides. In H. Levrel, N. Frascaria-Lacoste, J. Hay, G. Martin, and S. Pioch [eds.], *Restaurer la nature pour atténuer les impacts du développement*, Synthèses, 45–57. Paris.
- Hatchuel, A., P. Le Masson, B. Weil, M. Agogué, A. Kazakci, and S. Hooge. 2015. Multiple forms of applications and impacts of a design theory - ten years of industrial applications of C-K theory. Impact of design research on industrial practice - tools, technology and, training, 189–209. A. Chakrabarti et U. Lindemann, Munich.

Heink, U., E. Marquard, K. Heubach, K. Jax, C. Kugel, C. Neßhöver, R. K. Neumann, et al. 2015. Conceptualizing credibility, relevance and legitimacy for evaluating the effectiveness of science–policy interfaces: Challenges and opportunities. *Science and Public Policy* 42: 676–689.

Hoc, J.-M., and F. Darses. 2004. *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*. Presses Universitaires de France. Paris.

Holmes, J., and R. Clark. 2008. Enhancing the use of science in environmental policy-making and regulation. *Environmental Science & Policy* 11: 702–711.

Hugon, M.-A., and C. Seibel. 1988. Recherches impliquées, recherches action: le cas de l'éducation: synthèse des contributions et des débats du Colloque organisé par l'Institut National de Recherche Pédagogique (INRP): Paris, les 22-23 et 24 octobre 1986. 185. De Boeck Université, Belgique.

J

Jacob, C. 2017. Approche géographique de la compensation écologique en milieu marin : analyse de l'émergence d'un système de gouvernance environnementale. phdthesis. Université Paul Valéry - Montpellier III.

Jacob, C., and S. Pioch. 2014. Protocoles expérimentaux d'aide aux services instructeurs dans l'analyse de dossiers compensatoires. CEFÉ-CNRS ; Onema, Montpellier.

Jacob, C., S. Pioch, and S. Thorin. 2016. The effectiveness of mitigation hierarchy in environmental impact studies on marine ecosystems : a case study in France. *Environmental impact assessment review*: 83–98.

Jacob, C., F. Quétier, J. Aronson, S. Pioch, and H. Levrel. 2015. Vers une politique française de compensation des impacts sur la biodiversité plus efficace : défis et perspectives. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*.

K

Karnas, G. 2011. La psychologie ergonomique et l'ergonomie cognitive. *Psychologie du travail, Que sais-je ?*, 91–118. Presses Universitaires de France.

Keyser, V. D., and A.-S. Nyssen. 2006. L'analyse du travail : centrale ou simplement utile ? *In* G. Valléry, and R. Amalberti [eds.], *L'analyse du travail en perspectives : influences et évolutions*, 7–15. Toulouse.

Koh, N. S., T. Hahn, and C. Ituarte-Lima. 2017. Safeguards for enhancing ecological compensation in Sweden. *Land Use Policy* 64: 186–199.

L

Lackey, R. T. 2001. Values, Policy, and Ecosystem Health : Options for resolving the many ecological policy issues we face depend on the concept of ecosystem health, but

- ecosystem health is based on controversial, value-based assumptions that masquerade as science. *Bioscience* 51: 437–443.
- Laitila, J., A. Moilanen, and F. M. Pouzols. 2014. A method for calculating minimum biodiversity offset multipliers accounting for time discounting, additionality and permanence. *Methods in Ecology and Evolution* 5: 1247–1254.
- Lancry, A. 2016a. *L'ergonomie*. Presses Universitaires de France, Paris.
- Lancry, A. 2016b. *L'ergonomie*. Presses Universitaires de France, Paris.
- Lascombes, P. 2018. *Action publique et environnement*. Presses Universitaires de France, Paris.
- Latour, B. 1986. Eléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'année sociologique*: 169–208.
- Laville, A. 2004. 2. Repères pour une histoire de l'ergonomie francophone. In P. Falzon [ed.], *Ergonomie*, Hors collection, 37–50. Presses Universitaires de France, Paris.
- Laycock, H. F., D. Moran, D. G. Raffaelli, and P. C. L. White. 2013. Biological and operational determinants of the effectiveness and efficiency of biodiversity conservation programs. *Wildlife Research* 40: 142–152.
- Leplat, J. 2002. De l'étude de cas à l'analyse de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*.
- Leplat, J. 2008. Introduction. Repères pour l'analyse de l'activité en ergonomie, *Le travail humain*, 3–10. Presses Universitaires de France, Paris.
- Levrel, H. 2006. Biodiversité et développement durable : quels indicateurs ? *Economies et finances*. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.
- Levrel, H. 2008. Les indicateurs de développement durable : proposition de critères d'évaluation au regard d'une approche évolutionniste de la décision. *Revue Française de Socio-Économie*: 199–222.
- Levrel, H., N. Frascaria-Lacoste, J. Hay, G. Martin, and S. Pioch. 2015. Restaurer la nature pour atténuer les impacts du développement. Analyse des mesures compensatoires pour la biodiversité. Quae, Paris.
- Levrel, H., S. Pioch, and R. Spieler. 2012. Compensatory mitigation in marine ecosystems: Which indicators for assessing the “no net loss” goal of ecosystem services and ecological functions? *Marine Policy* 36: 1202–1210.
- Lucas, M. 2009. La compensation environnementale, un mécanisme inefficace à améliorer. *Revue Juridique Environnement*: 59–68.

M

- Maître d'Hôtel, E., and F. Pelegrin. 2012. Les valeurs de la biodiversité : un état des lieux de la recherche française. FRB, Paris.
- Mallee, H. 2017. The evolution of health as an ecological concept. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 25: 28–32.
- Mann, C. 2015. Strategies for sustainable policy design: Constructive assessment of biodiversity offsets and banking. *Ecosystem Services* 16: 266–274.
- Maron, M., J. W. Bull, M. C. Evans, and A. Gordon. 2015. Locking in loss: Baselines of decline in Australian biodiversity offset policies. *Biological Conservation* 192: 504–512.
- Maron, M., C. Ives, H. Kujala, J. W. Bull, F. Maseyk, S. Bekessy, A. Gordon, et al. 2016. Taming a Wicked Problem: Resolving Controversies in Biodiversity Offsetting. *BioScience* 66: 489–498.
- Marti, P., and L. J. Bannon. 2009. Exploring User-Centred Design in Practice: Some Caveats. *Knowledge, Technology & Policy* 22: 7–15.
- Martin, G. J. 2016. La compensation écologique : de la clandestinité honteuse à l'affichage mal assumé. *Revue juridique de l'environnement* Volume 41: 601–616.
- Martinet, A. C., and Y. Pesqueux. 2013. Epistémologie des sciences de gestion. Vuibert. Paris.
- Maseyk, F., L. Barea, R. Stephens, H. Possingham, G. Dutson, and M. Maron. 2016. A disaggregated biodiversity offset accounting model to improve estimation of ecological equivalency and no net loss. *Biological Conservation* 204: 322–332.
- McIntosh, B. S., J. C. Ascough, M. Twery, J. Chew, A. Elmahdi, D. Haase, J. J. Harou, et al. 2011. Environmental decision support systems (EDSS) development – Challenges and best practices. *Environmental Modelling & Software* 26: 1389–1402.
- Mechin, A., and S. Pioch. 2016. Une méthode expérimentale pour évaluer rapidement la compensation en zone humide. La méthode MERCIe : principes et applications. Onema.
- MEEM (Ministère de l'Environnement de l'Énergie et de la Mer). 2017. L'autorisation environnementale : des démarches simplifiées, des projets sécurisés.
- Miller, K. L., J. A. Trezise, S. Kraus, K. Dripps, M. C. Evans, P. Gibbons, H. P. Possingham, and M. Maron. 2015. The development of the Australian environmental offsets policy: from theory to practice. *Environmental Conservation* 42: 306–314.
- Moilanen, A., A. J. A. Van Teeffelen, Y. Ben-Haim, and S. Ferrier. 2009. How Much Compensation is Enough? A Framework for Incorporating Uncertainty and Time Discounting When Calculating Offset Ratios for Impacted Habitat. *Restoration Ecology* 17: 470–478.

Moine, A. 2006. Le territoire comme un système complexe : un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie. *L'Espace géographique* Tome 35: 115–132.

Monnoyer-Smith, L., and C. Aubel. 2018. Lettre de mission à destination des membres du groupe de travail 'élaboration d'une méthode générique et harmonisée pour dimensionner la compensation ex-ante des atteintes à la biodiversité'.

Morandeau, D., and D. Vilaysack. 2012. La compensation des atteintes à la biodiversité à l'étranger - Etude de parangonnage. Commissariat Général au Développement Durable, Paris.

Moreno-Mateos, D., V. Maris, A. Béchet, and M. Curran. 2015. The true loss caused by biodiversity offsets. *Biological Conservation* 192: 552–559.

Moreno-Mateos, D., M. E. Power, F. A. Comín, and R. Yockteng. 2012. Structural and Functional Loss in Restored Wetland Ecosystems. *PLOS Biology* 10: e1001247.

N

Nielsen, J. 1993. Usability Engineering - 1st Edition. AP Professional.

Norman, D. A., and S. W. Draper. 1986. User centered system design. New perspectives on human-computer interaction. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. Hillsdale, NJ.

O

Ouvrier-Bonnaz, R., and A. Weill-Fassina. 2015. André Ombredane (1898 - 1958) Jean-Marie Faverge (1912 - 1988) L'analyse du travail, ruptures et évolutions. Octarès Editions. Toulouse.

Overton, J. M., R. T. T. Stephens, and S. Ferrier. 2013. Net Present Biodiversity Value and the Design of Biodiversity Offsets. *AMBIO* 42: 100–110.

P

Pariente, A. 2013. GROUPE DE TRAVAIL REGIONAL « EVITER, REDUIRE ET COMPENSER LES IMPACTS SUR LA BIODIVERSITE » SERVICES DE L'ETAT / BUREAUX D'ETUDES / ORGANISMES DE RECHERCHE SYNTHESE DES TRAVAUX.

Paugam, S. 2010. Les 100 mots de la sociologie. Presses Universitaires de France. Paris.

Pelzer, P. 2017. Usefulness of planning support systems: A conceptual framework and an empirical illustration. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 104: 84–95.

Pelzer, P., S. Geertman, R. van der Heijden, and E. Rouwette. 2014. The added value of Planning Support Systems: A practitioner's perspective. *Computers, Environment and Urban Systems* 48: 16–27.

- Pinault, M., S. Pioch, and N. Pascal. 2017. Guide pour la mise en oeuvre des mesures compensatoires et la méthode de dimensionnement MERCI-Cor. IFRECOR.
- Pioch, S. 2017. Vers une nouvelle gouvernance côtière entre aménagement et environnement ? Rapport d'HDR. Université Paul Valéry - Montpellier III, Montpellier.
- Pioch, S., G. Barnaud, and B. Coïc. 2015. Méthodes de dimensionnement des mesures compensatoires pour les zones humides. *In* H. Levrel, N. Frascaria-Lacoste, J. Hay, G. Martin, and S. Pioch [eds.], *Restaurer la nature pour atténuer les impacts du développement : Analyse des mesures compensatoires pour la biodiversité, Synthèses*, 220–223. Paris.
- Pioch, S., M. Pinault, A. Brathwaite, A. Mechin, and N. Pascal. 2017. Methodology for scaling mitigation and compensatory measures in tropical marine ecosystems. IFRECOR, Paris.
- Plottu, É., and B. Plottu. 2009. Logiques territoriales et aménagement durable du territoire : quelles règles de coordination et de décision ? *Geographie, économie, société* Vol. 11: 283–299.
- Prieur, M. 2011. Instruments internationaux et évaluation environnementale de la biodiversité : enjeux et obstacles. *Revue juridique de l'environnement* n° spécial: 7–28.
- Prost, L., M. Cerf, and M.-H. Jeuffroy. 2011. Lack of consideration for end-users during the design of agronomic models. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 32.

Q

- Quétier, F., and S. Lavorel. 2011. Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes : Key issues and solutions. *Biological Conservation* 144: 2991–2999.
- Quétier, F., C. Moura, T. Menut, R. Boulnois, and X. Rufroy. 2015. La compensation écologique fonctionnelle : innover pour mieux traiter les impacts résiduels des projets d'aménagements sur la biodiversité. *Sciences Eaux & Territoires*.
- Quétier, F., B. Regnery, and H. Levrel. 2014. No net loss of biodiversity or paper offsets ? A critical review of the French no net loss policy. *Environmental Science & Policy*: 120–131.

R

- Rabardel, P. 1995. Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains. Armand Colin. Paris.
- Rabaud, S. 2016. Les indicateurs de biodiversité entre connaissances et actions : impasses, détours ou raccourcis pour les stratégies environnementales ? Thèse de doctorat. AgroParisTech, Paris.
- Rametsteiner, E., H. Pülzl, J. Alkan-Olsson, and P. Frederiksen. 2011. Sustainability indicator development—Science or political negotiation? *Ecological Indicators* 11: 61–70.

- ramsar.org. 2014. Histoire de la Convention de Ramsar | Ramsar. *ramsar.org*. Website <https://www.ramsar.org/fr/a-propos/histoire-de-la-convention-de-ramsar> [accessed 12 September 2019].
- Regnery, B., F. Quétier, N. Cozannet, S. Gaucherand, A. Laroche, M. Burylo, D. Couvet, and C. Kerbiriou. 2013. Mesures compensatoires pour la biodiversité : comment améliorer les dossiers environnementaux et la gouvernance ? *Sciences Eaux & Territoires* 12: 1–8.
- Richard, J.-F. VYGOTSKI LEV SEMENOVITCH - (1896-1934). *Encyclopædia Universalis [en ligne]*.
- Romelaer, P. 2005. Chapitre 4. L’entretien de recherche. In P. Roussel, and F. Wacheux [eds.], *Management des ressources humaines, Méthodes & Recherches*, 101–136. Bruxelles.
- Rose, D. C., P. Addison, M. Ausden, L. Bennun, C. Mills, S. O’Donnell, C. G. Parker, et al. 2017. Decision support tools in conservation: a workshop to improve user-centred design. *Research Ideas and Outcomes* 3.
- Rose, D. C., W. J. Sutherland, C. Parker, M. Lobley, M. Winter, C. Morris, S. Twining, et al. 2016. Decision support tools for agriculture: Towards effective design and delivery. *Agricultural Systems* 149: 165–174.
- Rowe, D. K., S. Parkyn, J. Quinn, K. Collier, C. Hatton, M. K. Joy, J. Maxted, and S. Moore. 2009. A Rapid Method to Score Stream Reaches Based on the Overall Performance of Their Main Ecological Functions. *Environmental Management* 43: 1287–1300.

S

- Sahley, C. T., B. Vildoso, C. Casaretto, P. Taborga, K. Ledesma, R. Linares-Palomino, G. Mamani, et al. 2017. Quantifying impact reduction due to avoidance, minimization and restoration for a natural gas pipeline in the Peruvian Andes. *Environmental Impact Assessment Review* 66: 53–65.
- Sanchez-Bayo, F., and K. A. G. Wyckhuys. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation* 232: 8–27.
- Sanders, E. B.-N., and P. J. Stappers. 2008. Co-creation and the new landscapes of design. *CoDesign* 4: 5–18.
- Semal, L., and F. Guillet. 2017. Chapitre 6 . Compenser les pertes de biodiversité. In D. Compagnon, and E. Rodary [eds.], *Les politiques de biodiversité*, 149–169. Presses de Sciences Po, Paris.
- Shackel, B. 1991. Ergonomics in design and usability. People and computers: designing for usability, 44–64. Harrison & A. Monk, Cambridge.
- Shackel, B. 2009. Usability - Context, framework, definition, design and evaluation. *Interacting with computers* 21: 339–346.

Star, S. L., and J. R. Griesemer. 1989. Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects : Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology. *Social Studies of Science* 19: 387–420.

Sutula, M. A., E. D. Stein, J. N. Collins, A. Elizabeth. Fetscher, and R. Clark. 2006. A Practical Guide for the Development of a Wetland Assessment Method: The California Experience. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 42: 157–175.

T

Terrade, F., H. Pasquier, J. Reerinck-Boulanger, G. Guingouain, and A. Somat. 2009. L'acceptabilité sociale : la prise en compte des déterminants sociaux dans l'analyse de l'acceptabilité des systèmes technologiques. *Le travail humain* 72: 383–395.

Thevenot, C., and P. Perret. 2009. Le développement du raisonnement dans la résolution de problèmes : l'apport de la théorie des modèles mentaux, Summary. *Développements*: 49–56.

Thompson, J. 2008. Rapport final du projet 'MEDINA', Conservation de la biodiversité en région Méditerranéenne, une interface recherche-gestion pour identifier les enjeux et alimenter les processus de décision. Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive ; Conservatoire d'Espaces Naturels Languedoc-Roussillon.

Touzard, H. 2006. Consultation, concertation, négociation. *Negotiations* no 5: 67–74.

Trompette, P., and D. Vinck. 2009. Retour sur la notion d'objet-frontière. *Revue d'anthropologie des connaissances* 3, n° 1: 5–27.

Truchon, H., V. de Billy, and N. Poulet. 2018. Élaboration d'une méthodologie générique et harmonisée pour dimensionner la compensation ex-ante des atteintes à la biodiversité. Avantages et limites des approches et méthodes existantes.

Turnhout, E., M. Hisschemöller, and H. Eijsackers. 2007. Ecological indicators: Between the two fires of science and policy. *Ecological Indicators* 7: 215–228.

U

Uran, O., and R. Janssen. 2003. Why are spatial decision support systems not used? Some experiences from the Netherlands. *Computers, Environment and Urban Systems* 27: 511–526.

V

Vaissière, A.-C. 2014. Le recours au principe de compensation écologique dans les politiques publiques en faveur de la biodiversité : enjeux organisationnels et institutionnels : cas des écosystèmes aquatiques marins et continentaux. Thèse de doctorat. Université de Bretagne Occidentale, Brest.

Vanpeene-Bruhier, S., P.-A. Pissard, and M. Kopf. 2013. Prise en compte de la biodiversité dans les projets d'aménagement : comment améliorer la commande des études environnementales ? *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*.

Vinck, D. 2009. De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. *Revue d'anthropologie des connaissances* 3, n° 1: 51–72.

Vonk, G., S. Geertman, and P. Schot. 2005. Bottlenecks Blocking Widespread Usage of Planning Support Systems. *Environment and Planning A: Economy and Space* 37: 909–924.

W

Weichselgartner, J., and R. Kasperson. 2010. Barriers in the science-policy-practice interface: Toward a knowledge-action-system in global environmental change research. *Global Environmental Change* 20: 266–277.

Weissgerber, M., S. Roturier, R. Julliard, and F. Guillet. 2019. Biodiversity offsetting: Certainty of the net loss but uncertainty of the net gain. *Biological Conservation* 237: 200–208.

Wende, W., E. Bruns, and F. Quétier. 2015. L'expérience allemande de la compensation écologique. In H. Levrel, N. Frascaria-Lacoste, J. Hay, G. J. Martin, and S. Pioch [eds.], *Restaurer la nature pour atténuer les impacts du développement, Synthèses*, 58–65. Paris.

Witté, I., and J. Touroult. 2014. Répartition de la biodiversité en France métropolitaine : une synthèse des Atlas faunistiques. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*.

Y

Yu, S., B. Cui, P. Gibbons, J. Yan, X. Ma, T. Xie, G. Song, et al. 2017. Towards a biodiversity offsetting approach for coastal land reclamation: Coastal management implications. *Biological Conservation* 214: 35–45.

Table des illustrations

Table des cartes

Carte 1 : Consommation nationale en ha d'espaces naturels, agricoles et forestiers (NAF) par commune, entre 2006 et 2016.....	24
Carte 2 : Répartition des types d'utilisation des terres en France métropolitaine en 2012 – Source : Agence européenne de l'environnement, 2017	25
Carte 3 : Etat mondial de la mise en application du dispositif ERC (source : GIBOP https://portals.iucn.org/offsetpolicy/)	43
Carte 4 : Les terrains d'étude des travaux de recherche	107

Table des figures

Figure 1 : Frise chronologique de l'évolution de la réglementation française sur la séquence ERC dans le contexte européen et mondial des politiques publiques environnementales (adapté de Lascoumes, 2018 ; Prieur, 2011).....	22
Figure 2 : Problématique de recherche (conception : A. Mechin).....	32
Figure 3 : Plan de la thèse (conception : A. Mechin).....	35
Figure 4 : Synthèse du code de l'environnement relatif à la séquence ERC (en vigueur en 2019) 41	
Figure 5 : Procédure d'autorisation d'un projet soumis à étude d'impact (Adapté de Ministère de l'Environnement de l'Énergie et de la Mer, 2017, p. 4).....	42
Figure 6 : Les acteurs de la séquence ERC en France (adapté de Pioch, 2017)	44
Figure 7 : Evolution du nombre de parutions annuelles de guides et rapports accompagnant la mise en œuvre de la séquence ERC.....	47
Figure 8 : Extrait de la doctrine de la DIREN PACA (2009), p. 16	48
Figure 9 : Parallèle entre l'évolution réglementaire de la séquence ERC en France et les modalités d'évaluation des mesures compensatoires depuis ces 13 dernières années (conception : A. Mechin)	50
Figure 10 : L'opérationnalité dans les articles scientifiques traitant des méthodes d'évaluation des mesures compensatoires	52
Figure 11 : Les dimensions opérationnelle et technique des ME (conception : A. Mechin) ...	74
Figure 12 : Ancrage disciplinaires et disciplines voisines de l'ergonomie (Darses et Montmollin, 2012b) (conception : A. Mechin).....	76
Figure 13 : Les différentes composantes de l'acceptabilité globale d'un système, adapté de Nielsen (1993)	79
Figure 14 : Les concepts-clés issus de l'ergonomie et retenus pour nos recherches (conception : A. Mechin)	83
Figure 15 : Définition de l'opérationnalité (conception: A. Mechin et S.Pioch)	84
Figure 16 : Les principales étapes d'un processus de conception centrée utilisateurs avec l'implication des utilisateurs à toutes les étapes, particulièrement aux étapes de Diagnostic et d'Évaluation (conception : A. Mechin).....	87
Figure 17 : Schéma simplifié de l'analyse de l'activité (adapté de Darses, 2016 et Leplat, 2008) 88	
Figure 18 : Triangle de l'activité appliqué à notre contexte de recherche : le dimensionnement des mesures compensatoires	90

Figure 19 : Guide d'entretien	94
Figure 20 : Données collectées pour l'analyse des pratiques de dimensionnement par les acteurs de la séquence ERC (conception : A. Mechin).....	97
Figure 21 : Critères d'échantillonnage de nos terrains d'étude basés sur la variabilité des situations de travail des acteurs de la séquence ERC (conception : A. Mechin)	100
Figure 22 : Projet construction d'autoroute	104
Figure 23 : Projet de gazoduc, avant le démarrage des travaux. Le piquetage délimitant la zone d'emprise du chantier a été réalisé.....	104
Figure 24 : Projet d'Elargissement d'autoroute. L'emprise du chantier est délimitée par les barrières métalliques.....	104
Figure 25 : Processus de conception orienté vers l'opérationnalité, adaptée de la figure 16	109
Figure 26 : principales étapes identifiées pour les projets étudiés	114
Figure 27 : principales étapes identifiées pour les projets complémentaires étudiés	115
Figure 28 : Processus de définition et dimensionnement des mesures compensatoires (conception : A. Mechin)	116
Figure 29 : Phases de l'élaboration d'un dossier d'autorisation environnementale au cours desquelles s'insère le dimensionnement des mesures de compensation des projets étudiés (conception : A. Mechin)	124
Figure 30 : Classement des projets étudiés selon le caractère plus ou moins conflictuel du dimensionnement des mesures compensatoires (la ZAC de la gare n'est pas classée, les mesures compensatoires n'étant pas encore dimensionnées même si le processus a démarré) (conception : A. Mechin)	127
Figure 31 : les opérations du dimensionnement des mesures compensatoires (conception : A. Mechin)	130
Figure 32 : Interdépendance des opérations du dimensionnement (conception : A. Mechin)	142
Figure 33 : Proposition de classification des aménageurs interrogés.	144
Figure 34 : Proposition de classification des agents des services de l'État interrogés.....	146
Figure 35 : Visite de terrain d'une zone humide de compensation dans les Ardennes	148
Figure 36 : Identification des moyens utilisés par les acteurs de la séquence ERC - Atelier Grand-Est du 27 juin 2017.....	159
Figure 37 : Quelques guides pratiques sur la séquence ERC	161
Figure 38 : Extrait d'un logigramme de l'AFB à usage interne (Billy, 2019).....	165
Figure 39 : Les ressources du dimensionnement par importance décroissante (conception : A. Mechin)	166
Figure 40 : Utilisation d'une ME en fonction de la date de dépôt des dossiers pour les projets étudiés (conception : A. Mechin).....	169
Figure 41 : Principaux résultats de l'analyse des pratiques de dimensionnement : opérations réalisées par les principaux acteurs, contraintes et place des ME dans le processus (conception : A. Mechin)	174
Figure 42 : Identification des usages de méthodes d'évaluation dans le processus de dimensionnement (conception : A. Mechin)	182
Figure 43 : Les ME déclinées selon les usages (conception : A. Mechin).....	191
Figure 44 : Exemple de grille d'observation pour un test utilisateur.....	197
Figure 45 : Exemple de questionnaire d'évaluation par les utilisateurs.....	197
Figure 46 : Propositions de repères méthodologiques pour une conception orientée opérationnalité (conception : A. Mechin).....	202
Figure 47 : Illustration de l'imbrication des tests techniques et opérationnels dans le compte-rendu de test de MNFZH (Gayet et al., 2016b, p.260-261)	217
Figure 48 : Nombre d'utilisateurs dans les équipes de conception	222

Figure 49 : Illustration du degré de prise en compte de l'opérationnalité dans le processus de conception des ME françaises (conception : A. Mechin).....	223
Figure 50 : Zone compensatoire de Marbay pour la Construction d'autoroute.....	233
Figure 51 : Emprise du gazoduc. Zone 1	233
Figure 52 : Emprise de l'élargissement d'autoroute - ZH 5.....	233
Figure 53 : Test utilisateur de MERCIe sur le terrain – Atelier n°2 (octobre 2017)	237
Figure 54 : Exemple de reformulation complète d'un indicateur Localisation et paysage ...	245
Figure 55 : Exemple de fusion et reformulation d'indicateurs de la famille Structures des communautés et habitats	246
Figure 56 : Exemple de l'individualisation des indicateurs pour la zone aménagée, et l'état avant et après aménagement.	247
Figure 57 : Propositions de 6 repères méthodologiques pour une conception orientée opérationnalité (conception : A. Mechin).....	256

Table des tableaux

Tableau 1 : Raisons de non-utilisation des outils d'aide à la décision (OAD) dans les domaines de l'environnement, de la planification spatiale et de l'agronomie	33
Tableau 2 : Principes réglementaires régissant la compensation écologique d'après les Lignes Directrices.....	45
Tableau 3 : Les méthodes développées en France	59
Tableau 4 : Prise en compte des enjeux opérationnels par les concepteurs des méthodes françaises	62
Tableau 5 : Références bibliographiques citées par les concepteurs pour l'objectif d'opérationnalité des ME.....	62
Tableau 6 : exemple de requêtes sur Web of Science, en date du 10/10/2019, mots-clés utilisés : « user » (utilisateur), « useful » (utile), « use » (utilisation ou usage), « practical » (pratique). 68	
Tableau 7 : Présentation synthétique des quatre cadres théoriques, l'objet d'étude disciplinaire et les concepts-clés retenus.....	71
Tableau 8 : Application et critique des quatre cadres conceptuels identifiés pour répondre à notre question de recherche	72
Tableau 9 : Critères d'utilisabilité proposés par Nielsen (1993) et Shackel (2009)	81
Tableau 10 : Paramètres caractérisant la diversité des territoires étudiés.....	99
Tableau 11 : Nombre d'entretiens réalisés par région et par type d'acteurs.....	102
Tableau 12 : Informations principales décrivant les cinq projets analysés	102
Tableau 13 : Informations principales décrivant les trois projets complémentaires	103
Tableau 14 : Classes de valeurs des paramètres descripteurs des départements accueillant les huit projets étudiés.....	105
Tableau 15 : Les différents cas de figure pour les discussions relatives au dimensionnement des mesures compensatoires	126
Tableau 16 : Modalités de réalisation des différentes étapes du raisonnement de l'opération Définir-Calculer.....	134
Tableau 17 : Enchaînement des étapes de raisonnement de l'opération Définir-Calculer les mesures compensatoires.....	135
Tableau 18 : Les contraintes identifiées pour les projets étudiés	149
Tableau 19 : Les contraintes auxquelles sont soumis les acteurs du dimensionnement des mesures compensatoires.....	150
Tableau 20 : Les ressources mobilisées par les acteurs du dimensionnement	158

Tableau 21 : Utilisation d'une ME dans les projets étudiés	168
Tableau 22 : Place des méthodes d'évaluation dans les différentes opérations du dimensionnement	172
Tableau 23 : Les différents usages des méthodes d'évaluation	181
Tableau 24 : Définition et valeurs cibles pour les 7 critères d'utilisabilité	183
Tableau 25 : Vérification et valeurs cibles pour les 7 critères d'acceptabilité socio-organisationnelle	185
Tableau 26 : Synthèse des paramètres déterminants de l'opérationnalité pour chaque usage	189
Tableau 27 : ébauche de ME de type usage services de l'État	190
Tableau 28 : Test théorique et critères d'opérationnalité évalués.....	193
Tableau 29 : Test terrain et critères d'opérationnalité évalués.....	195
Tableau 30 : Critères d'opérationnalité évalués par les deux modalités de tests utilisateurs	196
Tableau 31 : Modalités d'évaluation de chaque critère d'opérationnalité	198
Tableau 32 : Liste des ME analysées	206
Tableau 33 : Liste des concepteurs interrogés.....	207
Tableau 34 : Formulation de l'opérationnalité attendue pour les ME	210
Tableau 35 : Identification des usages associés aux ME.....	212
Tableau 36 : Correspondance entre les critères d'opérationnalité énoncés par les concepteurs et les critères d'utilisabilité et d'acceptabilité socio-organisationnelle issus de nos travaux de recherche	213
Tableau 37 : Les critères d'opérationnalité identifiés par les concepteurs des différentes ME	215
Tableau 38 : Tests des ME pendant le processus de conception	218
Tableau 39 : Comparaison entre profils d'utilisateurs à mobiliser pour les tests et profils d'utilisateurs ayant réellement participé aux tests des ME.....	219
Tableau 40 : Association des utilisateurs à la conception des ME.....	221
Tableau 41 : Résultats du test théorique de MERCIe.....	230
Tableau 42 : Propositions d'améliorations de MERCIe à l'issue du test théorique	231
Tableau 43 : Projets et sites de tests pour la méthode MERCIe	232
Tableau 44 : Résultats des tests terrain de MERCIe	235
Tableau 45 : Propositions d'améliorations de MERCIe à l'issue des tests terrain	236
Tableau 46 : Participants aux tests utilisateurs.....	236
Tableau 47 : Déroulement de l'atelier de test utilisateur	237
Tableau 48 : Résultats des tests utilisateurs pour MERCIe.....	239
Tableau 49 : Utilisateurs ayant participé aux ateliers MERCIe dans le cadre du développement de MERCIe avant la thèse.....	239
Tableau 50 : Compléments de résultats de tests utilisateurs réalisés en 2015.....	240
Tableau 51 : Propositions d'améliorations de MERCIe à l'issue des tests utilisateurs.....	240
Tableau 52 : Résumé des résultats de trois types de tests sur chaque critère d'opérationnalité	241
Tableau 53 : Les critères d'opérationnalité supposés améliorés après modifications de MERCIe	249

Table des encadrés

Encadré 1 : Les difficultés d'évaluation des écosystèmes	30
Encadré 2: Les mesures compensatoires dans le monde	43
Encadré 3 : Les principales recommandations techniques sur l'évaluation des mesures compensatoires issues des publications scientifiques.....	56
Encadré 4 : Les ME existantes au niveau international	63

Encadré 5 : recherche bibliographique sur la mention de l'ergonomie dans des publications ayant trait à la biodiversité	75
Encadré 6 : Les autres acteurs du dimensionnement.....	148
Encadré 7 : Evaluer pour classer les ME selon leur degré d'opérationnalité, un objectif écarté. 200	
Encadré 8 : Présentation rapide du fonctionnement de la méthode MERCle (adapté de Mechin et Pioch, 2016, consultable ici : https://ecommed.fr/wp-content/uploads/2018/11/rapport-methode-mercie.pdf).....	229

Table des annexes

Annexe n°1 : Publication dans la revue Vertigo.....	6
Annexe n°2 : guides, rapports et colloques sur la mise en œuvre de la séquence ERC.....	51
Annexe n°3 : Insuffisances des démonstrations de l'absence de perte nette relevés dans les publications scientifiques.....	58
Annexe n°4 : Liste des articles relatifs à l'évaluation des mesures compensatoires sélectionnés pour l'analyse de la prise en compte des enjeux opérationnels des ME.....	60
Annexe n°5 : Les cadres théoriques étudiés.....	65
Annexe n°6 : Déroulement et compte-rendu de l'atelier ayant donné lieu à des observations sources de données pour l'analyse des pratiques.....	68
Annexe n°7 : Liste des documents collectés pour l'analyse des projets.....	72
Annexe n°8 : Diversité des acteurs interviewés.....	74
Annexe n°9 : Liste des personnes interviewées.....	75
Annexe n°10 : Diversité des projets analysés.....	77
Annexe n°11 : Diversité des territoires accueillant les projets analysés.....	79
Annexe n°12 : Informations sur les projets.....	82
Annexe n°13 : Modalités de raisonnement du dimensionnement des mesures compensatoires des projets étudiés.....	88
Annexe n° 14 : Vérification des critères d'opérationnalité à partir de l'analyse des pratiques.....	91
Annexe n°15 : guide d'entretien concepteurs de ME.....	99
Annexe n°16 : Usages formulés par les concepteurs pour les ME françaises.....	100
Annexe n°17 : La méthode MERClé version 2016 (Mechin et Pioch, 2016).....	102
Annexe n°18 : Test théorique de MERClé.....	128
Annexe n°19 : Tests terrain de MERClé.....	132
Annexe n°20 : Déroulement des tests utilisateurs.....	134
Annexe n°21 : Résultats des tests utilisateurs de MERClé.....	141
Annexe n°22 : Modifications apportées à MERClé sur les feuilles d'indicateurs écologiques.....	142
Annexe n°23 : MERClé Espèces protégées.....	170
Annexe n°24 : Projet ERC Lynx.....	173
Annexe n°25 : le projet d'outil d'inventaire des bousiers.....	182

Table des illustrations en annexes

Table des figures en annexes

Figure 1 : Mail d'invitation des participants à l'atelier de test utilisateur du 17 octobre 2017.....	134
Figure 2 : Lynx boréal. Photo : Didier Pépin. didierpepin.jimdofree.com.....	180
Figure 3 : Atelier utilisateurs du 24 septembre 2019.....	181
Figure 4 : Atelier utilisateurs du 24 septembre 2019 . L'interface de l'OAD.....	181
Figure 5 : Scarabée à large cou (Scarabaeus laticollis) ou Bousier, confectionnant une pilule d'excrément ovin.....	182

Table des tableaux en annexes

Tableau 1 : Recensement des différentes guides et rapports relatifs à mise en œuvre de la séquence ERC, à notre connaissance (janvier 2020).....	52
Tableau 2 : Liste des colloques relatifs à la séquence ERC ayant eu lieu, à notre connaissance, entre 2013 et 2019.....	56
Tableau 3 : Faiblesse de l'argumentaire scientifique pour la démonstration de l'absence de perte nette de biodiversité dans les dossiers d'autorisation des maîtres d'ouvrages.....	58
Tableau 4 : Liste d'articles traitant ou abordant la question des méthodes d'évaluation entre 2008 et 2018 (01/08).....	60
Tableau 5 : Présentation des quatre cadres théoriques, l'objet d'étude disciplinaire et les concepts-clés retenus.....	65
Tableau 6 : Liste des participants à l'atelier n°1 organisé avec la DREAL Grand-Est.....	68
Tableau 7 : Liste des documents collectés pour les projets principaux.....	72
Tableau 8 : Liste des documents collectés pour les projets complémentaires.....	73
Tableau 9 : Nombre d'acteurs interrogés en entretiens.....	74
Tableau 10 : Liste des personnes interviewées pour l'analyse des pratiques.....	75
Tableau 11 : Description des projets analysés.....	77
Tableau 12 : Description des projets complémentaires étudiés.....	78
Tableau 13 : Description des territoires de nos terrains d'études.....	79
Tableau 14 : Valeurs des bornes des 4 classes pour chaque paramètre descripteur des départements accueillant les projets étudiés.....	81
Tableau 15 : Informations principales sur les projets étudiés.....	82
Tableau 16 : Informations principales sur les projets étudiés en complément.....	85
Tableau 17 : Modalités de raisonnement du dimensionnement des mesures compensatoires des projets étudiés.....	88
Tableau 18 : Définition et vérification des critères d'utilisabilité.....	91
Tableau 19 : Définition et vérification des critères d'acceptabilité socio-organisationnelle....	93
Tableau 20 : formulation complète des usages dans les documents associés aux ME françaises et dans les entretiens.....	100
Tableau 21 : Réalisation du test théorique de MERCIe.....	128
Tableau 22 : Critères réglementaires pris en compte par la méthode MERCIe (Mechin et Pioch, 2016).....	131
Tableau 23 : Résultats des tests terrain de MERCIe.....	132
Tableau 24 : Résultats des tests utilisateurs pour MERCIe : difficultés identifiées indicateurs par indicateurs sur la grille MERCIe.....	141
Tableau 25 : Transposition des critères d'opérationnalité à l'OAD Lynx et protocoles de tests associés.....	174
Tableau 26 : Les observations réalisées sur les utilisateurs pour les différents critères d'opérationnalité.....	175
Tableau 27 : Compte-rendu des observations et propositions d'améliorations par rapport pour l'interface de l'outil.....	177



THÈSE

Pour obtenir le grade de
Docteur

Délivré par l'**Université Paul Valéry Montpellier 3**

Préparée au sein de l'école doctorale Territoires, Temps,
Sociétés et Développement (ED 60)

Et de l'unité de recherche : Centre d'Ecologie
Fonctionnelle et Evolutive (CEFE), UMR 5175

Spécialité : **Géographie et Aménagement de l'Espace**

Présentée par **Agnès MECHIN**

**Dimensionner les mesures de compensation
écologique :
des outils opérationnels pour une meilleure
appropriation par les acteurs de l'aménagement
du territoire**

ANNEXES

Soutenue le 26 juin 2020 devant le jury composé de :

Monsieur Pierre Pech , professeur émérite, Université de Paris 1	Rapporteur
Madame Lorène Prost , chargée de recherche, INRAE	Rapporteuse
Monsieur Harold Levrel , professeur, AgroParisTech	Examineur
Monsieur Jean-Marie Miossec , professeur émérite, Université de Montpellier, Paul Valéry	Président du jury
Madame Sylvie Vanpeene , ingénieur-chercheur, INRAE	Examinatrice
Monsieur Sylvain Pioch , Maître de conférences, Université Paul Valéry Montpellier 3	Directeur de thèse
Monsieur Alexandre Cluchier , Directeur R&D, ECO-MED	Invité
Madame Frédérique Millard , Cheffe du bureau des plans, programmes et projets, Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire	Invitée



Dimensionner les mesures de compensation écologique : des outils opérationnels pour une meilleure appropriation par les acteurs de l'aménagement du territoire

ANNEXES



*Marais salants, Port la Nouvelle,
zone d'emprise du projet d'agrandissement de la zone logistique portuaire,
2015 (photo : Agnès Mechin)*



PRÉFET
DE LA RÉGION
GRAND EST

Annexes

Séquence ERC : comment améliorer l'utilisation des méthodes de dimensionnement de la compensation ?

Auteurs

Agnès Mechin *, doctorante en géographie, CEFÉ, Univ. Paul Valéry Montpellier 3, Univ. Montpellier, EPHE, CNRS, IRD, Route de Mende, 34 199 Montpellier Cedex 5, France, ECO-MED, 113 avenue Raymond Recouly, 34070 Montpellier, France, agnes.mechin@univ-montp3.fr

Sylvain Pioch, Maître de conférences en géographie et aménagement, CEFÉ, Univ. Paul Valéry Montpellier 3, Univ. Montpellier, EPHE, CNRS, IRD, Route de Mende, 34 199 Montpellier Cedex 5, France, sylvain.pioch@univ-montp3.fr

Résumé :

L'insuffisance des connaissances, d'outils et de méthodologies partagés est identifiée comme l'une des causes de la faiblesse de l'application en France de la séquence « Eviter, Réduire, Compenser » (ERC) les impacts négatifs résiduels significatifs causés par les projets d'aménagement, plans ou programmes, sur la nature. Cela concerne notamment les méthodes pour évaluer l'atteinte de l'objectif d'absence de perte nette (MAPN). Cet article traite de la question de l'opérationnalité du point de vue des utilisateurs des méthodes c'est à dire, des acteurs des territoires concernés par la mise en application de la séquence ERC. Nous analysons la dimension opérationnelle de ces méthodes en nous appuyant sur un cadre théorique original défini par l'ergonomie. La définition de l'opérationnalité proposée dans ces travaux est basée sur trois composantes qui sont l'utilité, l'utilisabilité et l'acceptabilité socio-organisationnelle. Nous associons à ces trois composantes quinze critères déterminés à partir de la bibliographie de référence et de nos enquêtes auprès des acteurs de terrain. Le premier résultat de ces travaux est de démontrer qu'environ la moitié des critères déterminant une bonne prise en compte de la dimension opérationnelle des MAPN ne sont pas considérés par les concepteurs. À ce stade, elle peut s'avérer utile pour guider la conception, se doter d'un vocabulaire commun et ne pas négliger des points peu pris en compte ou simplement « oubliés » jusque-là dans la conception des MAPN en France.

Abstract :

Insufficient knowledge, tools and shared methodologies are identified as one of the causes of the weakness of the application in France of the mitigation hierarchy. This includes methods to evaluate the achievement of the No Net Loss Goal (MNNL). This article focuses on the issue of operability from the point of view of the users of the methods (land developers, consultancy and regulators). We analyze the operational dimension of these methods by relying on the theoretical framework defined by ergonomics. We propose a definition of operability based on three components that are utility, usability and social acceptability. We associate with these three components fifteen criteria chosen from the bibliography and our observations of the stakeholders. The first result of this work shows that about half of the criteria determining a good consideration of the operational dimension of the MAPN are not

considered by the designers. At this stage, it can be useful to guide the design, to have a common vocabulary and not to neglect points not taken into account or "forgotten" until then for the MAPN in France.

Mots-clés :

Séquence ERC, méthode d'équivalence écologique, opérationnalité, utilisabilité, ergonomie, critère

No net loss, mitigation assessment method, usability, ergonomics, criteria

Introduction

La réglementation française prévoit dans son code de l'environnement, l'obligation pour un maître d'ouvrage d'éviter, réduire et enfin de compenser les impacts négatifs résiduels significatifs causés par ses projets d'aménagement, plans ou programmes, sur la nature. La loi de Reconquête de la Biodiversité, de la Nature et des Paysages (RBNP) d'août 2016 généralise ce principe, connu sous le nom de séquence ERC, à toutes les actions susceptibles de toucher des espaces, ressources et milieux naturels et marins (Art. L110-1 du code de l'environnement), avec l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité. Cet objectif signifie que les impacts résiduels significatifs causés par un aménagement, c'est-à-dire, les impacts qui n'ont pu être ni évités ni réduits, doivent être compensés par des actions de restauration ou d'amélioration de milieux naturels. Cette loi conforte les textes existants auparavant et forme avec eux, le corpus réglementaire environnemental français actuel, fruit d'un renforcement progressif depuis la première loi sur la nature de 1976.

La séquence ERC n'a commencé à être véritablement appliquée qu'avec l'arrêté ministériel de 2007 fixant les conditions de demandes de dérogation aux destructions d'espèces protégées (Bigard et al., 2017; Semal et Guillet, 2017; Vaissière, 2014 ; Regnery, 2013). Si la loi française évolue depuis plus de dix ans de façon à consolider petit à petit les objectifs associés à la séquence ERC, la mise en pratique, bien qu'en amélioration, reste en deçà des ambitions officielles (Semal et Guillet, 2017). De nombreuses publications académiques ont régulièrement pointé ce constat d'insuffisance (Bigard et al., 2017; Calvet et al., 2015; Jacob et al., 2015, 2016; Levrel et al., 2015; Quétier et al., 2014). Cette insuffisance, que le rapport parlementaire de Berthelot et al. identifie en 2011, est encore relevée en 2017 par la commission d'enquête du Sénat sur la réalité des mesures de compensation (Dantec, 2017 p.30) : « l'application de la séquence ERC à des projets d'infrastructures est longtemps restée, en pratique, largement formelle et parfois théorique ».

Trois types de causes expliquent la faiblesse de l'application de la séquence ERC en France : (i) un cadre juridique imprécis et manquant d'uniformité (Bigard et al., 2017; Dantec, 2017; Semal et Guillet, 2017 ; Martin, 2015) ; (ii) un débat de fond sur le principe même de la séquence ERC (Semal et Guillet, 2017; Moreno-Mateos et al., 2015) ; et (iii) l'insuffisance des connaissances, des outils et méthodologies partagés par les acteurs concernés par la mise en œuvre de la séquence. Sur ce dernier point, les insuffisances portent aussi bien sur les connaissances scientifiques en biologie de la conservation que les connaissances des agents des services instructeurs de l'Etat aux parcours de formation très divers (Semal et Guillet, 2017; Bigard et al., 2017 ; Jacob et al., 2015). L'insuffisance d'outil et méthodologies concernent à la fois la gouvernance (Regnery et al., 2013), la pérennité des mesures compensatoires ou encore leur suivi par exemple (Quétier et al., 2014). Ce constat est valable également pour les méthodes d'évaluation de l'atteinte de l'absence de perte nette de biodiversité (MAPN). Ces méthodes permettent de déterminer la « dette » compensatoire théorique en fonction des impacts résiduels générés par le projet d'aménagement après évitement et réduction. On parle aussi de méthodes pour évaluer l'équivalence écologique entre les pertes engendrées par les impacts et les hypothétiques gains issus des mesures compensatoires. Elles s'appliquent avant la réalisation du projet d'aménagement, dans les phases de conception et de dépôt des dossiers d'autorisation, et elles ont vocation à être utilisées ou connues par les bureaux d'études, les aménageurs et les services de l'Etat. Elles reposent sur l'évaluation de l'état écologique des milieux et des enjeux écologiques associés. Elles sont mentionnées dès 2013 par les lignes directrices (Commissariat Général au Développement Durable (CGDD), 2013, p. 107) (voir figure 1). Dans la fiche n°15, il est

recommandé aux maîtres d'ouvrages de « disposer pour chaque projet d'une méthode relative à l'évaluation des pertes et gains écologiques, afin de dimensionner des mesures compensatoires équivalentes ». Elles fournissent un certain nombre d'« éléments de cadrage » tout en précisant qu'il ne s'agit pas d'une « démarche type ». Cette recommandation est également faite par certains chercheurs (Vanpeene-Bruhier et al., 2013) tandis que d'autres relèvent les différentes faiblesses sur le plan scientifique des démonstrations de l'équivalence écologique par les bureaux d'études et les aménageurs dans les dossiers d'autorisation (voir tableau 1). Enfin, en 2017, le rapport Dantec publié par le Sénat relève que la France peine à « adopter des méthodologies permettant d'apprécier de façon scientifique l'équivalence entre les atteintes à la biodiversité et les gains rendus possibles par une mesure de compensation » (p. 38) et recommande de « développer au niveau national les éléments d'une méthodologie permettant de disposer d'une approche plus fine du fonctionnement des écosystèmes » (page 80). Ainsi, alors que la mise en application effective de la séquence ERC démarre en 2007, dix ans plus tard, il n'existe pas en France de méthode d'évaluation répondant aux principes réglementaires, partagée par l'ensemble des acteurs concernés et validée par l'Etat.

(Figure 1 : Parallèle entre l'évolution réglementaire et la parution des principales MAPN)
(Tableau 1 : Inventaire des difficultés liées à la séquence ERC identifiés par les scientifiques)

Pourtant, le besoin de méthode d'évaluation des écosystèmes n'est pas né avec la mise en œuvre de la séquence ERC. En effet, avec le développement des politiques de conservation de la biodiversité, particulièrement depuis la conférence de Rio en 1992, les travaux pour mettre en place des indicateurs de biodiversité adaptés se multiplient sous l'égide des institutions européennes ou françaises (Levrel, 2006). Des méthodologies spécifiques ont alors été développées pour évaluer l'état de conservation des habitats, l'état écologique des masses d'eau ou encore les services écosystémiques. Ces différents exemples montrent la diversité des outils visant à évaluer sous un angle ou un autre, les écosystèmes ou certaines de leurs composantes. Mais, aucun d'entre eux ne répond aux besoins propres à l'évaluation de l'équivalence écologique telle qu'elle est exigée dans les principes de la séquence ERC et de l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité (Article 69 de la loi du 8 août 2016). En effet, la conception d'une méthode dépend de son objet et de son objectif d'évaluation (Sutula et al., 2006). La multitude des outils existants ne pouvant pas être utilisés directement, il est donc nécessaire de proposer des méthodes spécialement conçues pour la mise en application de la séquence ERC.

Dès lors, l'apport des méthodes déjà existantes pour l'évaluation de l'équivalence écologique mises en œuvre dans d'autres pays constitue un retour d'expérience intéressant à étudier. Un certain nombre de méthodes sont bien identifiées, particulièrement pour les zones humides (Bezombes et al., 2017; Pioch et al., 2015; Barnaud et Coïc, 2011). Cependant, leur application directe en France n'est pas possible d'un point de vue écologique mais aussi réglementaire (Gaucherand et al., 2015). Un travail d'adaptation et de test est nécessaire (Bezombes et al., 2017; Mechin et Pioch, 2016). Si les méthodes existantes constituent un apport indéniable, un travail reste à faire pour proposer des outils adaptés aux besoins français.

En France, plusieurs initiatives ont commencé à voir le jour à partir de 2012-2013, pour aboutir aux premières propositions méthodologiques expérimentales dès 2016 et 2017. Pour autant, aucune d'entre elles ne fait l'objet d'un consensus national du fait de leur déploiement récent,

des limites de leur périmètre d'application ou de leur caractère encore expérimental. Le ministère de la transition écologique et solidaire (MTES) et l'agence française de la biodiversité (AFB) ont d'ailleurs mis en place un groupe de travail visant à proposer un référentiel méthodologique national (2018-2019). Ainsi, une importante dynamique associant scientifiques, acteurs de terrain (aménageurs, bureaux d'études, services instructeurs) et institutions s'est mise en place pour répondre à ce besoin de méthodes biophysiques.

Cette dynamique est d'autant plus nécessaire que l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité (et d'équivalence écologique) est, au-delà des controverses qu'il peut susciter (Moreno-Mateos et al., 2015), particulièrement complexe à évaluer. En effet, dès 2011, Quétier et Lavorel insistaient sur la difficulté d'interpréter de façon univoque l'objectif d'équivalence écologique alors que les réalités écologiques associées sont complexes. La multiplicité des mécanismes et concepts à prendre en compte complexifie l'évaluation écologique des projets d'aménagement. L'exercice est particulièrement difficile et incertain car, comme le soulignent Calvet et al. (2015), intégrer le savoir écologique dans les pratiques compensatoires est limité par le manque de connaissances en biologie de la conservation et en restauration écologique, ainsi que par l'inévitable décalage entre récentes avancées scientifiques et déploiement en pratique.

Face à l'ampleur des questions soulevées par l'évaluation de l'équivalence écologique, le défi à la fois technique et pratique représenté par la proposition de MAPN est de taille. Si les enjeux technico-scientifiques sont relativement bien cernés, comme le démontre l'abondante littérature citée dans le tableau 1, la mise en œuvre de la séquence ERC sur le terrain souffre, outre du manque de méthode détaillé plus haut, d'un manque de moyens, de l'hétérogénéité des compétences des services de l'Etat (Semal et Guillet, 2017; Jacob et al., 2015), et du manque de connaissances des différents acteurs, ou encore du moment de la prise en compte de la séquence ERC trop souvent en fin de cycle des dossiers (Dantec, 2017). Cette seconde catégorie de problèmes liés moins aux aspects techniques qu'à la mise en pratique par les principaux acteurs, nous conduit à considérer le volet de l'utilisation des MAPN comme un enjeu à part entière. Nous choisissons de nommer l'enjeu lié à leur utilisation « opérationnalité » des MAPN. C'est le terme utilisé dans la lettre de mission du MTES et de l'AFB pour décrire une des caractéristiques attendues de la méthode produite par le groupe de travail. Le Larousse la définit comme caractérisant un objet « prêt à entrer en activité, à fournir le résultat optimal voulu, à réaliser parfaitement une opération ». Ce terme « opérationnalité » fait référence selon nous, au fait que les MAPN doivent être adaptées aux opérations que les aménageurs, bureaux d'études et services instructeurs doivent accomplir avec. Ces acteurs sont donc les utilisateurs (potentiels) de ces méthodes.

Nous nous intéresserons dans cet article à l'opérationnalité des méthodes développées dans le cadre réglementaire français. Nous montrerons d'abord que cet enjeu n'est quasiment pas traité dans la littérature scientifique relative aux MAPN. Puis nous constituerons un cadre d'analyse en proposant une définition de l'opérationnalité ainsi que des critères. Pour ce faire, nous nous baserons sur des concepts développés en ergonomie, « discipline scientifique qui vise la compréhension fondamentale des interactions entre les humains et les autres composantes d'un système, et la profession qui applique principes théoriques, données et méthodes en vue d'optimiser le bien-être des personnes et la performance globale des systèmes » (définition de l'International Ergonomics Association proposée en 2000 et traduite

et mise en ligne par la Société d'Ergonomie de Langue Française³⁴). Nous analyserons ensuite, sur la base des documents qui y sont rattachés, l'opérationnalité théorique des MAPN développées en France par les équipes de recherche.

L'opérationnalité des méthodes pour évaluer l'absence de perte nette : un enjeu négligé

Cadre d'analyse et méthode

Sur le plan théorique, les analyses proposées par la sociologie des techniques ou encore l'ergonomie et la psychologie cognitive peuvent nous éclairer dans la compréhension des enjeux liés à l'opérationnalité des MAPN. Sans réaliser une revue bibliographique exhaustive dans chacune de ces disciplines, les travaux des principaux auteurs affirment l'importance de la dimension liée à l'utilisation et l'utilisateur. En effet, Akrich en s'interrogeant sur la description des objets techniques, souligne que « L'objet technique ne peut pas plus être confondu avec un dispositif matériel qu'avec l'ensemble des usages « remplis » par ce dispositif : il se définit très exactement comme le rapport construit entre ces deux termes. » (Akrich, 2013, p. 3) Elle montre également à quel point l'environnement dans lequel l'utilisateur se sert de l'objet est important. Rabardel (1995) dénonce l'approche technocentrée qui a longtemps prévalu, et qui conduit à considérer l'homme comme un complément nécessaire à l'objet, mais source d'erreur. Il préfère le mot « instrument » au terme d'objet technique. Il le définit comme l'addition d'« un artefact matériel ou symbolique produit par le sujet ou par d'autres » et d'« un ou des schèmes d'utilisation associés résultant d'une construction propre du sujet, autonome ou d'une appropriation de schèmes d'utilisation déjà formés extérieurement à lui » (*Ibid*, p.117-118). Ainsi selon ces auteurs, un outil ne se réduit pas au dispositif technique proprement dit. Dans le cas des MAPN, on ne peut pas les considérer uniquement sous l'angle des données d'entrée, des indicateurs écologiques, et des formules de calcul. L'usage qui en est fait, et par qui elles sont utilisées et dans quel contexte ont tout autant d'importance, autant d'aspects liés à l'opérationnalité. Dans cette perspective, nous considérerons dans la suite de notre analyse que les MAPN relèvent de deux dimensions : une dimension technique et une dimension opérationnelle.

Ce premier cadre étant posé, nous avons souhaité regarder si la littérature scientifique internationale sur l'évaluation de l'équivalence écologique ou de l'absence de perte nette traite de la dimension opérationnelle. Nous avons procédé à l'analyse de trente articles scientifiques en langue anglaise publiés entre 2008 et 2018 (au 01/08/2018) traitant du sujet des MAPN, identifiés à l'aide de Web of Science. Ces articles présentent des revues de méthodes existantes, des études de cas dans lesquels elles ont été appliquées, des méthodes nouvelles développées par les auteurs ou encore des analyses des enjeux méthodologiques d'application de l'objectif du Pas de perte nette. Nous avons déterminé pour chacun d'entre eux quel type d'analyse il produisait : une analyse en rapport avec la dimension technique des MAPN ou une analyse en rapport avec la dimension opérationnelle. Nous avons rajouté un troisième type d'analyse (analyse « autre »), certains d'entre eux ayant une portée plus générale sur la séquence ERC et ne pouvant pas être classé entre ces deux catégories. Nous avons également regardé si l'opérationnalité était abordée dans le corps de l'article.

Résultats

³⁴ <https://ergonomie-self.org/>

Le tableau 2 et la figure 2 présentent les résultats de l'analyse. Sur les 30 articles, 25 ont pour sujet la dimension technique des méthodes, aucun n'a pour sujet central la dimension opérationnelle. Nous avons malgré tout identifié un intérêt plus ou moins marqué pour cet aspect pratique dans 7 articles. Cet intérêt se manifeste au travers de recommandations pour davantage de simplicité d'utilisation de la méthode étudiée, ou bien de l'association des acteurs au développement. Seulement 3 articles, parmi les 7 identifiés, font preuve d'une attention pour le sujet en définissant l'opérationnalité comme un des objectifs de développement ou en faisant un critère d'analyse des méthodes existantes. Mais aucun de ces 3 articles n'est consacré spécifiquement à la question de l'opérationnalité, tout au plus, s'agit-il d'un point de discussion ou d'un paragraphe. Cette rapide analyse montre le déséquilibre marqué dans la recherche sur les MAPN, entre dimension technique et dimension opérationnelle. Cela va dans le sens du constat général fait par Rabardel et confirme l'intérêt de notre recherche.

(Tableau 2 : Liste d'articles traitant ou abordant la question des méthodes d'évaluation du Pas de perte nette en 2008 et 2018 (01/08))

(Figure 2 : Articles scientifiques abordant ou traitant la question des MAPN publiés entre 2008 et 2018 (01-08))

Proposition d'un cadre d'analyse pour l'opérationnalité

Cadre théorique

Pour définir l'opérationnalité et se donner des critères, nous choisissons de nous appuyer sur le cadre théorique fourni par l'ergonomie et de mobiliser les approches complémentaires de ses deux grands courants (Darses et Montmollin, 2012).

Un courant de l'ergonomie (« human factors ») s'intéresse en particulier aux interfaces hommes-machines avec le but d'« assurer la compatibilité entre les caractéristiques des utilisateurs et les caractéristiques des produits et systèmes techniques en vue de faciliter leur usage, à la fois sous l'angle de leur intégration technique et sociale et sous l'angle de leur appropriation » (Barcenilla et Bastien, 2009, p. 312). Les ergonomes appartenant à ce courant ont développé des concepts qui nous ont semblé pertinents pour mieux comprendre ce que recouvre la notion d'opérationnalité. Il s'agit de l'utilisabilité, l'utilité et l'acceptabilité, permettant de caractériser des outils utilisés par un opérateur. La notion d'utilisabilité est centrale. Elle fait son apparition en 1979 (Geisen et Bergstrom, 2017; Shackel, 2009) et a fait l'objet de multiples travaux et développements. Barcenilla et Bastien (2009, p. 313) traduisent ainsi la définition donnée par Shackel en 1991 : « capacité, en termes fonctionnels humains, à permettre une utilisation facile et effective par une catégorie donnée d'utilisateurs, avec une formation et un support adapté, pour accomplir une catégorie donnée de tâches, à l'intérieur d'une catégorie spécifique de contextes ». Bien qu'étant le sujet principal de ses travaux, Nielsen (1993) explique que l'utilisabilité ne constitue qu'une partie seulement d'une question plus large qui est l'acceptabilité globale d'un système par ses utilisateurs et les acteurs avec lesquels il interagit. Un système, comme une MAPN par exemple, serait acceptable par ses utilisateurs s'il l'est sur le plan pratique d'une part et sur le plan social d'autre part. Il décompose l'acceptabilité pratique en l'*utilité* de l'objet ou du système (le fait que les fonctions du système permettent théoriquement de réaliser les opérations attendues) et l'*utilisabilité*, telle qu'elle vient d'être définie, ainsi qu'en d'autres critères tels que le coût, la compatibilité, la fiabilité etc. Nielsen et Shackel proposent plusieurs critères d'utilisabilité,

initialement pensés pour la conception des systèmes informatisés mais aisément transposables dans notre contexte d'étude. Enfin, l'acceptabilité sur le plan social dont parle Nielsen, ou encore *acceptabilité socio-organisationnelle* n'est pas définie très clairement en ergonomie. (Terrade et al., 2009). Elle fait référence selon Dubois et Bobillier-Chaumon (2009), aux normes sociales, à l'influence sociale, à l'image de soi, mais aussi au contexte organisationnel dans lequel se trouve l'utilisateur, particulièrement s'il est dans un contexte professionnel.

L'autre courant de l'ergonomie est centré sur l'analyse des activités des opérateurs (Darses et Montmollin, 2012), les opérateurs étant dans notre cas les utilisateurs potentiels des MAPN, c'est-à-dire les aménageurs, les bureaux d'études et les services de l'Etat. Ce courant ne produit pas des résultats à portée généraliste comme l'ergonomie « human factors » mais permet de mieux cerner la situation de travail et son contexte organisationnel. Sur le plan méthodologique, elle recourt à l'observation des opérateurs en situation d'activité ou quand cela n'est pas possible, à des entretiens avec les opérateurs au cours desquels ils décrivent leur activité.

Méthode

Nous avons transposé les concepts d'utilité, d'utilisabilité et d'acceptabilité socio-organisationnelle en appliquant leur définition et leurs critères au cas des MAPN. Cela semblant pertinent sur le plan théorique, nous avons croisé cette première approche avec les méthodes de l'ergonomie de l'activité afin de vérifier et compléter la liste de critères établis à partir de la bibliographie.

Nous avons profité de l'organisation d'atelier de formation aux méthodes MERCIe et MERCI-Cor développées par notre équipe préalablement au travail de recherche dont il est question dans cet article, pour observer les utilisateurs en situation d'appliquer ces méthodes. Par ailleurs, nous avons réalisé une série d'entretiens auprès de ces différents acteurs, répartis dans quatre régions différentes (Occitanie, Grand-Est, Nouvelle Aquitaine et Guadeloupe). Trente personnes ont été interrogées sur leur manière de mettre en œuvre la séquence ERC, en fonction du rôle qu'elles jouent dans le processus d'autorisation d'un projet, et plus particulièrement, leur pratique de l'évaluation de l'équivalence écologique et du dimensionnement. Ces entretiens ont eu lieu de février 2018 à février 2019.

Nous avons en parallèle réalisé une rapide étude bibliographique au sujet des outils d'aide à la décision (OAD), développés dans des contextes similaires. En effet, les OAD en agriculture, comme en planification territoriale, en gestion de ressources naturelles ou les indicateurs de biodiversité ou de développement durable sont aussi conçus par des scientifiques. Ils reposent sur des connaissances scientifiques, particulièrement des sciences du vivant et de l'aménagement du territoire, et sont appliqués dans des situations complexes. En outre, le constat de la prépondérance de la dimension technique sur la dimension opérationnelle dans la littérature scientifique peut également être fait pour ces OAD. En effet, Pelzer (2017) souligne que la plupart des chercheurs travaillant sur les outils d'aide à la planification se préoccupent surtout des aspects instrumentaux au détriment de l'utilité de ces outils, malgré l'intérêt grandissant pour cet aspect. Prost et al. (2011) ont montré au travers d'une revue de littérature sur la conception de modèles servant de base aux outils d'aide à la décision en agronomie, que les chercheurs affichent rarement de l'intérêt pour l'usage attendu du modèle. Des constats similaires sont également posés pour des indicateurs de biodiversité

(Raubaud, 2016; Failing et Gregory, 2003), ou de développement durable (Rametsteiner et al., 2011).

A ce constat, s'ajoute l'observation de la faible utilisation de ces outils sur le terrain (Pelzer, 2017; Rose et al., 2017, 2016; van Delden et al., 2011; McIntosh et al., 2011; Prost et al., 2011; Uran et Janssen, 2003). Plusieurs publications abordent ou détaillent les causes de la non-utilisation de ces outils. Afin de vérifier la pertinence de nos critères et pour certains d'entre eux, leur validité hors de la question des MAPN, nous établissons une correspondance entre nos critères d'opérationnalité et les causes de non utilisation des OAD.

Résultats : définition et critères d'opérationnalité

Nous proposons de définir l'opérationnalité des MAPN comme la résultante de trois composantes que sont l'utilité, l'utilisabilité et l'acceptabilité socio-organisationnelle. (Voir figure 3). Ainsi, une méthode opérationnelle est une méthode qui permet à l'utilisateur de réaliser l'opération attendue (utilité), facilement et de façon efficiente (utilisabilité), tout en étant adaptée au contexte dans lequel l'utilisateur exerce son activité (acceptabilité socio-organisationnelle).

(Figure 3 : Les trois composantes de l'opérationnalité des MAPN)

La notion d'utilité implique de bien cerner quelles sont les opérations réalisées par l'utilisateur et ce qu'il attend du système pour leur accomplissement. Dans notre cas d'étude, les différents acteurs de la séquence ERC n'effectuent pas exactement les mêmes opérations vis-à-vis de l'exigence de Pas de perte nette. L'agent des services instructeurs vérifie que les mesures compensatoires présentées dans le dossier respectent cette exigence alors que le bureau d'études conçoit les mesures compensatoires par exemple. Cela nous incite à penser que cette composante est particulièrement pertinente s'agissant des MAPN pour définir l'opérationnalité.

Nos observations de terrain nous ont conduit à confirmer l'intérêt présenté par la notion d'acceptabilité socio-organisationnelle. En effet, la méthode développée par un bureau d'étude peut être adoptée par d'autres bureaux d'études, ou être imposée par l'aménageur à son prestataire parce que l'Etat l'a « validée ». Il s'agit là de facteurs extérieurs à l'outil lui-même, propres à son contexte d'utilisation, qui rentrent en compte dans son adoption ou non par les utilisateurs.

Nous associons au total 15 critères d'opérationnalité, répartis entre chaque composante. Le tableau 3 récapitule ces critères, les définit et précise leur origine : la bibliographie ou notre propre analyse issus des ateliers et entretiens. Certains critères ont une portée généraliste, d'autres sont propres à la séquence ERC et précisément aux MAPN.

(Tableau 3 : Proposition de critères d'opérationnalité pour les MAPN)

Le tableau 4 établit un parallèle entre les causes de non utilisation des OAD environnementaux et agricole et nos critères d'opérationnalité. Tous nos critères de portée généraliste peuvent être rattachés aux causes de non-utilisation identifiées dans la littérature, excepté le critère de satisfaction subjective. Cela conforte la pertinence de nos critères. En outre, cela établit un lien direct entre la non utilisation de ces outils produits par la recherche et leur manque d'opérationnalité, et renforce l'intérêt de notre sujet de recherche.

(Tableau 4 : Parallèle entre causes de non-utilisation d'outils d'aide à la décision recensés dans la bibliographie sur les OAD agronomiques, environnementaux et de planification et critères d'opérationnalité)

Analyse théorique de l'opérationnalité des méthodes développées en France

Matériel et méthodes

Notre cadre d'analyse de l'opérationnalité étant défini, nous pouvons procéder à une analyse de l'opérationnalité des méthodes françaises. Nous parlons d'analyse théorique car cette analyse est basée sur les documents accompagnant les méthodes.

Nous distinguons deux catégories de MAPN en France : les méthodes des bureaux d'études développées au cas par cas et présentées dans les dossiers d'autorisation des projets, et les méthodes développées par des équipes de recherche ou d'experts en lien avec des institutions ou des acteurs de terrain dans le cadre de la dynamique évoquée en introduction.

Parmi les méthodes des bureaux d'études, certaines sont connues et utilisées très régulièrement (méthode ECO-MED, méthode miroir du bureau d'études Biotope), voire recommandées par certains services instructeurs. Nous les avons exclues du champ de notre analyse, à ce stade de nos travaux, pour la raison qu'elles sont développées par un bureau d'études, pour sa propre utilisation. Ainsi, on peut considérer qu'utilisateur et concepteur sont confondus et nous faisons l'hypothèse qu'elles sont, par définition, opérationnelles.

Nous avons identifié 6 méthodes développées par des équipes de recherche (voir tableau 5). Nous y avons ajouté une méthode développée sous le pilotage du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) par une équipe d'experts pour la compensation des dommages accidentels de faible gravité (Gaubert et al., 2017). Cette méthode sort du champ de la séquence ERC mais les concepts et connaissances scientifiques sur lesquelles elle repose sont les mêmes que pour les MAPN, son dispositif de conception est similaire à celui des six autres méthodes, et les utilisateurs ne font pas partie de l'équipe de développement.

Nous avons également ajouté le travail en cours du groupe de travail national MTES-AFB. Il s'agit de la formulation des caractéristiques attendues de la méthode, ainsi que les paramètres d'analyse de l'opérationnalité des méthodes existantes.

Toutes ces méthodes ne sont pas au même stade de développement : certaines sont encore en construction tandis que d'autres ont été validées et publiées.

(Tableau 5 : Les méthodes françaises d'évaluation des mesures compensatoires (MAPN))

Ces méthodes sont accompagnées de documents écrits qui exposent et argumentent leur fonctionnement et relatent, de façon plus ou moins détaillée, le processus de développement. Ces documents peuvent être des thèses, des guides d'utilisation, des rapports rendant compte de leur conception, et des articles scientifiques. Pour le groupe de travail national MTES-AFB, il s'agit de la lettre de mission émise par le MTES aux membres du groupe ainsi que la présentation de l'analyse des méthodes existantes produite par l'AFB, lors de la première réunion du groupe. Nous avons recherché dans tous ces documents à déterminer comment était prise en compte l'opérationnalité. Tout d'abord, est-ce que l'opérationnalité est mentionnée comme objectif de développement ? Ensuite, nous avons tenté d'identifier d'éventuelles définitions et critères d'opérationnalité. En leur absence, nous avons cherché à comprendre au travers des explications éventuellement fournies, ce que signifiait le terme opérationnalité pour les concepteurs. Cela nous a permis de reconstituer une liste de critères d'opérationnalité vue par les concepteurs de MAPN.

Nous avons également voulu déterminer (quand l'opérationnalité est affichée comme un objectif) si les concepteurs mentionnent des références bibliographiques sur lesquelles ils se seraient appuyés pour atteindre cet objectif, et s'ils ont procédé à des tests visant spécifiquement à évaluer le degré d'opérationnalité de leur méthode, en vue de procéder à d'éventuels ajustement.

Enfin, pour savoir si les concepteurs ont une vision de l'opérationnalité correspondant à nos propres critères, nous avons reclassé les critères énoncés par les concepteurs (tableau 3) selon notre proposition de grille de critères dans le tableau 7. Cette reclassification est réalisée à partir des explications et commentaires des critères dans les documents associés aux méthodes. Cela a nécessité, pour certains critères des concepteurs, de les interpréter car leur formulation ne coïncidait pas avec les définitions de nos critères. C'est le cas en particulier pour les critères Erreurs d'utilisation et Flexibilité. Le critère Public visé issu du groupe de travail MTES-AFB n'a pas été reclassé, en l'absence d'explications claires sur sa signification.

Résultats

Les résultats de notre analyse documentaire sont détaillés dans le tableau 6. Ils montrent que les concepteurs affichent tous pour objectif de proposer un outil qualifié d'« opérationnel ». L'objectif est toujours formulé et parfois détaillé. Il est dans certains cas accompagné d'explications ou de critères explicites d'opérationnalité, qui ne sont pour la plupart d'entre eux (sauf le critère de rapidité et de coût pour deux méthodes) justifiés par des références bibliographiques. Sur l'ensemble de ces documents, on identifie 6 critères pour que la méthode proposée soit considérée comme opérationnelle :

1. Les données d'entrée nécessaires sont facilement disponibles
2. La méthode est adaptée au niveau de compétence de ses utilisateurs
3. Son utilisation est rapide
4. Elle est fondée sur le plan scientifique
5. Elle est adaptée à la variété des cas qui peuvent exister sur le terrain
6. Elle est peu coûteuse à mettre en œuvre

Cette synthèse ne prend pas en compte les critères utilisés pour analyser les méthodes existantes dans le cadre du groupe de travail national piloté par le MTES et l'AFB, d'autant qu'ils apparaissent davantage comme des paramètres descriptifs que comme des critères indiquant un objectif à atteindre.

Notre analyse montre aussi qu'aucun des documents ne rend compte de tests spécialement dédiés à l'opérationnalité, sauf pour le critère de rapidité de la MNFZH.

Cela nous conduit à faire l'hypothèse que les concepteurs ont choisis et appliqués ces critères de façon plus ou moins intuitive, pour reprendre à notre compte le constat fait par Hak et al. (2012) dans un autre contexte, celui de l'évaluation de la qualité des indicateurs de développement durable. En ce qui concerne les méthodes MERCIe et MERCI-Cor, dont nous avons conduit le développement, nous pouvons confirmer cette hypothèse. Nous nous sommes seulement appuyés sur des collaborations avec les acteurs de terrain et sur notre propre expérience. Pour la méthode développée par Bezombes et al., les concepteurs ont recherché dans la littérature des références pour traiter l'objectif d'opérationnalité qu'ils s'étaient donné, mais ils n'en ont trouvé qu'une seule (voir tableau 5) et ont donc aussi travaillé en se fiant à leur intuition (Bezombes, Com. Pers.). Nous pouvons supposer qu'il en est de même pour les autres équipes de conception.

(Tableau 6 : Les critères d’opérationnalité énoncés par les concepteurs dans la littérature associée aux MAPN françaises)

Le tableau 7 établit une correspondance entre les critères énoncés par les concepteurs de MAPN et notre propre listes de critères d’opérationnalité.

Il en ressort que le critère qui est le mieux identifié est le critère d’Efficience, assimilé pour les concepteurs de MAPN à l’exigence de rapidité d’utilisation d’une méthode. La Facilité d’apprentissage, les Erreurs d’utilisation, la Flexibilité et la Disponibilité des données sont également des critères bien pris en compte par les concepteurs, bien que partiellement. En effet, pour le critère Facilité d’apprentissage, les concepteurs ne le voient que sous l’angle du niveau de compétence des utilisateurs et ne mentionnent pas par exemple, la durée des formations. Or ce paramètre a également son importance quand les utilisateurs ont des emplois du temps très contraints pour lesquels il n’est pas évident de dégager du temps pour de la formation. De même, le critère Erreurs d’utilisation n’est pris en compte qu’au travers des modalités de choix des indicateurs et de leurs valeurs. Les erreurs peuvent aussi provenir de termes aux définitions ambiguës, d’instructions d’utilisation pas assez détaillées, etc.

Nous constatons que tous ces critères correspondent à des critères d’utilisabilité. Cela indique que la représentation de l’opérationnalité chez les concepteurs est proche de ce concept. Cependant, il reste deux critères d’utilisabilité, la Facilité de mémorisation et la Satisfaction de l’utilisateur qui sont totalement ignorés. Nous n’avons pas d’autre hypothèse pour l’expliquer qu’un simple « oubli » lors de la construction des méthodes de la part des concepteurs, démontrant de ce fait l’intérêt de notre approche.

Les autres critères exprimés par les concepteurs de MAPN françaises se rapportent à l’acceptabilité socio-organisationnelle, qui reste cependant faiblement représentée au travers de trois critères seulement sur sept. Le critère Fondements scientifiques n’est formulé que dans deux cas, au travers des mots tels que « robuste », « objectivité et reproductibilité ». Pour les cinq autres méthodes, nous supposons qu’il est considéré comme implicitement satisfait dans la mesure où la conception des MAPN est confiée à des scientifiques.

L’utilité n’est également pas abordée. Nous pouvons l’expliquer par le fait que le développement des MAPN est en lien avec une demande clairement exprimée par les institutions et que ce critère est considéré implicitement comme satisfait, sans tenir compte de la nuance induite par une attention plus précise accordée aux opérations réalisées par les acteurs.

Enfin, certains mots aux significations proches correspondent à des critères différents, traduisant le manque de références communes. Ainsi, « répliquable » pour certains concepteurs correspondra au critère de Flexibilité, car la méthode doit être utilisable dans des cas différents, et « reproductible » traduira l’objectif de Fondements scientifiques, la méthode devant produire des résultats identiques si des utilisateurs différents l’appliquent sur un même cas.

(Tableau 7 : reclassification des critères énoncés par les concepteurs de MAPN selon notre proposition de critères d’opérationnalité)

Discussion

Les résultats de cette analyse nous conduisent à conclure que l’objectif d’opérationnalité des MPAN est traité de façon intuitive et partielle. Nous formulons plusieurs hypothèses pour

expliquer la prise en compte partielle de l'opérationnalité. Cela peut être lié à un problème des compétences mobilisées dans les équipes de conception des MAPN en France. Les concepteurs ont des profils d'écologues : les connaissances issues de l'ergonomie ne font généralement pas partie de leur bagage, et l'opérationnalité est envisagée de façon intuitive. En outre, ils ont majoritairement des parcours de chercheurs.

Cela nous amène à notre deuxième hypothèse : la difficulté du dialogue et des échanges à l'interface entre recherche et action, sujet largement abordé dans les publications scientifiques (Cook et al., 2013; Coreau et al., 2013; Granjou et al., 2013; Weichselgartner et Kasperson, 2010; Holmes et Clark, 2008). Les sphères de la recherche et de l'action évoluent dans des contextes différents et font face à des contraintes également différentes. De ce fait, il n'est pas évident pour des chercheurs d'avoir une vision exhaustive des besoins opérationnels des utilisateurs des MAPN. Ce constat d'une vision plus ou moins erronée des utilisateurs par les concepteurs n'est pas propre au cas des MAPN. De nombreuses publications recommandent d'associer les utilisateurs à la conception des OAD qui leur sont destinés (Pelzer, 2017; Cerf et al., 2012; Prost et al., 2011; Barcenilla et Bastien, 2009; Uran et Janssen, 2003; Gould, 1988).

Enfin, le manque de moyens peut aussi être une explication dans la mesure où cela peut restreindre les équipes de conception : le budget n'est pas suffisant pour y intégrer des experts de l'opérationnalité. De plus, conduire des tests avec les utilisateurs implique de leur part de mobiliser du temps : autant de temps que ne pourra pas facturer un bureau d'études, ou du retard pris dans le traitement des dossiers pour les agents des services instructeurs en sous-effectif (Semal et Guillet, 2017). Pourtant, ce temps mobilisé sur ce type de test ne doit pas être vu comme du temps « perdu » mais au contraire comme le moyen de donner une vraie plus-value aux outils. Ainsi, convaincre les commanditaires des projets de développement de MAPN de prévoir les moyens nécessaires constitue un enjeu crucial de l'amélioration de leur opérationnalité.

Pour compléter cette analyse, nous pensons qu'il serait utile : (i) de réaliser des entretiens avec les concepteurs de ces méthodes sur leur processus de conception, (ii) de procéder à des tests de l'opérationnalité des méthodes avec les utilisateurs en situation. Sur ce deuxième point, cela implique de poursuivre le travail sur la grille de critères pour y associer des métriques, des valeurs cibles et des protocoles de tests. Ainsi, l'utilité d'une MAPN peut être différente selon les acteurs. La méthode peut devoir être adaptée en fonction du type de tâche réalisée par les différentes catégories d'acteurs. De même, quel est le niveau de compétence requis ? Il est a priori différent selon qu'on est un expert naturaliste en bureau d'étude, un spécialiste au sein des services de l'Etat, ou un aménageur. Il peut également varier entre aménageurs selon que l'on cible un responsable environnement avec un profil d'écologue ou un responsable technique de projet chargé de la maîtrise d'œuvre. De même, la flexibilité suppose une bonne connaissance de toute la variabilité possible en termes de tâches, de types de projet, de types d'écosystèmes, etc. Chacun des critères soulève des questions concrètes en termes d'application. Pour y répondre, il serait utile de déterminer une typologie des usages, des utilisateurs et des contextes d'utilisation, à partir de l'analyse des pratiques des acteurs de terrain.

Nous pensons cependant que notre proposition de critères d'opérationnalité revêt un premier intérêt dans la mesure où à ce stade, elle peut guider la conception, donner un cadre de référence et attirer l'attention sur des points jusque-là négligés. Elle a permis d'identifier sept

critères non pris en compte par les concepteurs de MAPN en France. En outre, nous pensons que cette démarche peut être étendue en dehors du contexte de la séquence ERC, dans le champ des outils de gestion en écologie de façon générale. En effet, nous proposons un certain nombre de critères de portée généraliste, ainsi qu'une démarche de travail pour déterminer les critères spécifiques au contexte d'application, qui font l'objet d'ores et déjà, d'un transfert d'application vers un projet de recherche sur l'évitement des collisions routières avec les Lynx (ERC Lynx³⁵, ITTECOP³⁶-CEFE³⁷-Cerema)

Conclusion

Les méthodes d'évaluation de l'atteinte de l'objectif de Pas de perte nette sont conçues avec l'objectif exprimé par les concepteurs d'être opérationnelles pour les acteurs de la séquence ERC, tout en étant fondées sur le plan scientifique. Ce dernier aspect est implicitement compris comme s'appliquant à la dimension technique des méthodes alors que leur dimension opérationnelle est abordée par les concepteurs de façon plus intuitive. Nous proposons une définition de l'opérationnalité basée sur les travaux en ergonomie et à laquelle nous associons quinze critères.

Pour aller plus loin dans l'amélioration de l'opérationnalité des méthodes, il serait nécessaire d'associer des métriques et des valeurs cibles aux critères ainsi que des protocoles de tests à conduire auprès des futurs utilisateurs. Cela doit aussi s'accompagner à notre avis, d'une réflexion sur les processus de conception, associant davantage les acteurs de la séquence ERC. Il s'agit ainsi de s'inscrire dans une démarche de conception communément associée au concept d'utilisabilité, le « design centré utilisateur » (Gulliksen et al., 2003).

Si l'opérationnalité des MAPN telle que nous l'entendons dans cet article, est un facteur d'amélioration de l'application de la séquence ERC, il est bien évidemment loin d'être le seul. L'abondance des travaux de recherche en lien avec la séquence ERC montre la diversité des leviers d'actions, tout comme la complexité du problème. Cependant, en contribuant à donner aux acteurs des territoires les moyens d'agir avec des outils opérationnels, notre réflexion nous semble faire œuvre utile.

Remerciements

Ce travail est réalisé dans le cadre d'une thèse CIFRE³⁸ accueillie par ECO-MED et avec le soutien financier de la DREAL³⁹ Grand-Est, du programme IFRECOR⁴⁰ du ministère de la transition écologique et solidaire, de Vinci Autoroutes, de Nîmes Métropole et de Terega. Les auteurs remercient les DREAL Grand-Est et Occitanie, les DDT-M⁴¹ du Gard et des Ardennes, les DEAL⁴² de Guadeloupe et de la Réunion, Marex, la Communauté régionale ERC d'Occitanie, le Cerema ainsi que Frédérique Millard (MTES) et Véronique de Billy (AFB) du groupe de travail national sur les méthodes de dimensionnement. Les auteurs remercient également le dispositif IDEAS⁴³ de l'INRA⁴⁴ et particulièrement Marianne Cerf. Enfin, les auteurs remercient

³⁵ <http://www.ittecop.fr/recherches-2017/projets-de-recherche/erc-lynx.html>

³⁶ Infrastructures de transports terrestres, écosystèmes et paysages

³⁷ Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive

³⁸ Convention Industrielle de Formation par la REcherche

³⁹ Direction Régionale de l'Environnement, l'Aménagement et du Logement

⁴⁰ Initiative Française pour les REcifs CORaliens

⁴¹ Direction Départementale du Territoire et de la Mer

⁴² Direction de l'Environnement, l'Aménagement et du Logement

⁴³ Initiative for the Design in Agrifood Systems

⁴⁴ Institut National de Recherche Agronomique

les évaluateurs anonymes de l'article pour leurs commentaires encourageants et constructifs qui ont permis sa profonde amélioration.

Liste des tableaux et figures

Figure 1 : Parallèle entre l'évolution réglementaire et la parution des principales MAPN

Figure 2 : Articles scientifiques abordant ou traitant la question des MAPN publiés entre 2008 et 2018 (01-08)

Figure 3 : Les trois composantes de l'opérationnalité des MAPN

Tableau 1 : Inventaire des difficultés liées à la séquence ERC identifiés par les scientifiques

Tableau 2 : Liste d'articles traitant ou abordant la question des méthodes d'évaluation du Pas de perte nette en 2008 et 2018 (01/08)

Tableau 3 : Proposition de critères d'opérationnalité pour les MAPN

Tableau 4 : Parallèle entre causes de non-utilisation d'outils d'aide à la décision recensés dans la bibliographie sur les OAD agronomiques, environnementaux et de planification et critères d'opérationnalité

Tableau 5 : Les méthodes françaises d'évaluation des mesures compensatoires (MAPN)

Tableau 6 : Les critères d'opérationnalité énoncés par les concepteurs dans la littérature associée aux MAPN françaises

Tableau 7 : Reclassification des critères énoncés par les concepteurs de MAPN selon notre proposition de critères d'opérationnalité

Bibliographie

- Akrich, M., 2013, La description des objets techniques, *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs*, M. Callon and B. Latour, Eds., *Sciences sociales*, Presses des Mines, Paris, pp. 159–178 [en ligne] URL : <http://books.openedition.org/pressesmines/1197> (Consulté le 2 avril 2019).
- Barcenilla, J., J. M. C. Bastien, 2009, L'acceptabilité des nouvelles technologies : quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ?, *Trav. Hum.*, 72, pp. 311–331
- Barnaud, G., B. Coïc, 2011, *Mesures compensatoires et correctives liées à la destruction de zones humides*, ONEMA, Paris, 104 p.
- Bas, A., C. Jacob, J. Hay, S. Pioch, S. Thorin, 2016, Improving marine biodiversity offsetting : a proposed methodology for better assessing losses and gains, *J. Environ. Manage.*, pp. 46–59.
- Berthelot, C., S. Demilly, G. Gaillard, S. Grouard, P. Lang, M. Saddier, 2011, *Rapport d'information relatif aux enjeux et aux outils d'une politique intégrée de conservation et de reconquête de la biodiversité*. Assemblée Nationale, Paris, 172 p.
- Bezombes, L., S. Gaucherand, C. Kerbirou, M.-E. Reinert, T. Spiegelberger, 2017, Ecological equivalence assessment methods: what possible trade-offs between operationality, scientific basis, and comprehensiveness ?, *Environ. Manage.*, 60, pp.216–230.
- Bezombes, L., T. Spiegelberger, V. Gouraud, C. Kerbirou, 2018, A set of organized indicators to conciliate scientific knowledge, offset policies requirements and operational constraints in the context of biodiversity offsets, *Ecol. Indic.*, 93, pp. 1244–1252.
- Bezombes, L., 2017, Développement d'un Cadre Méthodologique pour l'Évaluation de l'Équivalence Ecologique : Application dans le Contexte de la Séquence « Eviter, Réduire, Compenser » en France, Communauté Université Grenoble Alpes, 365 p.
- Bidaud, C., M. Hrabanski, P. Meral, 2015, Voluntary biodiversity offset strategies in Madagascar, *Ecosyst. Serv.*, 15, pp. 181–189.
- Bigard, C., S. Pioch, J. D. Thompson, 2017, The inclusion of biodiversity in environmental impact assessment: Policy-related progress limited by gaps and semantic confusion, *J. Environ. Manage.*, 200, pp. 35–45.
- Billy, V. de, J. Tournebize, G. Barnaud, M. Benoît, F. Birgand, J. Garnier, B. Lesaffre, C. Leveque, G. de Marsily, S. Muller, A. Musy, D. Zimmer 2015, Compenser la destruction de zones humides. Retours d'expérience sur les méthodes et réflexions inspirées par le projet d'aéroport de Notre-Dame-des-Landes (France), *Nat. Sci. Sociétés*, 23, pp. 27–41.
- Bradford, M. J., 2017, Accounting for uncertainty and time lags in equivalency calculations for offsetting in aquatic resources management, *Environ. Manage.*, 60, pp. 588–597.

- te Brömmelstroet, M., 2017, PSS are more user-friendly, but are they also increasingly useful?, *Transp. Res. Part Policy Pract.*, 104, pp. 96–107.
- Bull, J. W., K. B. Suttle, A. Gordon, N. J. Singh, E. J. Milner-Gulland, 2013, Biodiversity offsets in theory and practice, *Oryx*, 47, pp. 369–380.
- Bull, J. W., A. Gordon, E. A. Law, K. B. Suttle, E. J. Milner-Gulland, 2014a, Importance of Baseline Specification in Evaluating Conservation Interventions and Achieving No Net Loss of Biodiversity, *Conserv. Biol.*, 28, pp. 799–809.
- Bull, J. W., E. J. Milner-Gulland, K. B. Suttle, N. J. Singh, 2014b, Comparing biodiversity offset calculation methods with a case study in Uzbekistan, *Biol. Conserv.*, 178, pp. 2–10.
- Bull, J. W., A. Gordon, J. E. M. Watson, M. Maron, 2016, Seeking convergence on the key concepts in ‘no net loss’ policy, *J. Appl. Ecol.*, 53, pp. 1686–1693.
- Calvet, C., C. Napoléone, J.-M. Salles, 2015, The Biodiversity Offsetting Dilemma: Between Economic Rationales and Ecological Dynamics, *Sustainability*, 7, pp. 7357–7378.
- Carreras Gamarra, M. J., J. P. Lassoie, J. Milder, 2018, Accounting for no net loss: A critical assessment of biodiversity offsetting metrics and methods, *J. Environ. Manage.*, 220, pp. 36–43.
- Carver, L., S. Sullivan, 2017, How economic contexts shape calculations of “yield” in biodiversity offsetting, *Conserv. Biol.*, n/a-n/a.
- Cerf, M., M.-H. Jeuffroy, L. Prost, J.-M. Meynard, 2012, Participatory design of agricultural decision support tools: taking account of the use situations, *Agron. Sustain. Dev.*, 32, pp. 899–910.
- Cochrane, J. F., E. Lonsdorf, T. D. Allison, C. A. Sanders-Reed, 2015, Modeling with uncertain science: estimating mitigation credits from abating lead poisoning in Golden Eagles, *Ecol. Appl.*, 25, pp. 1518–1533.
- Commissariat Général au Développement Durable (CGDD), 2013, *Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire, et compenser les impacts sur les milieux naturels*. Ministère de l’Ecologie, du Développement Durable et de l’Energie, Paris, 232 p.
- Cook, C. N., M. B. Mascia, M. W. Schwartz, H. P. Possingham, R. A. Fuller, 2013, Achieving Conservation Science that Bridges the Knowledge–Action Boundary, *Conserv. Biol.*, 27, pp. 669–678.
- Coreau, A., C. Nowak, L. Mermet, 2013, L’expertise pour les politiques nationales de biodiversité en France : quelles stratégies face aux mutations en cours ?, *Vertigo - Rev. Électronique En Sci. Environ.*, [en ligne] URL : <http://vertigo.revues.org/14221> (Consulté le 30 septembre 2015).
- Dalang, T., A. M. Hersperger, 2010, How much compensation do we need? Replacement ratio estimates for Swiss dry grassland biotopes, *Biol. Conserv.*, 143, pp. 1876–1884.

- Dantec, R., 2017, *Rapport sur la réalité des mesures de compensation des atteintes à la biodiversité engagées sur des grands projets d'infrastructures, intégrant les mesures d'anticipation, les études préalables, les conditions de réalisation et leur suivi. Tome 1.* Sénat, Paris, 226 p.
- Darses, F., M. de Montmollin, 2012, I. Le travail et l'ergonomie, *L'ergonomie, Repères*, Paris, pp. 7–18.
- van Delden, H., R. Seppelt, R. White, A. J. Jakeman, 2011, A methodology for the design and development of integrated models for policy support, *Environ. Model. Softw.*, 26, pp. 266–279.
- Desvousges, W. H., N. Gard, H. J. Michael, A. D. Chance, 2018, Habitat and Resource Equivalency Analysis: A Critical Assessment, *Ecol. Econ.*, 143, pp. 74–89.
- Dubois, M., M.-É. Bobillier-Chaumon, 2009, L'acceptabilité des technologies : bilans et nouvelles perspectives, *Trav. Hum.*, 72, pp. 305–310.
- Failing, L., R. Gregory, 2003, Ten common mistakes in designing biodiversity indicators for forest policy, *J. Environ. Manage.*, 68, pp. 121–132.
- Gaubert, H., S. Hubert, F. Quétier, 2017, *Méthode d'évaluation biophysique des dommages écologiques*, Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer. Commissariat Général au Développement Durable, Paris, 81 p.
- Gaucherand, S., E. Schwoertzig, J.-C. Clément, B. Johnson, F. Quétier, 2015, The cultural dimensions of freshwater wetland assessments : lessons learned from the application of US rapid assessment methods in France, *Environ. Manage.*, 56, pp. 245–259.
- Gayet, G., F. Baptist, L. Baraille, P. Caessteker, J.-C. Clément, J. Gaillard, S. Gaucherand, F. Isselin-Nondedeu, C. Poinot, F. Quétier, J. Touroult, G. Barnaud, 2016a, *Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides*, Onema, 190 p.
- Gayet, G., F. Baptist, L. Baraille, P. Caessteker, J.-C. Clément, J. Gaillard, S. Gaucherand, F. Isselin-Nondedeu, C. Poinot, F. Quétier, J. Touroult, G. Barnaud, , 2016b, *Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides*, Onema, MNHN, 310 p.
- Geertman, S., 2006: Potentials for Planning Support, A Planning-Conceptual Approach, *Environ. Plan. B Plan. Des.*, 33, pp. 863–880.
- Geisen, E., J. R. Bergstrom, 2017: *Usability Testing for Survey Research*. Morgan Kaufmann, 252 p.
- Gonçalves, B., A. Marques, A. M. V. D. M. Soares, H. M. Pereira, 2015, Biodiversity offsets: from current challenges to harmonized metrics, *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, 14, pp. 61–67.
- Gould, J. D., 1988, How to design usable systems, *handbook of Human-Computer Interaction*, Amsterdam, pp. 757–789.

- Granjou, C., I. Mauz, M. Daccache, 2013, Les conditions de l’articulation entre recherche et expertise, *Rev. Anthropol. Connaiss.*, Vol. 7, n° 1, pp. 67–86.
- Gulliksen, J., B. Göransson, I. Boivie, S. Blomkvist, J. Persson, Å. Cajander, 2003, Key Principles for User-Centred Systems Design, *Behav. IT*, 22, pp. 397–409.
- Habib, T. J., D. R. Farr, R. R. Schneider, S. Boutin, 2013, Economic and Ecological Outcomes of Flexible Biodiversity Offset Systems, *Conserv. Biol.*, 27, pp. 1313–1323.
- Hak, T., J. Kovanda, J. Weinzettel, 2012, A method to assess the relevance of sustainability indicators: Application to the indicator set of the Czech Republic’s Sustainable Development Strategy, *Ecol. Indic.*, 17, pp. 46–57.
- Holmes, J., R. Clark, 2008, Enhancing the use of science in environmental policy-making and regulation, *Environ. Sci. Policy*, 11, pp. 702–711.
- Jacob, C., F. Quétier, J. Aronson, S. Pioch, H. Levrel, 2015, Vers une politique française de compensation des impacts sur la biodiversité plus efficace : défis et perspectives, *Vertigo - Rev. Électronique En Sci. Environ.*, [en ligne] URL : <http://vertigo.revues.org/15385> (Consulté le 17 avril 2015).
- Jacob, C, S. Pioch, S. Thorin, 2016, The effectiveness of mitigation hierarchy in environmental impact studies on marine ecosystems : a case study in France, *Environ. Impact Assess. Rev.*, pp. 83–98.
- Koh, N. S., T. Hahn, C. Ituarte-Lima, 2017, Safeguards for enhancing ecological compensation in Sweden, *Land Use Policy*, 64, pp. 186–199.
- Laitila, J., A. Moilanen, F. M. Pouzols, 2014, A method for calculating minimum biodiversity offset multipliers accounting for time discounting, additionality and permanence, *Methods Ecol. Evol.*, 5, pp. 1247–1254.
- Levrel, H., 2006, Biodiversité et développement durable : quels indicateurs ? Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 407 p.
- Levrel, H., S. Pioch, R. Spieler, 2012, Compensatory mitigation in marine ecosystems: Which indicators for assessing the “no net loss” goal of ecosystem services and ecological functions?, *Mar. Policy*, 36, pp. 1202–1210.
- Levrel, H., N. Frascaria-Lacoste, J. Hay, G. Martin, S. Pioch, 2015, *Restaurer la nature pour atténuer les impacts du développement. Analyse des mesures compensatoires pour la biodiversité*. Quae. Paris, 314 p.
- Mann, C., 2015, Strategies for sustainable policy design: Constructive assessment of biodiversity offsets and banking, *Ecosyst. Serv.*, 16, pp. 266–274.
- Maron, M., J. W. Bull, M. C. Evans, A. Gordon, 2015, Locking in loss: Baselines of decline in Australian biodiversity offset policies, *Biol. Conserv.*, 192, pp. 504–512.

- Martin, G., 2015, Fonctions du droit et mesures compensatoires françaises, *Restaurer la nature pour atténuer les impacts du développement : Analyse des mesures compensatoires pour la biodiversité*, Synthèses, Paris, pp. 16–24.
- Maseyk, F., L. Barea, R. Stephens, H. Possingham, G. Dutson, M. Maron, 2016, A disaggregated biodiversity offset accounting model to improve estimation of ecological equivalency and no net loss, *Biol. Conserv.*, 204, pp. 322–332.
- McIntosh, B. S., J. C. Ascough, M. Twery, J. Chew, A. Elmahdi, D. Haase, J.J. Harou, D. Hepting, S. Cuddy, A. J. Jakeman, S. Chen, A. Kassahun, S. Lautenbach, K. Matthews, W. Merritt, N. W. T. Quinn, I. Rodriguez-Roda, S. Sieber, M. Stavenga, A. Sulis, J. Ticehurst, M. Volk, M. Wrobel, H. van Delden, S. El-Sawah, A. Rizzoli, A. Voinov, 2011, Environmental decision support systems (EDSS) development – Challenges and best practices, *Environ. Model. Softw.*, 26, pp. 1389–1402.
- Mechin, A., S. Pioch, 2016, *Une méthode expérimentale pour évaluer rapidement la compensation en zone humide. La méthode MERCIe : principes et applications*. Onema, 85p.
- Miller, K. L., J. A. Trezise, S. Kraus, K. Dripps, M. C. Evans, P. Gibbons, H. P. Possingham, M. Maron, 2015, The development of the Australian environmental offsets policy: from theory to practice, *Environ. Conserv.*, 42, pp. 306–314.
- Moilanen, A., A. J. A. Van Teeffelen, Y. Ben-Haim, S. Ferrier, 2009, How Much Compensation is Enough? A Framework for Incorporating Uncertainty and Time Discounting When Calculating Offset Ratios for Impacted Habitat, *Restor. Ecol.*, 17, pp. 470–478.
- Monnoyer-Smith, L., C. Aubel, 2018, Lettre de mission à destination des membres du groupe de travail “élaboration d’une méthode générique et harmonisée pour dimensionner la compensation ex-ante des atteintes à la biodiversité.”
- Moreno-Mateos, D., M. E. Power, F. A. Comín, R. Yockteng, 2012, Structural and Functional Loss in Restored Wetland Ecosystems, *PLOS Biol.*, 10, e1001247.
- Moreno-Mateos, D., V. Maris, A. Béchet, M. Curran, 2015, The true loss caused by biodiversity offsets, *Biol. Conserv.*, 192, pp. 552–559.
- Nielsen, J., 1993, *Usability Engineering - 1st Edition*. AP Professional. 362 pp. [en ligne] URL : <https://www.elsevier.com/books/usability-engineering/nielsen/978-0-08-052029-2> (Consulté le 17 janvier 2018).
- Overton, J. M., R. T. T. Stephens, S. Ferrier, 2013, Net Present Biodiversity Value and the Design of Biodiversity Offsets, *AMBIO*, 42, pp. 100–110.
- Pelzer, P., 2017, Usefulness of planning support systems: A conceptual framework and an empirical illustration, *Transp. Res. Part Policy Pract.*, 104, pp. 84–95.
- Pinault, M., S. Pioch, N. Pascal, 2017, *Guide pour la mise en œuvre des mesures compensatoires et la méthode de dimensionnement MERCI-Cor*. IFRECOR, 76 p.

- Pioch, S., G. Barnaud, B. Coïc, 2015, Méthodes de dimensionnement des mesures compensatoires pour les zones humides. *Restaurer la nature pour atténuer les impacts du développement : Analyse des mesures compensatoires pour la biodiversité, Synthèses*, Paris, pp. 220–223.
- Prost, L., M. Cerf, M.-H. Jeuffroy, 2011, Lack of consideration for end-users during the design of agronomic models, A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 32. [en ligne] URL : https://www.researchgate.net/publication/257805337_Lack_of_consideration_for_end-users_during_the_design_of_agronomic_models_A_review (Consulté le 27 juillet 2017).
- Quétier, F., S. Lavorel, 2011, Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes : Key issues and solutions, *Biol. Conserv.*, 144, pp. 2991–2999.
- Quétier, F., B. Regnery, H. Levrel, 2014, No net loss of biodiversity or paper offsets ? A critical review of the French no net loss policy, *Environ. Sci. Policy*, pp. 120–131.
- Rabardel, P., 1995, *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*, Armand Colin. Paris, 238 pp.
- Rabaud, S., 2016, Les indicateurs de biodiversité entre connaissances et actions : impasses, détours ou raccourcis pour les stratégies environnementales ?, AgroParisTech, 421 pp.
- Rametsteiner, E., H. Pülzl, J. Alkan-Olsson, P. Frederiksen, 2011, Sustainability indicator development—Science or political negotiation?, *Ecol. Indic.*, 11, pp. 61–70.
- Regnery, B., 2013, Les mesures compensatoires pour la biodiversité, conception et perspectives d’application. Université Pierre et Marie Curie, 244p.
- Regnery, B., F. Quétier, N. Cozannet, S. Gaucherand, A. Laroche, M. Burylo, D. Couvet, C. Kerbiriou, 2013, Mesures compensatoires pour la biodiversité : comment améliorer les dossiers environnementaux et la gouvernance ?, [en ligne] URL : <http://set-revue.fr/mesures-compensatoires-pour-la-biodiversite-comment-ameliorer-les-dossiers-environnementaux-et-la> (Consulté le 29 février 2016).
- Rose, D. C., W. J. Sutherland, C. Parker, M. Loble, M. Winter, C. Morris, S. Twining, C. Ffoulkes, T. Amano, L. V. Dicks, 2016, Decision support tools for agriculture: Towards effective design and delivery, *Agric. Syst.*, 149, pp. 165–174.
- Rose D. C., P. Addison, M. Ausden, L. Bennun, C. Mills, S. O’Donnell, C. G. Parker, M. Ryan, L. Weatherdon, K. Despot-Belmonte, W. J. Sutherland, R. J. Robertson, 2017, Decision support tools in conservation: a workshop to improve user-centred design, *Res. Ideas Outcomes*, 3, [[en ligne] URL : https://www.researchgate.net/publication/319966183_Decision_support_tools_in_conservation_a_workshop_to_improve_user-centred_design (Consulté le 25 juillet 2018).

- Rowe, D. K., S. Parkyn, J. Quinn, K. Collier, C. Hatton, M. K. Joy, J. Maxted, S. Moore, 2009, A Rapid Method to Score Stream Reaches Based on the Overall Performance of Their Main Ecological Functions, *Environ. Manage.*, 43, pp. 1287–1300.
- Sahley, C. T., B. Vildoso, C. Casaretto, P. Taborga, K. Ledesma, R. Linares-Palomino, G. Mamani, F. Dallmeier, A. Alonso, 2017, Quantifying impact reduction due to avoidance, minimization and restoration for a natural gas pipeline in the Peruvian Andes, *Environ. Impact Assess. Rev.*, 66, pp. 53–65.
- Semal, L., F. Guillet, 2017, Chapitre 6. Compenser les pertes de biodiversité, *Les politiques de biodiversité*, Presses de Sciences Po (P.F.N.S.P.), pp. 149–169 [en ligne] URL : https://www.cairn.info/article.php?ID_ARTICLE=SCPO_COMPA_2017_01_0149 (Consulté le 23 janvier 2018).
- Shackel, B., 1991, Ergonomics in design and usability, *People and computers: designing for usability*, Harrison & A. Monk, Cambridge, pp. 44–64.
- Shackel, B., 2009, Usability - Context, framework, definition, design and evaluation, *Interact. Comput.*, 21, pp. 339–346.
- Sutula, M. A., E. D. Stein, J. N. Collins, A. E. Fetscher, R. Clark, 2006, A Practical Guide for the Development of a Wetland Assessment Method: The California Experience, *JAWRA J. Am. Water Resour. Assoc.*, 42, pp. 157–175.
- Terrade, F., H. Pasquier, J. Reerinck-Boulanger, G. Guingouain, A. Somat, 2009, L'acceptabilité sociale : la prise en compte des déterminants sociaux dans l'analyse de l'acceptabilité des systèmes technologiques, *Trav. Hum.*, 72, pp. 383–395.
- Truchon, H., V. de Billy, N. Poulet, 2018, Élaboration d'une méthodologie générique et harmonisée pour dimensionner la compensation ex-ante des atteintes à la biodiversité. Avantages et limites des approches et méthodes existantes.
- Uran, O., and R. Janssen, 2003, Why are spatial decision support systems not used? Some experiences from the Netherlands, *Comput. Environ. Urban Syst.*, 27, pp. 511–526.
- Vaissière, A.-C., 2014, Le recours au principe de compensation écologique dans les politiques publiques en faveur de la biodiversité : enjeux organisationnels et institutionnels : cas des écosystèmes aquatiques marins et continentaux, Université de Bretagne Occidentale, 249 p.
- Vanpeene-Bruhier, S., P.-A. Pissard, M. Kopf, 2013, Prise en compte de la biodiversité dans les projets d'aménagement : comment améliorer la commande des études environnementales ?, *Dév. Durable Territ. Économie Géographie Polit. Droit Sociol.*, <https://developpementdurable.revues.org/9701> (Consulté le 21 avril 2016).
- Vonk, G., S. Geertman, P. Schot, 2005, Bottlenecks Blocking Widespread Usage of Planning Support Systems, *Environ. Plan. Econ. Space*, 37, pp. 909–924.

- Weichselgartner, J., R. Kasperson, 2010, Barriers in the science-policy-practice interface: Toward a knowledge-action-system in global environmental change research, *Glob. Environ. Change*, 20, pp. 266–277.
- Yu, S., B. Cui, P. Gibbons, J. Yan, X. Ma, T. Xie, G. Song, Y. Zou, X. Shao, 2017, Towards a biodiversity offsetting approach for coastal land reclamation: Coastal management implications, *Biol. Conserv.*, 214, pp. 35–45.

Figures et tableaux

Figure 1 : Parallèle entre l'évolution réglementaire et la parution des principales MAPN

Parallel between the regulatory evolution and the publication of the main MAPN

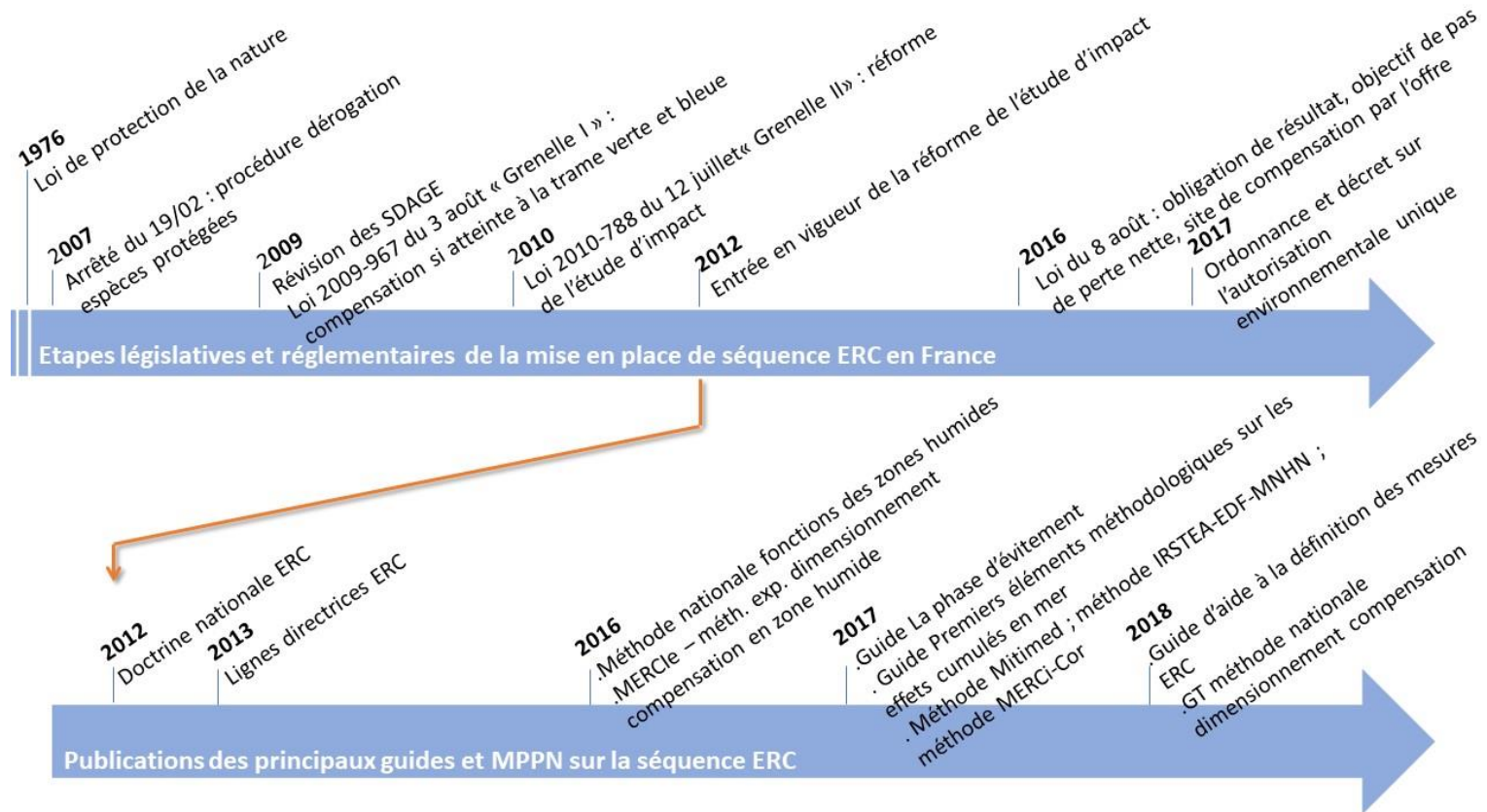


Figure 2 : Articles scientifiques abordant ou traitant la question des MAPN publiés entre 2008 et 2018 (01-08)

Scientific papers addressing the issue of the MAPN published between 2008 and 2018 (01-08)

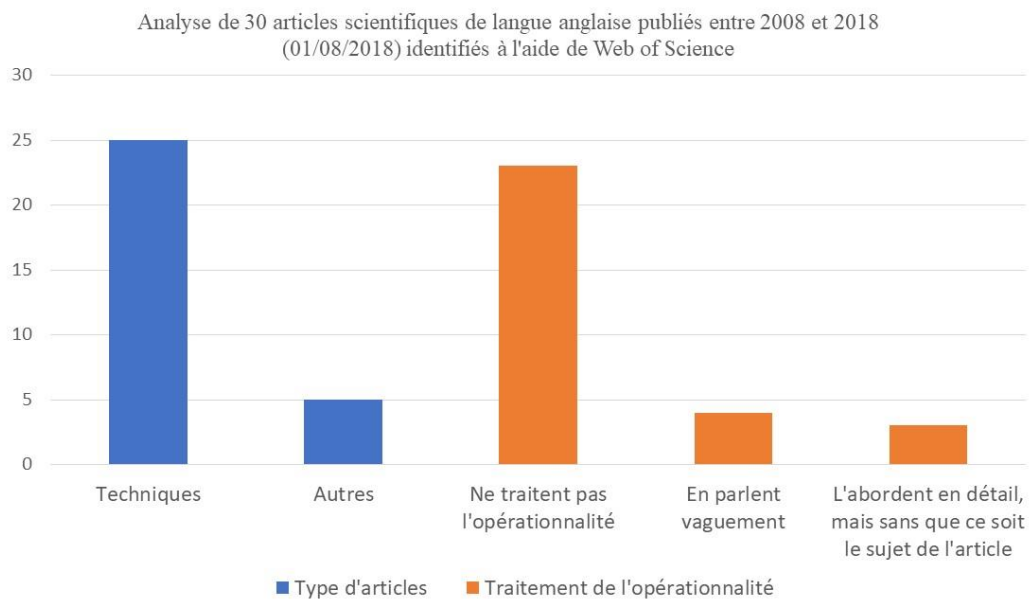


Figure 3 : Les trois composantes de l'opérationnalité des MAPN

The three components of the operability of the MAPN

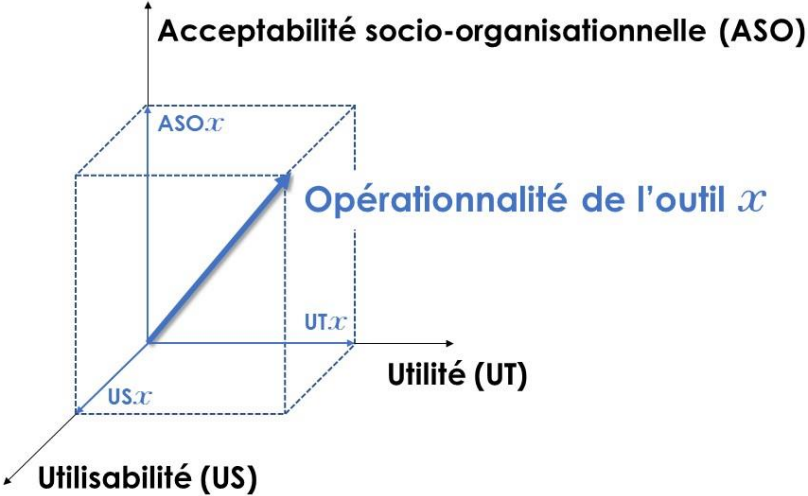


Tableau 1 : Inventaire des difficultés liées à la séquence ERC identifiés par les scientifiques

Inventory of difficulties related to the mitigation hierarchy identified by scientists

Auteurs	Nature des difficultés	Portée
Cadre du dispositif ERC		
Semal et Guillet, 2017 Martin, 2015 Dantec, 2017	Cadre référentiel et juridique flou (plus particulièrement jusqu'à la loi de 2016)	France
Bigard et al., 2017 ; Dantec, 2017 Bull et al., 2016 Jacob et al., 2016 Quétier et al., 2014	Définitions insuffisamment précises, en particulier de la notion d'impact significatif, de l'évitement, de la réduction et de la compensation. Confusion entre évitement, réduction, compensation. Compréhension variable des différents concepts associés au>NNL	France et international
Dantec, 2017 ; Semal et Guillet, 2017	Complexité et hétérogénéité du droit de la compensation, insécurité pour les parties prenantes	France
Mise en application de la séquence ERC		
Regnery et al., 2013 ; Vaissière, 2014	Problèmes de gouvernance	France
Bull et al., 2013	Respect des engagements en termes de mesures compensatoires pris par les maîtres d'ouvrages	International
Bull et al., 2013 Dantec, 2017 Quétier et al., 2014	Problème de la pérennité des mesures compensatoires, dispositifs contractuels et modalités foncières pas suffisamment sécurisants	International France
Bull et al., 2013 Bigard et al., 2017 Jacob et al., 2015 Dantec, 2017 Quétier et al., 2014	Mesures des résultats écologiques, suivi de la compensation après sa mise en œuvre	International France
Jacob et al., 2015 ; Semal et Guillet, 2017	Moyens limités pour l'instruction des dossiers : manque de formation des agents, manque d'agents, hétérogénéité des compétences	France

Dantec, 2017	Anticipation de l'évitement et de la réduction insuffisante de la part des maîtres d'ouvrages, prise en compte de la séquence ERC trop tardivement dans le cycle des projets	France
Gonçalves et al., 2015 Regnery et al., 2013 Quétier et al., 2014 Jacob et al., 2015 Dantec, 2017	Problème de la localisation des sites de compensation, manque d'une approche territoriale	International France
Dantec, 2017 Billy et al., 2015	Tensions avec le monde agricole	France
Argumentaire scientifique dans les dossiers des maîtres d'ouvrages		
Bull et al., 2013 Gonçalves et al., 2015 Quétier et Lavorel, 2011 Quétier et al., 2014 ; Vanpeene-Bruhier et al., 2013	Définition du concept de l'équivalence écologique, choix des métriques de la biodiversité	International France
Jacob et al., 2015 Dantec, 2017 Quétier et al., 2014	Absence de méthodes de référence pour évaluer l'équivalence écologique et l'atteinte de la non perte nette, pour mesurer et comparer les pertes et les gains.	France
Bull et al., 2013 Maron et al., 2015 Bull et al., 2014a Billy et al., 2015 Quétier et al., 2014	Non prise en compte des références à partir desquels on évalue l'atteinte de l'objectif de non perte nette. Non prise en compte de la dynamique temporelle des écosystèmes	France
Bull et al., 2013 ; Bigard et al., 2017 ; Quétier et al., 2014	Question des seuils, et des impacts cumulés non ou insuffisamment pris en compte	International France
Regnery et al., 2013	Fonctionnalités écologiques pas assez prises en compte dans les dossiers	France
Quétier et Lavorel, 2011 Quétier et al., 2014 Billy et al., 2015 Bradford, 2017	Problème du décalage temporel entre les pertes et les gains écologiques	International France

Vanpeene-Bruhier et al., 2013	Manque de prise en compte des continuités écologiques	France
Dantec, 2017	Manque de prise en compte des impacts générés par les travaux	France
Bull et al., 2013 Quétier et Lavorel, 2011 Billy et al., 2015 Moreno-Mateos et al., 2012 Bradford, 2017	Incertitude sur les trajectoires écologiques, risque d'échec et efficacité des mesures de restauration	International France
Quétier et al., 2014 Calvet et al., 2015	Manque de retours d'expériences et de connaissances sur la restauration des écosystèmes	France
Regnery et al., 2013 Bigard et al., 2017 Jacob et al., 2016 Dantec, 2017	Focalisation sur les espèces protégées, y compris en milieu marin, biodiversité ordinaire pas assez prise en compte	France

Tableau 2 : Liste d'articles traitant ou abordant la question des méthodes d'évaluation du Pas de perte nette en 2008 et 2018 (01/08)

List of articles dealing with the issue of mitigation assessment method between 2008 and 2018 (01/08)

Auteur principal et année de publication	Titre de l'article	Revue	Opérationnalité	Type d'analyse
Présentent, analysent des méthodes existantes, étudient des cas d'application				
1	Desvousges et al., 2018	Habitat and Resource Equivalency Analysis: A Critical Assessment.	Ecological Economics	Autre
2	Bezombes et al., 2017	Ecological equivalence assessment methods: what possible trade-offs between operationality, scientific basis, and comprehensiveness ?	Environmental Management	Définit des critères d'opérationnalité et analyse les méthodes selon ces critères (et d'autres)
3	Bull et al., 2014b	Comparing biodiversity offset calculation methods with a case study in Uzbekistan.	Biological Conservation	Technique
4	Levrel et al., 2012	Compensatory mitigation in marine ecosystems: Which indicators for assessing the "no net loss" goal of ecosystem services and ecological functions?	Marine Policy	Technique
Propose une nouvelle méthode				
5	Carreras Gamarra et al., 2018	Accounting for no net loss: A critical assessment of biodiversity offsetting metrics and methods.	Journal of Environmental Management	Technique
6	Yu et al., 2017	Towards a biodiversity offsetting approach for coastal land reclamation: Coastal management implications.	Biological Conservation	Technique
7	Sahley et al., 2017	Quantifying impact reduction due to avoidance, minimization and restoration for a natural gas pipeline in the Peruvian Andes.	Environmental Impact Assessment Review	Technique

8	Bezombes et al., 2018	A set of organized indicators to conciliate scientific knowledge, offset policies requirements and operational constraints in the context of biodiversity offsets.	Ecological Indicators	Se donne des critères d'opérationnalité guidant le choix des indicateurs pour la méthode	Technique
9	Maseyk et al., 2016	A disaggregated biodiversity offset accounting model to improve estimation of ecological equivalency and no net loss.	Biological Conservation	Exprime une exigence de simplicité et de facilité d'accès de la méthode développée pour des acteurs de terrain	Technique
10	Bas et al., 2016	Improving marine biodiversity offsetting : a proposed methodology for better assessing losses and gains.	Journal of Environmental Management		Technique
11	Miller et al., 2015	The development of the Australian environmental offsets policy: from theory to practice.	Environmental Conservation	Souligne que le développement de la MAPN a été réalisé avec les acteurs et aborde la question de la facilité d'usage et des limites éventuelles	Technique
12	Bidaud et al., 2015	Voluntary biodiversity offset strategies in Madagascar.	Ecosystem Services		Technique
13	Cochrane et al., 2015	Modeling with uncertain science: estimating mitigation credits from abating lead poisoning in Golden Eagles.	Ecological Applications		Technique
14	Laitila et al., 2014	A method for calculating minimum biodiversity offset multipliers accounting for time discounting, additionality and permanence.	Methods in Ecology and Evolution		Technique
15	Overton et al., 2013	Net Present Biodiversity Value and the Design of Biodiversity Offsets.	AMBIO		Technique
16	Dalang et Hersperger, 2010	How much compensation do we need? Replacement ratio estimates for Swiss dry grassland biotopes.	Biological Conservation		Technique

17	Moilanen et al., 2009	How Much Compensation is Enough? A Framework for Incorporating Uncertainty and Time Discounting When Calculating Offset Ratios for Impacted Habitat.	Restoration Ecology		Technique
18	Gonçalves et al., 2015	Biodiversity offsets: from current challenges to harmonized metrics.	Current Opinion in Environmental Sustainability		Technique
19	Rowe et al., 2009	A Rapid Method to Score Stream Reaches Based on the Overall Performance of Their Main Ecological Functions.	Environmental Management	Exprime l'objectif d'une méthode prête à appliquer. Méthode testée par les praticiens	Technique
Fait des recommandations générales					
20	Bradford, 2017	Accounting for Uncertainty and Time Lags in Equivalency Calculations for Offsetting in Aquatic Resources Management Programs.	Environmental Management		Technique
21	Bull et al., 2016	Seeking convergence on the key concepts in 'no net loss' policy.	Journal of Applied Ecology		Technique
22	Maron et al., 2015	Locking in loss: Baselines of decline in Australian biodiversity offset policies.	Biological Conservation		Technique
23	Moreno-Mateos et al., 2015	The true loss caused by biodiversity offsets.	Biological Conservation		Autre
24	Mann, 2015	Strategies for sustainable policy design: Constructive assessment of biodiversity offsets and banking.	Ecosystem Services	Aborde la difficulté à proposer des méthodes conjuguant simplicité et pris en compte de la complexité écologique	Autre
25	Bull et al., 2014a	Importance of Baseline Specification in Evaluating Conservation Interventions and Achieving No Net Loss of Biodiversity.	Conservation Biology		Technique

26	Habib et al., 2013	Economic and Ecological Outcomes of Flexible Biodiversity Offset Systems	Conservation Biology		Technique
27	Bull et al., 2013	Biodiversity offsets in theory and practice.	Oryx		Technique
28	Quétier et Lavorel, 2011	Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes : Key issues and solutions.	Biological Conservation		Technique
Autre					
29	Koh et al., 2017	Safeguards for enhancing ecological compensation in Sweden.	Land Use Policy	Rend compte d'une étude de cas dans lequel la MAPN a été jugée comme peu compréhensible et manquant de transparence.	Autre
30	Carver et Sullivan, 2017	How economic contexts shape calculations of "yield" in biodiversity offsetting.	Conservation Biology		Autre

Tableau 3 : Proposition de critères d’opérationnalité pour les MAPN

Proposal for operability criteria for the MAPN

Composante de l’opérationnalité	Définition	Critères	Références	Définition	Portée d’application
Utilité	Aptitude d’un bien à satisfaire un besoin ou à créer les conditions favorables à cette satisfaction (Larousse)	Périmètre fonctionnel correspondant aux tâches attendues	Nielsen, 1993	Les fonctions du système permettent théoriquement de réaliser les tâches attendues.	Généraliste
Utilisabilité	<i>Capacité, en termes fonctionnels humains, à permettre une utilisation facile et effective par une catégorie donnée d’utilisateurs, avec une formation et un support adapté, pour accomplir une catégorie donnée de tâches, à l’intérieur d’une catégorie spécifique de contextes</i> (Shackel, 1991 traduit par Barcenilla et Bastien, 2009)	Facilité d’apprentissage	Nielsen, 1993; Shackel, 2009	L’apprentissage de la méthode ne requiert pas un niveau de compétence que les utilisateurs n’auraient pas, ni un temps de formation trop long (par exemple : une journée maximum)	Généraliste
		L’efficience	Nielsen, 1993; Shackel, 2009	Le temps mis par les utilisateurs expérimentés de la méthode pour obtenir les résultats d’évaluation de l’atteinte de l’objectif de pas de perte nette de biodiversité est minimum, ou jugé satisfaisant par les utilisateurs.	Généraliste
		Facilité de mémorisation	Nielsen, 1993	Pour les utilisateurs ne se servant pas de la méthode au quotidien, il n’est pas nécessaire de retourner à chaque utilisation vers le guide pratique de la méthode.	Généraliste
		Erreurs d’utilisation	Nielsen, 1993	Il n’y a pas d’ambiguïté sur l’interprétation et l’application des indicateurs écologiques, coefficients et formules composant la méthode.	Généraliste

		Satisfaction subjective	Nielsen, 1993; Shackel, 2009	L'utilisateur se dit satisfait de l'utilisation de la méthode, elle correspond à ces attentes, elle n'engendre pas d'inconfort, de frustration, d'effort personnel, de fatigue.	Généraliste
		Flexibilité	Shackel, 2009	La méthode peut s'adapter à un certain taux de variation des tâches et de l'environnement par rapport à ce qui est prévu d'une part, et à une certaine diversité des contextes écologiques des projets d'autre part.	Généraliste
		Disponibilité des données	Bezombes et al., 2017	La méthode fonctionne avec des données existantes et facilement accessibles, ou ne nécessitant pas de procédures de collecte coûteuse.	Généraliste
Acceptabilité socio-organisationnelle	Fait référence aux normes sociales, à l'influence sociale, à l'image de soi, mais aussi au contexte organisationnel dans lequel se trouve l'utilisateur, particulièrement s'il est dans un contexte professionnel (Dubois et	Fondements scientifiques	Bezombes et al., 2017 ; Truchon et al., 2018	L'approche générale, les indicateurs écologiques, coefficients et formule de calculs reposent sur des résultats scientifiques. La méthode a été publiée dans une revue internationale à comité de lecture.	Généraliste
		Reconnaissance institutionnelle	Hypothèse	La méthode fait l'objet de la validation d'une institution de type AFB ou CNPN, ou est recommandée par les services de l'Etat.	Propre aux MAPN
		Conformité réglementaire	Truchon et al., 2018	La méthode est cohérente avec les principes réglementaires français.	Propre aux MAPN

	Bobillier-Chaumon, 2009)	Acceptation des résultats du dimensionnement	Hypothèse	Le dimensionnement proposé par la méthode est suffisamment élevé pour satisfaire aux objectifs de réduction des impacts affichés par la séquence ERC, mais pas trop élevé pour rester applicable.	Propre aux MAPN
		Coût	Nielsen, 1993	Le coût doit être adapté au projet et à son contexte. Est-ce que la méthode nécessite des équipements spéciaux, des temps de présence minimum sur le terrain ; l'achat de données, etc. ?	Généraliste
		Représentation de la séquence ERC	Hypothèse	La représentation et l'interprétation de la réglementation française véhiculée par la méthode correspond à celle de l'utilisateur.	Propre aux MAPN
		Transparence, compréhension des résultats produits par la méthode	Hypothèse	Les résultats issus de la méthode sont compréhensibles par les décideurs (aménageurs, services de l'Etat)	Propre aux MAPN

Tableau 4 : Parallèle entre causes de non-utilisation d'outils d'aide à la décision recensés dans la bibliographie sur les OAD agronomiques, environnementaux et de planification et critères d'opérationnalité

Association of operationality criteria with reasons of non-use of agronomic, environmental and planning decision support tools identified in the bibliography

Causes de non utilisation	Référence bibliographique	Type d'outil d'aide à la décision	Critère d'opérationnalité
Système trop détaillé, trop précis	Uran et Janssen, 2003 te Brömmelstroet, 2017	Environmental Planification	Facilité d'apprentissage, efficacité
Prend trop de temps à utiliser	Uran et Janssen, 2003	Environmental	Efficacité
Coûte trop cher	Geertman, 2006 ; Uran et Janssen, 2003	Environmental	Coût
Système trop compliqué, pas assez compréhensible	Uran et Janssen, 2003 te Brömmelstroet, 2017 Vonk et al., 2005 Prost et al., 2011	Environmental Planification Agronomique	Facilité d'apprentissage, facilité de mémorisation
Trop rigide	te Brömmelstroet, 2017	Planification	Flexibilité
Trop lent	te Brömmelstroet, 2017	Planification	Efficacité
Trop d'incertitude dans les résultats produits	Uran et Janssen, 2003	Environmental	Satisfaction subjective
Résultats ou fonctionnement pas appropriés à la prise de décision ou aux besoins des utilisateurs	Uran et Janssen, 2003 Vonk et al., 2005 Geertman, 2006 te Brömmelstroet, 2017 Prost et al., 2011	Environmental Planification Agronomique	Utilité
Indisponibilité des données d'entrée	Prost et al., 2011	Agronomique	Disponibilité des données
Complexité des interfaces, design inapproprié	Uran et Janssen, 2003 Vonk et al., 2005 Prost et al., 2011	Environmental Planification Agronomique	Facilité d'apprentissage, facilité de mémorisation, satisfaction subjective
Manque de confiance sur les résultats produits	Prost et al., 2011	Agronomique	Fondements scientifiques

Pas assez transparent	te Brömmelstroet, 2017	Planification	Transparence
Accompagnement, soutien, attitude de l'environnement de travail, de l'encadrement	Vonk et al., 2005	Planification	Critères d'acceptabilité socio-organisationnelle

Tableau 5 : Les méthodes françaises d'évaluation des mesures compensatoires (MAPN)

The French mitigation assessment methods

Type de milieu	Méthode	Institutions de rattachement des auteurs	Année de parution	Supports associés	Stade	Type d'évaluation de l'équivalence écologique
Milieu marin	Mitimed	CEFE-Créocéan	2017	Thèse	Publiée – utilisée sur un projet	Quantitative
Milieu marin –récif corallien	Merci-Cor	CEFE-Marex	2017	Guide (50 p.) + ateliers de formation	Expérimentale	Quantitative
Zones humides	MERCle	CEFE – AFB (ex-Onema)	2016	Rapport (85 p.) + ateliers	Expérimentale	Quantitative
Zones humides continentales	Méthode nationale fonctions ZH (MNFZH)	AFB - MNHN	2016	Guide (190 p.) + tableur + formation	Publiée – recommandée par certains services instructeurs	Qualitative
Zones humides continentales	Méthode nationale d'aide au dim. ZH	AFB - MNHN	-	-	En cours	Quantitative
Tous milieux	Méthode d'évaluation de l'équivalence écologique	IRSTEA – EDF – MNHN	2017	Thèse + article scientifique	Publiée – testée sur des projets EDF – en cours d'amélioration	Qualitative
Tous milieux	Méthodes des bureaux d'études (BE)	Bureaux d'études naturalistes	-		Utilisées au cas par cas dans les dossiers d'autorisation	Quantitatives et qualitatives
Tous milieux	Méthode MEB dommages écologiques de moindre gravité	CGDD, Cerema, Biotope	2017	Guide (85 p.)	Présentée au CNPN	Quantitative

Tableau 6 : Les critères d’opérationnalité énoncés par les concepteurs dans la littérature associée aux MAPN françaises

Operationality criterias stated by the designers in the literature associated with the French MAPN

Méthode	Formulation de l’objectif d’opérationnalité	Existence de critères d’opérationnalité	Origine des critères d’opérationnalité	Tests	Source documentaire
Mitimed	Formulation explicite mais pas détaillée : « Approche opérationnelle », « méthode opérationnelle »	Non	Pas de critère	Tests sur 2 projets réels par les concepteurs de la méthode	Bas et al., 2016
Merci-Cor	Formulation explicite mais pas détaillée : « approche très opérationnelle »	Renvoie au rapport MERClé : même démarche de conception.	Pas de critère	Test sur un projet fictif	Pinault et al., 2017
MERClé	Formulation explicite mais pas détaillée : « Approche opérationnelle »	. Ressources documentaires disponibles . Niveau de compétence . Temps pour l’application de la méthode	Pas mentionnée	Tests sur 5 projets réels, par les concepteurs, avec des utilisateurs.	Mechin et Pioch, 2016
Méthode nationale fonctions ZH (MNFZH)	Formulation explicite, détaillée au travers des critères listés ci-contre : « une méthode conçue pour être opérationnelle » « La méthode doit être pragmatique, opérationnelle et adaptée à des situations variées » (p. 13)	. Adaptée à des situations variées . Rapidité de mise en œuvre . Objectivité et reproductibilité . Indépendance maximale à la phénologie et aux variations saisonnières . Non recours à des spécialistes ou experts . Disponibilité des informations sur tout le territoire métropolitain	Pas mentionnée sauf référence bibliographique pour le critère Rapidité	Tests sur 227 sites par 22 personnes. Protocole des tests des critères d’opérationnalité : . Mesure du temps pour le critère Rapidité	Gayet et al., 2016a,b

Méthode d'évaluation de l'équivalence écologique	Formulation explicite et détaillée : Le cadre méthodologique devra être « opérationnel (Laycock et al., 2013) afin de pouvoir être utilisé par les acteurs impliqués dans la compensation dans un temps et un coût raisonnables en cohérence avec leurs compétences techniques » (page 31) « Globalement, l'approche suivie dans ces travaux de thèse avait pour but d'aboutir à un cadre méthodologique à la fois opérationnel (utilisable facilement par les acteurs de la compensation tant d'un point de vue technique financier et temporel) et [...] » (Bezombes, Lucie 2017)	. Faibles temps et coût d'implémentation . Utilisable par des non-spécialistes dans un contexte réel . Sélection des indicateurs par l'utilisateur ou prédéfinis (a) . Disponibilité des données (b) . Rapidité d'implémentation (c) . Échangeabilité (du type d'écosystème entre la zone aménagée et la zone de compensation] (d) <i>Les critères (a), (b), (c), et (d) ont été définis dans le cadre de l'analyse des MAPN existantes au niveau international</i>	Laycock et al., 2013 pour le faible temps et le faible coût d'implémentation	Tests sur 2 projets réels par les concepteurs	Bezombes et al., 2018 Bezombes et al., 2017 Bezombes, 2017
Méthode MEB dommages écologiques de moindre gravité	Formulation explicite et détaillée des caractéristiques attendues de la méthode : « La méthode qui sera mobilisée est qualifiée de « simple » c'est-à-dire qu'elle doit être, selon le sens littéral, intuitive, facile à comprendre et à mettre en œuvre. La compréhension est	. Simple : intuitive, facile à comprendre et à mettre en œuvre . Rapide . Robuste . Répliquable (applicable à tous types de milieux, de territoires, de dommages écologiques)	Pas mentionnée	Pas de mention de test sur des cas réels. Applications sur des cas fictifs.	Gaubert et al., 2017

	facilitée par l'emploi de termes accessibles à tous. » La méthode « doit être « simple, rapide, robuste et répliquable »				
GT national CGDD-AFB	Formulation explicite et détaillée des caractéristiques attendues de la méthode : « opérationnelle, pragmatique, transparente, compréhensible, contrôlable et évolutive »	<ul style="list-style-type: none"> . Indicateurs utilisés pour le calcul (nombre) . Données milieux nécessaires . Public visé . Modalités de choix des indicateurs (imposé ou au choix) . Modalités de choix des valeurs associés aux indicateurs <p><i>Les critères ont été définis dans le cadre de l'analyse des MAPN existantes en France et au niveau international</i></p>	Pas mentionnée		Monnoyer-Smith et Aubeil, 2018 ; Truchon et al., 2018

Tableau 7 : Reclassification des critères énoncés par les concepteurs de MAPN selon notre proposition de critères d’opérationnalité

Reclassification of the criteria identified by the MAPN designers according to our proposal for operability criteria

	Critère proposé	Critère des concepteurs de MAPN en France
Utilité	Périmètre fonctionnel correspondant aux tâches attendues	
Utilisabilité	Facilité d’apprentissage	<ul style="list-style-type: none"> . Niveau de compétence . Non recours à des spécialistes ou experts . Utilisable par des non-spécialistes dans un contexte réel . Simple – intuitive, facile à comprendre
	L’efficience	<ul style="list-style-type: none"> . Temps pour l’application de la méthode . Rapidité de mise en œuvre . Faible temps . Rapide . Indicateurs utilisés pour le calcul (nombre) . Rapidité d’implémentation . Simple – facile à mettre en œuvre
	Facilité de mémorisation	
	Erreurs d’utilisation	<ul style="list-style-type: none"> . Modalités de choix des indicateurs . Modalités de choix des valeurs associés aux indicateurs . Sélection des indicateurs
	Satisfaction	
	Flexibilité	<ul style="list-style-type: none"> . Réplicable . Adaptée à des situations variées . Indépendance maximale à la phénologie et aux variations saisonnières
	Disponibilité des données	<ul style="list-style-type: none"> . Ressources documentaires disponibles . Données milieux nécessaires . Disponibilité des informations sur tout le territoire métropolitain . Disponibilité des données
Acceptabilité socio-organisationnelle	Fondements scientifiques	<ul style="list-style-type: none"> . Objectivité et reproductibilité . Robuste
	Reconnaissance institutionnelle	

	Conformité réglementaire	Echangeabilité
	Acceptation des résultats du dimensionnement	
	Coût	Faible coût d'implémentation
	Représentation de la séquence ERC	
	Transparence, compréhension des résultats produits par la méthode	

Annexes de l'introduction

Annexe n°2 : guides, rapports et colloques sur la mise en œuvre de la séquence ERC

Tableau 54 : Recensement des différentes guides et rapports relatifs à mise en œuvre de la séquence ERC, à notre connaissance (janvier 2020)

Titre	Auteurs	Année	Nb pages	Type
Guide « Espèces protégées, aménagements et infrastructures ». Recommandations pour la prise en compte des enjeux liés aux espèces protégées et pour la conduite d'éventuelles procédures de dérogation au sens des articles L.411-1 et L.411-2 du code de l'environnement dans le cadre de projets d'aménagements et d'infrastructures	MEDDE	?	58	Guide
Compensation écologique des cours d'eau. Exemples de méthodes de dimensionnement	Collection Théma, MTES, CGDD, Cerema, AFB	2019	188	
Protection des milieux aquatiques en phase chantier	AFB	2018	152	Guide
Guide cadre EVAL_IMPACT impacts des projets d'activités et d'aménagements en milieu marin méditerranéen. Recommandations des services instructeurs. Fascicule 3 : mise en œuvre de la séquence éviter, réduire et compenser : focus sur l'application des mesures compensatoires en mer	DREAL Occitanie et PACA	2018	40	Guide
Evaluation environnementale. Guide d'aide à la définition des mesures ERC	Collection Théma, MTES, CGDD	2018	134	Guide
Evaluation environnementale. Guide d'interprétation de la réforme du 3 août 2016	Collection Théma, MTES, CGDD	2017	48	Guide
Evaluation environnementale. La phase d'évitement de la séquence ERC. Actes du séminaire du 19 avril 2017	Collection Théma, MTES	2017	74	Actes de colloque
Evaluation environnementale. Premiers éléments méthodologiques sur les effets cumulés en mer	Collection Théma, MTES	2017	48	Rapport
Guide d'aide à la rédaction des arrêtés d'autorisation loi sur l'eau	MTES	2017		
La séquence « éviter, réduire, compenser », un dispositif consolidé	Collection Théma Essentiel, MEEM	2017	4	

Les sites naturels de compensation : un outil prometteur au service de la biodiversité	Collection Théma Essentiel, MTES	2017	4	
Mesures de compensation et intervention des conservatoires d'espaces naturels	MTES - CGEDD	2017	54	Rapport
Note technique du SDAGE. Comment mettre en œuvre les mesures compensatoires aux atteintes sur les zones humides ?	DREAL Auvergne-Rhône-Alpes	2017	24	Guide
Sécurisation des projets d'infrastructures linéaires de transports - volet eau	Cerema. Collection Connaissances	2017	32	Rapport
Sécurisation des projets d'infrastructures linéaires de transports - volet espèces protégées	Cerema. Collection Connaissances	2017	79	Rapport
Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides	Onema ; MNHN ; MEEM ; Biotope ; Université Grenoble Alpes ; Université François Rabelais Tours ; IRSTEA	2016	186	Guide
Une méthode expérimentale pour évaluer rapidement la compensation en zone humide	CEFE-CNRS-Université de Montpellier 3 Paul Valéry, Onema	2016	85	Rapport
Guide pour la prise en compte des zones humides dans un dossier «loi sur l'eau » ou un document d'urbanisme	DREAL Centre-Val de Loire	2016	94	Guide
L'étude d'impact. Projets d'infrastructures linéaires de transport	Cerema. Collection Références	2016	180	Guide
Mesures compensatoires des impacts sur les milieux naturels. Application aux projets d'infrastructures de transport	Cerema. Collection Connaissances	2016	21	Guide

Espèces protégées et infrastructures. Enjeux et procédures de dérogation. Actes du colloque	Cerema	2015	60	Actes de colloque
Pour une conception et une réalisation des IOTA de moindre impact. Tome 5. Expertise des mesures de compensation écologique	Guides techniques police de l'eau réalisés par l'Onema	2015		Guide
Bilan bibliographique sur les méthodes de définition de l'équivalence écologique et des ratios des mesures compensatoires	CETE Sud-Ouest	2014	43	Rapport
La séquence « éviter, réduire, compenser », un outil de préservation des milieux naturels	MEDDE, CGDD. Collection Le point sur.	2014	4	Guide
Eviter Réduire Compenser. Comment compenser les impacts résiduels sur la biodiversité ? Guide méthodologique pour l'île de la Réunion	DEAL Réunion, Biotope, RST (CETE, CERTU, SETRA)	2013	115	Guide
Les compensations en zones humides. Procédures, principes et méthodes d'analyse	Forum des marais atlantiques. AE Seine Normandie. AE Loire-Bretagne.	2013	64	Guide
Les conditions d'application de la réglementation relative à la protection des espèces de faune et de flore sauvages et le traitement des dérogations	MEDDE	2013	20	Guide
Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire, compenser les impacts sur les milieux naturels	MEDDE. CGDD. Collection Références.	2013	229	Guide
Concilier restauration écologique et développement économique, une utopie ? : Eviter - Réduire - Compenser sur l'estuaire et la vallée de la Seine - Caudebec-en-Caux, le 1er octobre 2013	Parcs naturels régionaux de France, Port de Rouen, Le Havre Port	2013	36	Actes de colloque
La compensation des atteintes à la biodiversité à l'étranger. Étude de parangonnage	MEDDE, CGDD	2012	136	

Doctrines relatives à la séquence éviter, réduire, compenser les impacts sur les milieux naturels	MEDDTL	2012	8	Guide
Document d'appui pour l'instruction des dossiers polices des eaux littorales en DREAL Languedoc-Roussillon / volet Zone humide. Incidence des mesures compensatoires sur la fonctionnalité des milieux humides littoraux.	CETE méditerranée. DREAL LR	2012	46	Rapport
Guide « Espèces protégées, aménagements et infrastructures »	MEDDE	2012	65	Guide
La gestion des zones humides dans les dossiers loi sur l'eau : amélioration des avis techniques pour une meilleure mise en œuvre des mesures compensatoires zones humides.	Martin L., Université Limoges, ONEMA, MNHN. Mémoire, Master Gestion de l'environnement et traitement des eaux, Université, Limoges. 32p. + annexes 90p.	2012	122	Rapport (stage)
L'étude d'impact : principes et contenu. Nouvelles dispositions à compter du 1er juin 2012.	DREAL Aquitaine	2012	33	Guide
Les milieux naturels dans les études d'impact	DREAL Aquitaine	2011	41	Guide
Mesures compensatoires et correctives liées à la destruction de zones humides. Revue bibliographique et analyse critique des méthodes.	Barnaud G., Coïc B., MNHN, ONEMA DAST. Rapport final. Convention ONEMA MNHN 2010. 91p. + annexes 13p.	2011	104	Rapport
Guide de bonnes pratiques. Aide à la prise en compte du paysage dans les études d'impact des infrastructures linéaires et du milieu naturel	DREAL Paca	2010	105	Guide
Analyse de mesures compensatoires aux atteintes au patrimoine naturel : Recueil et analyse de cas	EnviroScop ; SOGREAH Consultants ; CERE (cabinet d'études et de recherches en environnement) ; IN VIVO	2010	241	Rapport

Les mesures compensatoires pour la biodiversité. Principes et projet de mise en œuvre en Région PACA.	DIREN PACA	2009	55	Rapport
Évaluation des plans et projets ayant des incidences significatives sur des sites Natura 2000 Guide de conseils méthodologiques de l'article 6, paragraphes 3 et 4, de la directive «habitats» 92/43/CEE	Commission européenne - DG Environnement	2001	80	Guide
L'étude d'impact sur l'environnement	Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. Patrick Michel-BCEOM	2001	157	Guide

Tableau 55 : Liste des colloques relatifs à la séquence ERC ayant eu lieu, à notre connaissance, entre 2013 et 2019

Titre	Organisateur	Année	Lieu
Rencontres Hauts de France Séquence Éviter Réduire Compenser	DREAL Hauts de France, AFB	2019	Amiens
Quand les territoires rencontrent la séquence ERC (Éviter, Réduire, Compenser) : attentes et effets	Master Bioterre, LADYSS, Université Paris 1	2019	Paris
Éviter Réduire Compenser : pour une gestion durable de la biodiversité	Université de Montpellier	2018	Montpellier
« Éviter Réduire Compenser » : et si on l'organisait à l'échelle du territoire ?...	IRSTEA	2018	Grenoble
La compensation écologique en pratique : des obligations juridiques aux outils opérationnels	Derwen, Cabinet Coudray	2018	Rennes

« Éviter Réduire Compenser (ERC) »	Agence Régionale pour la Biodiversité d'Aquitaine (ARBA)	2017	Bordeaux
Colloque Eviter réduire compenser les impacts des aménagements sur la biodiversité	Labex Cemeb	2017	Montpellier
La compensation écologique en question	Université de Nantes	2017	Nantes
La compensation écologique pour les cours d'eau	Cerema	2017	Lyon
La compensation : un outil de gestion dynamique des territoires ?	Association française de droit rural Centre Ouest ; Université de Poitiers	2017	Poitiers
Forum des gestionnaires des espaces naturels : mesures compensatoires, un enjeu pour les gestionnaires d'espaces naturels	ATEN	2015	Paris
Colloque Hydroécologie 2015 : La compensation en écologie	EDF	2015	Clamart
Mieux comprendre la compensation écologique : objectifs et méthodes	Gaié ; Natureparif	2013	Paris

Annexe n°3 : Insuffisances des démonstrations de l'absence de perte nette relevés dans les publications scientifiques

Tableau 56 : Faiblesse de l'argumentaire scientifique pour la démonstration de l'absence de perte nette de biodiversité dans les dossiers d'autorisation des maîtres d'ouvrages

Publications	Détails des faiblesses constatées par les auteurs	Portée de l'analyse
Bull et al., 2013 Gonçalves et al., 2015 Quétier et Lavorel, 2011 Quétier et al., 2014 ; Vanpeene-Bruhier et al., 2013	Définition du concept de l'équivalence écologique, choix des métriques de la biodiversité	International France
Jacob et al., 2015 Dantec, 2017 Quétier et al., 2014	Absence de méthodes de référence pour évaluer l'équivalence écologique et l'atteinte de la non perte nette, pour mesurer et comparer les pertes et les gains.	France
Bull et al., 2013 Maron et al., 2015 Bull et al., 2014a Billy et al., 2015 Quétier et al., 2014	Non prise en compte des références à partir desquels on évalue l'atteinte de l'objectif de non perte nette. Non prise en compte de la dynamique temporelle des écosystèmes	France
Bull et al., 2013 ; Bigard et al., 2017 ; Quétier et al., 2014 Regnery et al., 2013	Question des seuils, et des impacts cumulés non ou insuffisamment pris en compte Fonctionnalités écologiques pas assez prises en compte dans les dossiers	International France
Quétier et Lavorel, 2011 Quétier et al., 2014 Billy et al., 2015 Bradford, 2017	Problème du décalage temporel entre les pertes et les gains écologiques	International France
Vanpeene-Bruhier et al., 2013 Dantec, 2017	Manque de prise en compte des continuités écologiques Manque de prise en compte des impacts générés par les travaux	France France

Annexes

Bull et al., 2013 Quétier et Lavorel, 2011 Billy et al., 2015 Moreno-Mateos et al., 2012 Bradford, 2017	Incertitude sur les trajectoires écologiques, risque d'échec et efficacité des mesures de restauration	International France
Quétier et al., 2014 Calvet et al., 2015	Manque de retours d'expériences et de connaissances sur la restauration des écosystèmes	France
Regnery et al., 2013 Bigard et al., 2017 Jacob et al., 2016 Dantec, 2017	Focalisation sur les espèces protégées, y compris en milieu marin, biodiversité ordinaire pas assez prise en compte	France

Annexes du chapitre 1

Annexe n°4 : Liste des articles relatifs à l'évaluation des mesures compensatoires sélectionnés pour l'analyse de la prise en compte des enjeux opérationnels des ME

Tableau 57 : Liste d'articles traitant ou abordant la question des méthodes d'évaluation entre 2008 et 2018 (01/08)

Auteur principal et année de publication	Titre de l'article	Revue	Opérationnalité	Type d'analyse
Présentent, analysent des méthodes existantes, étudient des cas d'application				
1 Desvousges et al., 2018	Habitat and Resource Equivalency Analysis: A Critical Assessment.	Ecological Economics		Autre
2 Bezombes et al., 2017	Ecological equivalence assessment methods: what possible trade-offs between operationality, scientific basis, and comprehensiveness ?	Environmental Management	Définit des critères d'opérationnalité et analyse les méthodes selon ces critères (et d'autres)	Technique
3 Bull et al., 2014b	Comparing biodiversity offset calculation methods with a case study in Uzbekistan.	Biological Conservation		Technique
4 Levrel et al., 2012	Compensatory mitigation in marine ecosystems: Which indicators for assessing the "no net loss" goal of ecosystem services and ecological functions?	Marine Policy		Technique
Proposent une nouvelle méthode				
5 Carreras Gamarra et al., 2018	Accounting for no net loss: A critical assessment of biodiversity offsetting metrics and methods.	Journal of Environmental Management		Technique
6 Yu et al., 2017	Towards a biodiversity offsetting approach for coastal land reclamation: Coastal management implications.	Biological Conservation		Technique

7	Sahley et al., 2017	Quantifying impact reduction due to avoidance, minimization and restoration for a natural gas pipeline in the Peruvian Andes.	Environmental Impact Assessment Review		Technique
8	Bezombes et al., 2018	A set of organized indicators to conciliate scientific knowledge, offset policies requirements and operational constraints in the context of biodiversity offsets.	Ecological Indicators	Se donne des critères d'opérationnalité guidant le choix des indicateurs pour la méthode	Technique
9	Maseyk et al., 2016	A disaggregated biodiversity offset accounting model to improve estimation of ecological equivalency and no net loss.	Biological Conservation	Exprime une exigence de simplicité et de facilité d'accès de la méthode développée pour des acteurs de terrain	Technique
10	Bas et al., 2016	Improving marine biodiversity offsetting : a proposed methodology for better assessing losses and gains.	Journal of Environmental Management		Technique
11	Miller et al., 2015	The development of the Australian environmental offsets policy: from theory to practice.	Environmental Conservation	Souligne que le développement de la ME a été réalisé avec les acteurs et aborde la question de la facilité d'usage et des limites éventuelles	Technique
12	Bidaud et al., 2015	Voluntary biodiversity offset strategies in Madagascar.	Ecosystem Services		Technique
13	Cochrane et al., 2015	Modeling with uncertain science: estimating mitigation credits from abating lead poisoning in Golden Eagles.	Ecological Applications		Technique
14	Laitila et al., 2014	A method for calculating minimum biodiversity offset multipliers accounting for time discounting, additionality and permanence.	Methods in Ecology and Evolution		Technique

15	Overton et al., 2013	Net Present Biodiversity Value and the Design of Biodiversity Offsets.	AMBIO		Technique
16	Dalang et Hersperger, 2010	How much compensation do we need? Replacement ratio estimates for Swiss dry grassland biotopes.	Biological Conservation		Technique
17	Moilanen et al., 2009	How Much Compensation is Enough? A Framework for Incorporating Uncertainty and Time Discounting When Calculating Offset Ratios for Impacted Habitat.	Restoration Ecology		Technique
18	Gonçalves et al., 2015	Biodiversity offsets: from current challenges to harmonized metrics.	Current Opinion in Environmental Sustainability		Technique
19	Rowe et al., 2009	A Rapid Method to Score Stream Reaches Based on the Overall Performance of Their Main Ecological Functions.	Environmental Management	Exprime l'objectif d'une méthode prête à appliquer. Méthode testée par les praticiens	Technique
Fait des recommandations générales					
20	Bradford, 2017	Accounting for Uncertainty and Time Lags in Equivalency Calculations for Offsetting in Aquatic Resources Management Programs.	Environmental Management		Technique
21	Bull et al., 2016	Seeking convergence on the key concepts in 'no net loss' policy.	Journal of Applied Ecology		Technique
22	Maron et al., 2015	Locking in loss: Baselines of decline in Australian biodiversity offset policies.	Biological Conservation		Technique
23	Moreno-Mateos et al., 2015	The true loss caused by biodiversity offsets.	Biological Conservation		Autre
24	Mann, 2015	Strategies for sustainable policy design: Constructive assessment of biodiversity offsets and banking.	Ecosystem Services	Aborde la difficulté à proposer des méthodes conjuguant	Autre

				simplicité et pris en compte de la complexité écologique	
25	Bull et al., 2014a	Importance of Baseline Specification in Evaluating Conservation Interventions and Achieving No Net Loss of Biodiversity.	Conservation Biology		Technique
26	Habib et al., 2013	Economic and Ecological Outcomes of Flexible Biodiversity Offset Systems	Conservation Biology		Technique
27	Bull et al., 2013	Biodiversity offsets in theory and practice.	Oryx		Technique
28	Quétier et Lavorel, 2011	Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes : Key issues and solutions.	Biological Conservation		Technique
Autre					
29	Koh et al., 2017	Safeguards for enhancing ecological compensation in Sweden.	Land Use Policy	Rend compte d'une étude de cas dans lequel la ME a été jugée comme peu compréhensible et manquant de transparence.	Autre
30	Carver et Sullivan, 2017	How economic contexts shape calculations of "yield" in biodiversity offsetting.	Conservation Biology		Autre

Annexes du chapitre 2

Annexe n°5 : Les cadres théoriques étudiés

Tableau 58 : Présentation des quatre cadres théoriques, l'objet d'étude disciplinaire et les concepts-clés retenus

Les ME comme	Cadre conceptuel ou discipline	Auteurs de référence	L'objet d'étude de la discipline	Concepts-clés
Une innovation	Sociologie de l'innovation	Callon, 2006 Latour, 1986 Akrich, 2006	Ces sociologues proposent une nouvelle approche pour étudier les sciences. Ils tiennent compte des controverses de toutes natures qui animent les protagonistes du processus scientifique, et ils traitent avec autant d'attention humains et non-humains, le tout formant un réseau socio-technique. En rupture avec les approches traditionnelles des « sciences studies » des années 70 qui voient la société comme figée et qui expliquent la production scientifique uniquement par les faits sociaux, ils postulent que la production de connaissances et des techniques a lieu au sein de réseaux sociotechniques changeant, eux-mêmes en construction. Ils proposent d'étudier le processus de construction de ces réseaux, et par extension l'action <i>en train se faire</i> . Leur démarche propose un cadre d'analyse permettant de repérer différentes étapes-clés par lesquelles passent les processus de production de connaissances ou d'innovation.	Principe de symétrie : Autant d'attention est accordée aux humains et aux non-humains. Réseau socio-technique : réseau constitué par les humains et les non-humains parties prenantes du processus étudié. Controverse : divergences de points de vue et d'intérêt des différents membres du réseau (humains et non-humains) Traduction : c'est l'opération centrale permettant la convergence des problématiques propres à chaque entité du réseau et l'innovation Objet technique : « rapport construit entre » le « dispositif matériel » et « l'ensemble des usages qu'il remplit » (Akrich, 2013, p.160)
Un objet-frontière ou un objet-intermédiaire	Sociologie de l'objet	Star et Griesemer, 1989 Vinck, 2009 Vinck et Trompette, 2009	Dans la lignée des travaux de Callon et Latour, elle met sur le même plan, humains et non-humains, en particulier, les objets. En s'intéressant aux objets, l'idée est de révéler des faits qui seraient peut-être restés inaccessibles en s'attachant uniquement aux relations entre humains ainsi qu' à leurs discours. Star et Griesemer définissent le concept d'objet-frontière en étudiant la création du musée de zoologie des vertébrés de Californie. Pour eux, le succès de cette entreprise est lié à la standardisation des méthodes et au développement d'objets-frontières qui permettent la coopération entre des acteurs de mondes différents. Vinck établit la notion d'objet intermédiaire en étudiant 120 réseaux de coopération scientifique pour décrire les réseaux de	L'objet-frontière, matériel ou immatériel, peut se résumer à 2 fonctions : - la facilitation de la coopération entre acteurs issus de mondes différents et dont les possibilités de communiquer efficacement, sont à ce titre, restreintes ; - la mise en circulation de connaissances (normes, conventions, habitudes, etc.). L'objet-intermédiaire (OI) est le siège de 2 processus : - la représentation : il tient une partie de ses propriétés de ce que les acteurs inscrivent dans sa matière. Il est aussi le reflet de ceux qui l'ont conçu, de l'amont, et la projection de ce qu'on en attend, des espoirs que l'on porte sur lui.

relations entre les acteurs. Il est ressorti rapidement l'importance accordée par les acteurs à de nombreux objets, supports et fruits de leur activité : compte-rendu, instruments de mesures, échantillons, animaux etc. En étudiant le fonctionnement associé à ces différents objets, on peut accéder à des pratiques ou des acteurs qui n'apparaissent pas spontanément dans les entretiens.

- la traduction : l'OI ne représente pas uniquement les intentions de son auteur, mais aussi autre chose qui lui échappe du fait qu'il a sa propre existence, qu'il est matière ou formalisation. C'est "*une source d'opacité dans l'action*" (Vinck, 2009, p.57)

Un outil de gestion	Sciences de gestion	David, 1999 ; Martinet et Pesqueux, 2013 ; Chiapello et Gilbert, 2013	Les sciences de gestion visent « à analyser et à concevoir les dispositifs de pilotage de l'action organisée » (David, 1999, p. 13). D'abord focalisée sur les entreprises, les administrations, les associations, elles ont étendu leur domaine d'étude à tous les niveaux de gestion : gestion individuelle, gestion sociale, gestion environnementale. La conception d'outils de gestion, ainsi que l'analyse de la prise de décision font partie de son champ de recherche.	Organisation : c'est « l'expression d'un projet de conceptualisation de la division et de la coordination du travail ». (Martinet et Pesqueux, 2013, p. 111) Elle est un « fragment » de ce que les sciences de gestion considèrent comme « le continuum individu-groupe-communauté-entreprise-organisation-institution-Etat-société » (Ibid., p. 79) Agent organisationnel : « L'agent organisationnel se caractérise par sa nature de sujet autonome, mais soumis à des injonctions hétéronomes du fait des hiérarchies dans lesquelles il se situe. » (Ibid., p. 127) Outil de gestion : « ensemble délimité d'objets organisationnels doté de traits caractéristiques qui s'offrent à une triple description : fonctionnelle, structurelle, processuelle » (Chiapello et Gilbert, 2013, p. 32)
Un outil de travail	Ergonomie	Shackel, 1991 ; Falzon, 2004 Darses et Montmollin, 2012a ; Lancry, 2016a ; Rabardel, 1995	Historiquement, l'ergonomie s'intéresse particulièrement à l'homme en situation de travail (Darses et Montmollin, 2012). L'International Ergonomics Association (IEA) la définit en 2000, comme la « discipline scientifique qui vise la compréhension fondamentale des interactions entre les humains et les autres composantes d'un système, et la profession qui applique principes théoriques, données et méthodes en vue d'optimiser le bien-être des personnes et la performance globale des systèmes. » Elle est à la fois une discipline et une pratique, et donc une discipline avec une « finalité pratique » (Falzon, 2004).	Instrument : addition d'« un artefact matériel ou symbolique produit par le sujet ou par d'autres » et d' « un ou des schèmes d'utilisation associés résultant d'une construction propre du sujet, autonome ou d'une appropriation de schèmes d'utilisation déjà formés extérieurement à lui » (Rabardel, 1995, p. 117-118) Tâche : « c'est ce qui est à faire, ce qui est prescrit par l'organisation » (Falzon, 2004, p.4). On distingue les tâches affichées, les tâches attendues, les tâches comprises, les tâches appropriées, les tâches effectives. Activité : « c'est ce qui est fait, ce qui est mis en jeu par le sujet pour effectuer la tâche. » (Falzon, 2004, p.4). Elle comprend le comportement mais aussi des processus non observables comme l'activité intellectuelle ou mentale. Utilisabilité : « Capacité, en termes fonctionnels humains, à permettre une utilisation facile et effective par une catégorie donnée d'utilisateurs, avec une formation et un support adapté,

pour accomplir une catégorie donnée de tâches, à l'intérieur d'une catégorie spécifique de contextes. » (Barcenilla et Bastien, 2009, p. 313 ; Shackel, 1991)

Annexe n°6 : Déroulement et compte-rendu de l'atelier ayant donné lieu à des observations sources de données pour l'analyse des pratiques

Participants :

Tableau 59 : Liste des participants à l'atelier n°1 organisé avec la DREAL Grand-Est

1	AFB Grand Est	Service de l'Etat
2	DDT Ardennes	Service de l'Etat
3	DDT Ardennes	Service de l'Etat
4	Conseil Départemental des Ardennes	Aménageur
5	Conservatoire des Espaces Naturels Champagne-Ardenne	Autre
6	Chambre d'agriculture des Ardennes	Autre
7	SETEC	Bureau d'études
8	DREAL Grand-Est	Aménageur

1. Première séquence interactive

Votre pratique de la séquence ERC :

- Choisissez parmi les dossiers ou les projets que vous avez eu à traiter, un dossier qui vous a marqué, et relatez-le dans les grandes lignes sur le papier -10 minutes
- Echanges des histoires en duo - 5 minutes
- Partage des histoires avec l'assemblée – 15 minutes
- Notez les points positifs sur un post-it vert et les points à améliorer sur un post-it rouge. (un point par post-it)
- Discussion – 15 minutes

2. Deuxième séquence interactive

- Ecrivez sur les post-it tous les objets, ressources, outils... matériels ou immatériels, que vous utilisez, même rarement, pour traiter un dossier ERC - Un objet par post-it – 20 minutes
- Classez par fréquence d'utilisation et par origine

Résultat de la deuxième séquence interactive :

Code couleur :

Gestionnaires d'espaces naturels et agricoles

Aménageurs

Bureaux d'études

Services de l'État

	A chaque fois	Souvent	Parfois	Je devrais mais je ne le fais pas	J'en rêve mais ça n'existe pas
Interne	Doctrine politique et groupe d'élus	Autres services / l'Etat (DDT, Service environnement)	Retour d'expérience de projets similaires et listing des possibilités évitement, réduction, compensation	Voir ce qui se fait ailleurs, se former... (autres régions, national)	SIG avec propriétés foncière vectorisées (NDR : projet en gestation)
	BD Carto (orthophotos, RPG...)	Réunions en amont du dépôt du dossier	Retours d'expériences d'autres DDT		
	Concertation avec mes collègues	Intranet (ONEMA AFB) (NDR : qui met à disposition toutes les BD, guides etc.)	Etat initial complet		
	Service foncier (connaissance fine des terrains)		Ecologues chantier autocontrôles efficace		
	Mon expérience sur les dossiers antérieurs Mon expérience Mon cerveau ma sensibilité				
Régional	Consultation des autres services Services instructeurs (mise au point, ciblage, préconisations...) Inventaires existants SDAGE, SAGE	Echanges propriétaires Exploitants agricoles Données technico-économiques agricoles Arrêtés CNPN, loi sur l'eau Visite terrain sur site	Echanges partenaires MO...	Les docs d'urbanisme (n'y pense pas toujours) le SRCE (n'y pense pas)	Inventaire départemental des ZH

	<p>L'avis de personnes extérieures + spécialisées : AFB, hydrauliciens, naturalistes...</p> <p>Outils cartographiques disponibles. Attention méthodologie et échelle, exhaustivité.</p> <p>Bureau d'études spécialisé "environnement"</p> <p>Rapport d'étude (EP, DU, Avis...)</p> <p>Inventaires de terrain</p> <p>Bibliographie, DOCB, ZNIEFF</p> <p>SDGAE, loi sur l'eau, SAGE, Natura</p>				
National	<p>Guides, Méthodes : guides IOTA, guide réduction impact, note ETRA continuité et autres, Guide CEREMA</p> <p>GEOMCE (NDR : Référentiel géolocalisé des sites de compensation)</p> <p>La réglementation</p> <p>SDAGE : état des lieux, orientations</p>	<p>Couches SIG + référentiels : AAC, PPC, BD Carthage, orthophotos récentes et anciennes , etc...</p> <p>Référentiel REFMAI, PAT BIODIV (NDR : AFB)</p> <p>Fiche contrôle MC</p> <p>Guides GIL</p> <p>Bureau d'études</p> <p>Guides méthodo (NDR : CEREMA)</p> <p>Base de données d'inventaires cartographiques (ex : inventaires ZH départementaux, zonage nature et réglementaire)</p> <p>Inventaires naturalistes et données de terrain (étude hydrologique, pédologique)</p>	<p>Arrêtés type prescriptions MC</p> <p>Formation de l'AFB</p>	<p>Guide Lignes directrices (difficile à s'approprier)</p>	<p>Le guide validé et reconnu par l'ensemble des acteurs pour la quantification des besoins de compensation</p> <p>Méthode uniformisée pour définir les impacts et chiffrer les éventuelles MC</p> <p>Des retours d'expériences transposables (NDR : au sens où la mise en forme permet d'accéder facilement aux REX)</p> <p>Protocole de suivi de l'efficacité des mesures compensatoires</p> <p>SIG avec ZH cartographiée au 5000e</p> <p>Que l'intérêt général prime sur les intérêts particuliers</p> <p>Dérogations réglementaires en opposition dans compensation (?)</p> <p>Impact non compensable annule un projet</p>

Annexes

					Que le CEN-CA soit une aide pour diagnostiquer la présence faune-flore territoriale. Aide/Appui conformément à l'avis favorable du CNPN commission flore qui constitue une mesure d'accompagnement de l'avis favorable à adopter impérativement. Fais face à un refus de la part des administrateurs du CEN CA d'être ASSOCI2 à un projet de circuit automobile à la frontière belge.
--	--	--	--	--	---

Annexe n°7 : Liste des documents collectés pour l'analyse des projets

Tableau 60 : Liste des documents collectés pour les projets principaux

Lotissement	ZAC	Rocade	Magna Porta	Raccordement
Dossier d'autorisation environnementale unique	Courrier de recevabilité du 1 ^{er} dossier déposé, émis par la DREAL	Echanges de mails entre DREAL et bureau d'études sur la réalisation des inventaires	(pas de documents, observations en réunions chez l'aménageur)	Arrêtés préfectoraux d'autorisation unique et de DUP (déclaration d'utilité publique)
Avis de l'AFB	Avis du CNPN sur le 1 ^{er} dossier	Notes de précadrage de la DDTM		Avis de l'autorité environnementale sur l'étude d'impact
Avis du CNPN	Les différentes versions du dossier de dérogation espèces protégées représentés après avis négatif du CNPN	Notes de précadrage de la DREAL		Avis du CNPN
Avis de l'autorité environnementale	Les remarques de la DREAL sur les différentes versions du dossier de dérogation espèces protégées	Remarque de la DREAL sur le projet de dossier de dérogation espèces protégées		Demande de compléments émise par la DDT des Ardennes
Demande de compléments d'informations émis par la DDTM		Dossier de dérogation espèces protégées		Dossier de demande de dérogation Espèces Protégées
Réponse à la demande de compléments d'information par le porteur de projet		Avis du CNPN		Dossier de DUP

Réponse à l'autorité
environnementale par le
porteur de projet
2^{ème} avis de l'autorité
environnementale

Dossier loi sur l'eau

Rapport enquête publique

Tableau 61 : Liste des documents collectés pour les projets complémentaires

Elargissement A63	Construction A304	Gazoduc
Dossier de dérogation espèces protégées faune	Arrêtés préfectoral d'autorisation de destruction d'espèces protégées	Dossier de dérogation espèces protégées
Dossier de dérogation espèces protégées flore	Arrêtés préfectoral d'autorisation de destruction d'habitats	Dossier d'évaluation environnementale (demande d'autorisation ministérielle et demande de déclaration d'utilité publique)
Avis CNPN flore	Décision du tribunal administratif d'annulation de l'arrêté d'autorisation loi sur l'eau	Avis du CNPN
Avis CNPN faune	Deuxième arrêté préfectoral d'autorisation loi sur l'eau (2014)	Arrêté préfectoral d'autorisation espèces protégées
Compléments au dossier dérogation espèces protégées faune	Dossier de dérogation espèces protégées (2014)	
Dossier loi sur l'eau	Dossier loi sur l'eau (2014)	
Arrêtés préfectoraux d'autorisation loi sur l'eau	Dossiers d'étude de l'état initial, et de projet de mesures compensatoires des sites de compensation étudiés	
Arrêtés préfectoraux d'autorisation destruction espèces protégées		
Arrêté ministériel d'autorisation destruction espèces protégées		

Annexe n°8 : Diversité des acteurs interviewés

Tableau 62 : Nombre d'acteurs interrogés en entretiens

Nombre d'organisations		Nombres de personnes							
Maîtres d'ouvrage	13	Public	9	Chef de projet	7	Novices	9	Languedoc-Roussillon	9
								Champagne-Ardenne	2
		Privé	7	Responsable environnement	9	Expérimenté	7	Aquitaine	4
							Guadeloupe	1	
Bureaux d'études	9	Spécialiste	11			Périmètre local	4	Languedoc-Roussillon	5
								Champagne-Ardenne	2
		Généraliste	1			Périmètre national	8	Aquitaine	4
							Guadeloupe	1	
Services de l'État	10	DDT	4	Instruit	11	Novice	3	Languedoc-Roussillon	4
				Donne avis	3			Champagne-Ardenne +	6
								Lorraine	
		DREAL	8	Ni l'un, ni l'autre	2	Expérimenté	12	Aquitaine	4
		Service expert	3				Guadeloupe	1	

Annexe n°9 : Liste des personnes interviewées

Tableau 63 : Liste des personnes interviewées pour l'analyse des pratiques

	Organisme	Personne	Type d'acteur
1	AFB Grand Est	Sébastien Mougenez	Service de l'Etat
2	AFB Nouvelle Aquitaine	Hervé Demange	Service de l'Etat
3	ASF	Patrice Lebrun	Aménageur
4	Atelier des territoires	Jean-Baptiste Lusson	Bureau d'études
5	Cabinet Barbanson Environnement	Karine Jacquet	Bureau d'études
6	Biotope	Dorian Barbut	Bureau d'études
7	Bordeaux métropole	Aurore de Mélo	Aménageur
8	BRL	Nathalie Minicucci	Aménageur
9	CDC Biodiv	Jérôme Genin	Bureau d'études
10	Conseil Départemental de l'Aude	Michel Jaubert	Aménageur
11	Conseil Départemental de l'Aude	Vincent Dumeunier	Aménageur
12	Conseil Départemental des Ardennes	Olivier Corp	Aménageur
13	CSRPN Occitanie	Bernard Delay	Service de l'Etat
14	DDT 11	Pierre Cadoret	Service de l'Etat
15	DDT Ardennes	Laureline Ledoux	Service de l'Etat
16	DDTM Gard	Sylvain Mateu	Service de l'Etat
17	DDTM Landes	Hervé Lafaurie	Service de l'Etat
18	DEAL Guadeloupe	Muriel Regard	Service de l'Etat
19	DREAL Grand Est	Julie Kubiak	Service de l'Etat
20	DREAL Grand Est	Marie Andrien	Service de l'Etat
21	DREAL Grand Est	Sophie Klein	Service de l'Etat
22	DREAL Grand Est	Rémi Saintier	Service de l'Etat
23	Dreal Grand-Est	Laurent Grandjean	Aménageur
24	DREAL N Aquitaine	Jacques Quinio	Service de l'Etat
25	DREAL N. Aquitaine	Nathalie Greslier	Service de l'Etat
26	DREAL Occitanie	Pascale Seven	Service de l'Etat
27	DREAL Occitanie	Luis De Sousa	Service de l'Etat
28	ECO-MED	Maxime Le Hénanff	Bureau d'études
29	ECO-MED	Alexandre Cluchier	Bureau d'études
30	ECO-MED	Jérémy Jalabert	Bureau d'études
31	Envolis	Benoît Carat	Bureau d'études
32	GGL	Pascal Louchet	Aménageur
33	Impact Mer	Guillaume Tollu	Bureau d'études
34	Naturalia	Laurie Esparza	Bureau d'études
35	Nîmes Métropole	Pierre Bieuzen	Aménageur
36	Nîmes Métropole	Isabelle Fonteneau	Aménageur
37	Nîmes Métropole	Cédric Bohun	Aménageur
38	Progefim	Manon Favre	Aménageur

39	Quadrant	Pierre Illac	Aménageur
40	SEMAG	Ornella Mauricia	Aménageur
41	Setec	Anne-Laure Galtier	Bureau d'études
42	SNCF Réseau	Violaine Bernard	Aménageur
43	TIGF	Thomas Aüllo	Aménageur

Participants aux ateliers			
44	AFB Grand Est	Alain Gérard	Service de l'Etat
45	DDT Ardennes	Aurélié Pichon	Service de l'Etat
46	DDT Ardennes	Lydie Pointud	Service de l'Etat
47	Conseil Départemental des Ardennes	Virginie Oge (atelier 1 uniquement)	Aménageur
48	CEN Champagne-Ardenne	Virginie Graitson-Schmitt	Autre
49	Chambre d'agriculture des Ardennes	Franck Roberty	Autre
50	SETEC	Pierre Roche (atelier 1 uniquement)	Bureau d'études

Annexe n° 10 : Diversité des projets analysés

Tableau 64 : Description des projets analysés

Dénomination du projet	Lotissement	ZAC	Rocade	Magna Porta	Raccordement
Type de projet	Surfacique	Surfacique	Linéaire	Linéaire	Linéaire
Emprise (en ha)	4	30	18	40	21
Statut du maître d'ouvrage	Privé	Privé	Public	Public	Public
Enjeux écologiques	Zone humide et espèces protégées	Espèces protégées	Zone humide et espèces protégées	Espèces protégées	Zone humide et espèces protégées
Période (début développement – autorisation)	2014-2019	2010-2019-...	2008-2019	2012-...	2006-2017
Stade d'avancement	Autorisé	En suspens après refus	Autorisé	Avant-Projet	Autorisé
Département	Gironde	Gard	Aude	Gard	Ardennes
Interlocuteurs interrogés	Maître d'ouvrage, DREAL, AFB, bureau d'études	Maître d'ouvrage, DREAL	Maître d'ouvrage, DREAL, DDT, bureau d'études	Maître d'ouvrage, DREAL Observations en réunions de projet	Maître d'ouvrage, DREAL, DDT, bureau d'études

Tableau 65 : Description des projets complémentaires étudiés

Dénomination du projet	Élargissement A63	Construction A304	Gazoduc
Type de projet	Linéaire	Linéaire	Linéaire, souterrain
Emprise (en ha)		300	159
Statut du maître d'ouvrage	Privé	Public	Privé
Enjeux écologiques	Zone humide et espèces protégées	Zone humide et espèces protégées	Zone humide et espèces protégées
Période (début développement – autorisation)	...-2015-2019	2003-2014-2018	2014-2019
Stade d'avancement	Autorisé, en service	Autorisé, en service	Autorisé, en service
Département	Landes	Ardennes	Landes - Gers
Interlocuteurs interrogés	Aménageur, DREAL, DDT	Aménageur, DDT, AFB	Aménageur, (DREAL)

Annexe n° 11 : Diversité des territoires accueillant les projets analysés

Tableau 66 : Description des territoires de nos terrains d'études

Composantes d'un territoire	Indicateurs	Aquitaine (dép. : Gironde, Landes)	Champagne-Ardennes (dép. : Ardennes)	Languedoc-Roussillon (Dep. : Aude, Gard, Hérault)
Contexte naturel du territoire	Région biogéographique	Atlantique	Continental	Méditerranéen
	% du territoire en Natura 2000	10% (10%, 7%)	12% (18%)	34% (39%, 32%, 31%)
	% du territoire en ZNIEFF de type I	(3%, 2%)	(7%)	(23%, 15%, 14%)
	% du territoire en ZNIEFF de type II	(13%, 6%)	(17%)	(61%, 47%, 54%)
	Indice de fragmentation des espaces naturels	(51, 84)	(34)	(71, 82, 67)
Organisation géographique	Longueur du réseau de transport (routier et ferroviaire) / surface départementale	(1.9, 1.2)	(1.2)	(1.7, 2.0, 1.9)
	Densité de population (2016)	(157, 44)	(53)	(60, 127, 186)
	% de sols artificialisés	(13%, 8%)	(6%)	(9%, 10%, 10%)
	Villes de plus de 100 000 habitants	Bordeaux, -	-	-, Nîmes, Montpellier
	Taux annuel d'évolution de la population	(+1.37, +0.87)	(-0.55)	(+0.44, +0.65, +1.29)
Organisation des acteurs du territoire	Existence d'une communauté d'acteurs de la séquence ERC organisée	Aucune	En cours de structuration, sous pilotage DREAL	Groupe de travail ERC piloté par la DREAL depuis 2013, CRERCO piloté par la

Tableau 67 : Valeurs des bornes des 4 classes pour chaque paramètre descripteur des départements accueillant les projets étudiés.

	Classes	1	2	3	4
Contexte naturel	Natura 2000	0-4.875	4.88-10.2	10.3-16.6	16.7-50.7
	ZNIEFF 1	0.6 – 4.275	4.23-8.5	8.6-15.15	15.2-69.8
	ZNIEFF 2	3.5-12.825	12.826- 21.05	21.06- 41.325	41.33-82.9
	Fragmentation	0-5.9	6.0-27.3	27.4-62.45	62.5-1428
Organisation géographique	Densité transport	0.8-1.5	1.6-1.9	2.0-2.2	2.3-13.6
	Densité population	3-50	51-85	86-171	172-20860
	Sol artificialisé	3-8.0	8.1-10.2	10.3-13.1	13.2-94
	Evolution population	-0.86- -0.025	-0.026-0.26	0.27-0.565	0.57-2.54

Annexes du chapitre 3

Annexe n°12 : Informations sur les projets

Tableau 68 : Informations principales sur les projets étudiés

Le lotissement aquitain	
Maître d'ouvrage	Aménageur privé, lotisseur de terrain à bâtir, envergure régionale Chiffre d'affaires 2017 : 11 M€ Nombre de salariés 2017 : 4
Le projet	Emprise : 4ha Défrichement de la parcelle en vue de la réalisation d'un lotissement
L'état initial de la parcelle aménagée	Prairie traversée par un cours d'eau, et accueillant une zone humide
Les acteurs impliqués	Le maître d'ouvrage : responsable du projet Un bureau d'études (n°1) spécialisé dans les milieux aquatiques, d'envergure régionale Un bureau d'études (n°2) naturaliste, d'envergure nationale La DREAL : un chargé de mission espèces protégées, La DDT : un chargé de mission en charge de la coordination de l'instruction L'AFB : un expert régional mesures compensatoires cours d'eau et zone humide Le CNPN : chargé de donner son avis sur le dossier d'autorisation
Les procédures	En 2015, procédure loi sur l'eau En 2018, procédure d'autorisation environnementale comprenant l'étude d'impact, la loi sur l'eau, la dérogation espèces protégées, le défrichement.
Conditions particulières	Le maître d'ouvrage est confronté pour la première fois aux 3 volets de la séquence ERC. Les services de l'État mettent l'accent sur les mesures d'évitement et lui demande d'éviter le secteur le plus sensible (1ha) de la zone d'emprise prévue initialement de 5ha. Au cours du développement du projet, la législation évolue : passage à l'autorisation environnementale.
Mesures compensatoires	Restauration de parcelle de 3.6 ha de lande humide dégradée et de friche humide vers une landes à Molinie avec gestion favorable au Fadet des laïches (papillon) Durée : 30 ans (A noter : les mesures d'évitement sont comptabilisées dans le dossier dans la surface de compensation totale – nous ne les avons pas incluses dans les mesures compensatoires décrites dans notre tableau)
Statut	Autorisé en 2019
La ZAC Occitane	
Maître d'ouvrage	Aménageur privé, promoteur immobilier, envergure régionale Chiffre d'affaires 2017 : 40 M€

	<p>Nombre de salariés 2017 : 17</p> <p>Maîtrise d'ouvrage déléguée par la commune.</p>
Le projet	<p>Emprise : 30 ha</p> <p>Aménagement d'une ZAC sur 3 zones dans une même commune. Comprend la construction de quartiers d'habitations, d'un collège, de voiries.</p>
L'état initial des parcelles aménagées	<p>Zones cultivées (vignes, vergers, cultures annuelles), quelques pâturages et friches arborées.</p> <p>Zones proches de la zone Natura 2000</p>
Les acteurs impliqués	<p>Le maître d'ouvrage : le responsable environnement en charge des dossiers d'autorisation</p> <p>Bureau d'études naturaliste</p> <p>La DREAL : chargé de mission espèces protégées</p> <p>La DDTM : premier interlocuteur administratif</p> <p>Le CNPN : chargé de donner son avis sur le dossier d'autorisation</p>
Les procédures	Procédure Dérogation Espèces Protégées
Conditions particulières	Le projet s'insère dans un territoire déjà fortement impacté par la construction d'une ligne ferroviaire grande vitesse et d'une gare.
Mesures compensatoires	Sur un ensemble de parcelles de 45 ha, création et entretien d'un couvert végétal favorable à l'Outarde canepetière et l'Œdicnème criard, et aux autres espèces des milieux ouverts agricoles, entretien avec retard de pâturage.
Statut	En suspens
Le raccordement	
Maître d'ouvrage	Aménageur public, collectivité territoriale départementale
Le projet	<p>Emprise : 21 ha</p> <p>Construction d'un raccordement routier à une autoroute nouvellement construite</p>
L'état initial de la parcelle aménagée	Parcelles cultivées, prairies pâturées, comprenant des zones, un cours d'eau
Les acteurs impliqués	<p>L'aménageur : le chargé d'opération</p> <p>Le bureau d'études naturaliste, d'envergure régionale</p> <p>La DDT : responsable police de l'eau, en charge de l'instruction du dossier loi sur l'eau</p> <p>La DREAL : chargé de mission de l'autorité environnementale en charge de d'expertiser la qualité de l'étude d'impact. Chargé de mission espèces protégées, en charge de l'instruction du dossier dérogation espèces protégées</p> <p>L'Onema : expert régional en charge des mesures compensatoires</p>
Les procédures	Etude d'impact, procédure loi sur l'eau et dérogation espèces protégées
Conditions particulières	<p>Le maître d'ouvrage est confronté pour la première fois à la séquence ERC et à la demande de mesures compensatoires.</p> <p>Le projet s'inscrit à la suite de la construction d'une autoroute ayant fortement impacté le territoire à la fois sur le plan de l'emprise spatiale, mais également sur le plan procédural : l'arrêt</p>

	d'autorisation du projet autoroutier a été cassé au tribunal administratif.
Les mesures compensatoires	Mise en place d'une gestion extensive favorable au Cuivré des marais (papillon) sur une prairie humide de 3 ha, restauration d'une prairie humide de 3 ha pour la rendre favorable au Cuivré des marais, mise en place d'un îlot de sénescence de 1 ha sur une parcelle boisée, gestion favorable à la biodiversité sur une parcelle de 2 ha, création de 6 mares pour les amphibiens, de 2 gîtes à reptiles. Durée des plans de gestion : 30 ans. (A noter : certaines mesures de création de gîtes sur l'aménagement ou à proximité immédiate de l'aménagement sont présentées dans le dossier comme des mesures compensatoires, mais sont en réalité des mesures de réduction)
Statut	Autorisé
La rocade	
Maître d'ouvrage	Aménageur public, collectivité territoriale départementale
Le projet	Emprise : 18 ha Construction d'une portion de contournement routier d'une agglomération
L'état initial de la parcelle aménagée	Friches agricoles en bordure de zones urbanisées. Les parcelles, anciennement d'usage agricole avaient été achetées au moment du démarrage du projet, bien avant la construction de la portion du raccordement étudié. Elles avaient évolué en friches.
Les acteurs impliqués	Le maître d'ouvrage : le chargé d'opération et le responsable des espaces naturels sensibles Le bureau d'études naturaliste La DDTM : en charge du dossier loi sur l'eau La DREAL : chargé de mission espèces protégées Le CNPN
Les procédures	Etude d'impact, procédure loi sur l'eau et dérogation espèces protégées
Conditions particulières	Le projet a démarré en 1978 et la rocade a été partiellement réalisée avant 1992. Le tracé de la dernière portion est fixé depuis longtemps lorsque les demandes d'autorisations sont réalisées. Il découvre les dossiers de dérogations espèces protégées. La réglementation évoluant fortement au cours du développement du projet, une nouvelle demande d'autorisation est demandée pour être en accord avec les nouvelles exigences réglementaires. Durée des mesures de gestion : 30 ans
Les mesures compensatoires	Aménagement, entretien et gestion de 3 km de canaux et fossés en faveur de la conservation du Campagnol amphibie, entretien de 13 ha de milieux ouverts par du pastoralisme, création de linéaire de haies, création de gîtes à reptiles et amphibiens et de nichoirs, lutte contre les espèces végétales envahissantes
Statut	Autorisé
La ZAC de la gare	
Maître d'ouvrage	Aménageur public, collectivité territoriale

Le projet	Emprise : 40 ha Construction d'une ZAC autour d'une gare TGV nouvellement créée.
L'état initial de la parcelle aménagée	Parcelles cultivées et friches agricoles
Les acteurs impliqués	Le maître d'ouvrage : chef de projet, responsable environnement Bureau d'études naturaliste DDTM : DREAL : chargé de mission espèces protégées
Les procédures	Autorisation environnementale avec étude d'impact et dérogation espèces protégées
Conditions particulières	Le projet s'insère dans un territoire déjà fortement impacté par la construction d'une ligne ferroviaire grande vitesse et d'une gare.
Les mesures compensatoires	Elles ne sont pas encore définies
Statut	Etudes d'AVP

Tableau 69 : Informations principales sur les projets étudiés en complément

Le gazoduc	
Maître d'ouvrage	Entreprise privée
Le projet	Emprise : 159 ha en phase chantier, 3.7 ha en phase d'exploitation Construction d'une conduite de gaz sous-terrain sur une longueur de 61km. Largeur de piste pendant le chantier : 26 m Largeur de la bande entretenue (absence d'arbres) en phase d'exploitation : 6m
L'état initial de la zone aménagée	Prairies pâturées, parcelles cultivées (maïs), boisements, zones humides
Les acteurs impliqués	Maître d'ouvrage : ingénieur environnement, chef de projet Bureau d'études DREAL Midi Pyrénées et Aquitaine : chargés de mission espèces protégées DDT Landes et DDT Gers : chargé de mission Police de l'eau
Les procédures	Projet soumis à autorisation ministérielle en raison de sa nature et de ses dimensions. Evaluation environnementale regroupant étude d'impact, étude d'incidence loi sur l'eau, et évaluation d'incidence Natura 2000 Demande de dérogation Espèces Protégées
Conditions particulières	Projet à cheval sur 2 régions. L'entreprise a déterminé une procédure de choix du tracé permettant de privilégier l'évitement. Les impacts définitifs du projet sont relativement faibles en raison de la reconstitution des milieux impactés par le chantier après la fin du chantier.

Mesures compensatoires	Acquisition de 6ha de parcelles boisées gérées de façon à avoir des îlots de sénescence favorables aux chauves-souris arboricoles, oiseaux des milieux boisés et coléoptères pendant 30 ans.
Statut	Autorisé et en service
La construction d'autoroute	
Maître d'ouvrage	L'Etat
Le projet	Emprise : 300 ha environ Construction d'une autoroute de 2 x 2 voies sur une longueur de 31 km.
L'état initial de la zone aménagée	Prairies (en majorité) et boisements, dont 227 ha de zones humides.
Les acteurs impliqués	Maître d'ouvrage : DREAL Bureaux d'études : le bureau d'études en charge de la rédaction des dossiers, et le bureau d'études en charge de l'ajustement et la mise en place des mesures compensatoires DDT : Police de l'eau DREAL : Espèces Protégées AFB : expert régional mesures compensatoires et zones humides Chambre d'agriculture : chargé de mission mesures compensatoires Conservatoire des Espaces Naturels : expertise mesures compensatoires
Les procédures	Etude d'impact, dérogation Espèces Protégées, Loi sur l'eau
Conditions particulières	Le projet a été autorisé au titre de la loi sur l'eau en 2011. L'arrêté d'autorisation a été attaqué par France Nature Environnement et il a été cassé en février 2014, en raison principalement du flou des mesures compensatoires, non portées à la connaissance du public pendant la phase d'enquête publique. Un nouveau dossier a été déposé et le 2 ^{ème} arrêté d'autorisation a été obtenu en 2014.
Mesures compensatoires	Maîtrise foncière de 424 ha de parcelles, dont 99 ha contribue à la compensation zones humides, 144 ha de prairies gérés en faveur des oiseaux, 31 ha de prairies gérées en faveur du Cuivré des marais (papillon) et 3 ha de prairies gérées en faveur du Damier de la succise (papillon) 70 ha d'îlots de sénescence boisés 43 mares à amphibiens créées 30 hibernaculum à reptiles
Statut	Autorisé et en service
L'élargissement d'autoroute	
Maître d'ouvrage	Entreprise privée
Le projet	Emprise : linéaire de 27 km Elargissement d'un tronçon d'une autoroute : passage de 2 x 2 voies et 2 x 3 voies
L'état initial de la zone aménagée	Dunes boisées, plantations de pins, landes humides, boisements humides, prairies humides, prairies de fauche, cultures et friches agricoles Dont 10 ha de zones humides

Les acteurs impliqués	Maître d'ouvrage : responsable environnement Bureaux d'études DREAL : chargé de mission Espèces Protégées DDT : Police de l'eau AFB : expert régional mesures compensatoires
Les procédures	Etude d'impact, loi sur l'eau, Dérogation Espèces Protégées
Conditions particulières	L'autorisation Dérogations espèces protégées a posé de grosses difficultés en raison de l'incompétence du bureau d'études. Etats initiaux réajustés en cours de travaux (délimitation zones humides) Mesures d'évitement et de réduction déterminées pendant les travaux, et dette compensatoire définie après les travaux pour les espèces protégées
Mesures compensatoires	Restauration de 20 ha de zones humides et de linéaire de cours d'eau. Mesures de compensation ciblant le vison en cours de définition.
Statut	Autorisé.

Annexe n°13 : Modalités de raisonnement du dimensionnement des mesures compensatoires des projets étudiés

Tableau 70 : Modalités de raisonnement du dimensionnement des mesures compensatoires des projets étudiés

Le lotissement aquitain	
Utilisation d'une ME	Non
Evaluation des pertes	Etat initial et impacts résiduels décrits.
Evaluation des gains	Description qualitative de l'état initial de la zone compensatoire : type d'habitat et espèces présentes, particulièrement l'espèce ciblée par les mesures. Description des fonctions écologiques sur la zone compensatoire, mais jugée insuffisante par l'AFB. Identification d'un potentiel de restauration. Description des mesures compensatoires.
Prises en compte de critères particuliers	Non
Calcul du ratio	Ratio calculé à partir de la surface de la zone compensatoire et non pas à partir du gain compensatoire.
La ZAC Occitane	
Utilisation d'une ME	Oui
Evaluation des pertes	Etat initial et impacts résiduels décrits. Pertes compensatoires évaluées unités de compensation (méthode miroir Biotope)
Evaluation des gains	Etat initial des parcelles de compensation et état final décrit succinctement. Gain compensatoire décrit au moyen de l'application de la ME dite des unités compensatoires (méthode miroir de Biotope) : elle tient compte de l'état initial (degré de favorabilité par apport à l'espèce ciblée) de la zone compensatoire et affectation d'un gain théorique en fonction du type d'habitat initial. Le gain théorique est fixé à dire d'expert et n'est pas explicité.
Prises en compte de critères particuliers	Le gain théorique tient compte en partie du risque lié à la réussite de la restauration du milieu
Calcul du ratio	Le ratio est visible au travers du calcul des surfaces de compensation nécessaires en fonction du gain d'unités de compensation par hectare.
Le raccordement	
Utilisation d'une ME	Oui pour certaines mesures, non pour d'autres
Evaluation des pertes	Etat initial et impacts résiduels décrits.
Evaluation des gains	Pour les zones humides selon le critère habitat, pas d'évaluation des gains générés par les mesures compensatoires. Distinction des opérations de compensation selon s'il s'agit de création, des restauration ou de gestion : affectation d'un ratio de fixe en fonction du type de mesures.

Pour les zones humides selon le critère pédologique, prise en compte de l'état initial et de l'état final au travers d'un indice de fonctionnalité évaluant partiellement l'état écologique. Evaluation d'un gain compensatoire basé sur l'indice de fonctionnalité. Pour la création de gîtes et de mares, aucune évaluation de gain compensatoire.

Prises en compte de critères particuliers	Non, sauf prise en compte de la dynamique d'évolution pour une mesure compensatoire consistant en des mesures de gestion : la dynamique d'évolution de référence prise en compte est une dynamique de destruction à terme.
Calcul du ratio	Il n'est pas calculé mais fixé pour les zones humides « habitat » et calculé à l'aide de la méthode « par point » pour les zones humides pédologiques.
La rocade	
Utilisation d'une ME	Non
Evaluation des pertes	Etat initial et impacts résiduels décrits.
Evaluation des gains	L'état initial de la zone de compensation et l'état final attendu sont décrits. Le gain compensatoire n'est pas évalué en tant que tel car la compensation est déterminée à partir d'un ratio fixé à l'avance.
Prises en compte de critères particuliers	Le risque est pris en compte au travers de l'évaluation du potentiel de restauration de la zone de compensation mais il n'est pas argumenté en tant que tel. Les autres critères ne sont pas pris en compte.
Calcul du ratio	Il n'est pas calculé car il est fixé à l'avance.
Le gazoduc	
Utilisation d'une ME	Oui pour certaines mesures, non pour d'autres
Evaluation des pertes	Etat initial et impacts résiduels décrits. Les pertes sont évaluées au travers de l'affectation d'un « enjeu ».
Evaluation des gains	L'état initial et l'état final de la zone de compensation sont décrits très brièvement (type de milieu). Le gain compensatoire n'est pas évalué car application de ratio fixés en fonction de l'enjeu de la perte ou de la réglementation pour les zones humides (SDAGE).
Prises en compte de critères particuliers	Non.
Calcul du ratio	Non, car il est fixé à l'avance.
La construction d'autoroute	
Utilisation d'une ME	Pas pour le moment.
Evaluation des pertes	Etat initial et impacts résiduels décrits.
Evaluation des gains	Pour les zones humides selon le critère habitat, pas d'évaluation des gains générés par les mesures compensatoires. Distinction des opérations de compensation selon s'il s'agit de création, des restaurations ou de gestion : affectation d'un ratio de fixe ne fonction du type de mesures. Pour les zones humides selon le critère pédologique, prise en compte de l'état initial et de l'état final au travers d'un indice de

fonctionnalité évaluant partiellement l'état écologique. Evaluation d'un gain compensatoire basé sur l'indice de fonctionnalité. Pour la création de gîtes et de mares, aucune évaluation de gain compensatoire.

Prises en compte de critères particuliers	Non
Calcul du ratio	Il est fixé à l'avance pour les zones humides de critères habitat, et calculé à l'aide de la méthode « par point » pour les zones humides pédologiques.
L'élargissement d'autoroute	
Utilisation d'une ME	Oui pour certaines mesures, non pour d'autres
Evaluation des pertes	Etat initial et impacts résiduels décrits.
Evaluation des gains	L'état initial des zones compensatoires n'est pas décrit dans le dossier car elles ne sont pas encore définies. Le gain compensatoire n'est pas évalué, car les mesures sont dimensionnées à l'aide de ratio fixes, dans les dossiers d'autorisation. Le maître d'ouvrage travaille à la définition d'une méthode permettant d'évaluer le gain compensatoire.
Prises en compte de critères particuliers	Non
Calcul du ratio	Il n'est pas évalué.

Annexes du chapitre 4

Annexe n° 14 : Vérification des critères d'opérationnalité à partir de l'analyse des pratiques

Tableau 71 : Définition et vérification des critères d'utilisabilité

Définition	Vérification de l'hypothèse
<p>Facilité d'apprentissage</p> <p>L'apprentissage de la méthode ne requiert pas un niveau de compétence que les utilisateurs n'auraient pas, ni un temps de formation trop long (par exemple : une journée maximum)</p> <p>La facilité d'apprentissage dépend du niveau de compétence, de connaissances et du temps de formation. Nous avons identifié grâce à l'analyse des pratiques à quel point les niveaux de connaissances et d'expertise étaient hétérogènes que ce soit en écologie ou sur la séquence ERC.</p> <p>Nous avons également mis en évidence le manque de moyen et de temps, qui implique qu'il n'est pas possible de dégager beaucoup de journées de travail pour se former à l'utilisation d'une ME ou encore se mettre à niveau en écologie par exemple pour être en mesure de l'utiliser.</p> <p>Par conséquent, si la méthode cible un large spectre d'utilisateurs, elle ne devra pas nécessiter un niveau de compétence trop élevé, sinon, elle ne s'adressera qu'à des utilisateurs de type expert.</p>	
<p>L'efficience</p> <p>Le temps mis par les utilisateurs expérimentés de la méthode pour obtenir les résultats d'évaluation de l'atteinte de l'objectif de pas de perte nette de biodiversité est minimum, ou jugé satisfaisant par les utilisateurs.</p> <p>Pour ce critère également, le manque de temps et de moyen ainsi que les délais contraints pour les bureaux d'études qu'a mis en évidence l'analyse des pratiques, justifie ce critère. Cela écarte les méthodes qui reposeraient sur des relevés de terrain répétés par exemple (sur plusieurs saisons) ou qui supposeraient des manipulations lourdes en termes de moyens ou de durée.</p>	
<p>Facilité de mémorisation</p> <p>Pour les utilisateurs ne se servant pas de la méthode au quotidien, il n'est pas nécessaire de retourner à chaque</p> <p>La fréquence d'utilisation des ME n'est potentiellement pas très élevée : elles ne sont pas et ne seront pas utilisées tous les jours ou toutes les semaines par exemple, puisqu'elles sont utilisées</p>	

utilisation vers le guide pratique de la méthode.

par chaque acteur concerné, approximativement une fois par dossier. Ce critère est donc à traiter avec attention car dans ces conditions leur fonctionnement peut être oublié d'une fois sur l'autre.

La pertinence de ce critère est à apprécier également au regard de l'hétérogénéité du niveau d'expertise des différents acteurs. Certains acteurs de niveau expert peuvent être familiers avec des concepts présents dans une méthode et ne pas avoir de difficulté à les mémoriser, à l'inverse d'utilisateurs ne possédant pas ce type de connaissance.

Erreurs d'utilisation

Il n'y a pas d'ambiguïté sur l'interprétation et l'application des indicateurs écologiques, coefficients et formules composant la méthode.

La pertinence de ce critère a été appréciée à l'aide des observations faites lors des ateliers d'utilisation des méthodes MERCIe et MERCI-Cor. Certains indicateurs pouvaient être compris de plusieurs manières en raison de l'ambiguïté de leur formulation. Cela constituait une difficulté pour les utilisateurs qui ont clairement indiqué que cela constituait un frein à l'utilisation.

Le niveau de connaissances des utilisateurs peut avoir un effet sur ce critère. En effet, selon les connaissances, certaines notions peuvent être plus ou moins maîtrisées par exemple.

Satisfaction subjective

L'utilisateur se dit satisfait de l'utilisation de la méthode, elle correspond à ces attentes, elle n'engendre pas d'inconfort, de frustration, d'effort personnel, de fatigue.

Ce critère d'ordre général ne se vérifie pas en tant que tel dans les entretiens et les ateliers.

Flexibilité

La méthode peut s'adapter à un certain taux de variation des tâches et de l'environnement par rapport à ce qui est prévu d'une part, et à une certaine diversité des contextes écologiques des projets d'autre part.

Nous avons vu qu'il existe plusieurs opérations et plusieurs usages auxquels des méthodes peuvent être associées. La flexibilité peut conférer à une même méthode la possibilité d'accompagner plusieurs usages.

En outre, il existe une grande variété de types de projets et de contextes écologiques, selon les types de composantes de la biodiversité impactées. Une certaine flexibilité peut permettre à une même méthode d'être utilisée pour différents types de projets et de composantes de biodiversité.

Disponibilité des données

La méthode fonctionne avec des données existantes et facilement accessibles, ou ne nécessitant pas de procédures de collecte coûteuse.

Les données nécessaires sont des données naturalistes et des données sur le projet d'aménagement lui-même.

Le manque de temps et de moyens que subissent les différents utilisateurs potentiels de méthode suggère que si une méthode nécessite l'acquisition de données longue et coûteuse pour fonctionner, elle ne sera pas utilisable.

En outre, selon la phase du développement du projet à laquelle on se situe, toutes les données ne sont pas forcément disponibles. Nous avons vu que cela pouvait constituer un frein lorsque l'aménageur de la ZAC de la gare voulait anticiper le calcul de sa dette compensatoire en phase amont, alors que le projet n'est pas encore complètement défini : il manque des informations, comme le relevait le chargé de mission Espèces Protégées de la DREAL.

Tableau 72 : Définition et vérification des critères d'acceptabilité socio-organisationnelle

Définition	Vérification de l'hypothèse	Valeurs cibles
Fondements scientifiques		
L'approche générale, les indicateurs écologiques, coefficients et formule de calculs reposent sur des résultats scientifiques. La méthode a été publiée dans une revue internationale à comité de lecture.	Ce critère se justifie tout d'abord par la nécessité d'argumenter, de démontrer l'équivalence écologique et l'absence de perte nette de biodiversité. Nous avons vu dans l'analyse des pratiques que c'était une demande exprimée par les services instructeurs. Nous avons également défini l'opération « Argumenter » comme l'une des opérations du dimensionnement. Utiliser une méthode fondée sur le plan scientifique permet, par définition, argumentation et démonstration. Cela est d'autant plus nécessaire dans un contexte caractérisé par les pressions exercées par les hiérarchies sur leurs services instructeurs, ainsi que par les incertitudes liées à la nature même de la biodiversité.	
	En outre, la question de l'objectivité revient à plusieurs reprises dans les entretiens de la part des maîtres d'ouvrage, des bureaux d'études ou des services de l'État mais pour des raisons différentes. Les aménageurs expriment une certaine méfiance vis-à-vis du « dire d'expert » qui, en l'absence de méthode ou de ratio fixé réglementairement, permet de dimensionner les mesures compensatoires.	
	<i>« Là du coup on a une surface de compensation astronomique avec des ratios qui... sont à dire d'expert c'est-à-dire que là, y avait pas du tout de</i>	

méthodologie à l'époque. Voilà celle-là, c'est une espèce rare, attention ... bon ... 10. - Ok, 10. » (Le responsable environnement d'un aménageur)

Ou encore vis-à-vis des demandes des services instructeurs qui peuvent être perçues comme excessives :

« La DREAL, c'est quand même un peu des extrémistes toujours. Enfin, en tous cas, ils sont perçus comme ça et, donc on échange des informations, très bien, mais on a quand même toujours l'impression que s'ils peuvent faire plus, on va faire plus, on peut être entraîné bien au-delà de ce qui serait à faire selon la réglementation quoi. Mais on a pas trop de moyens de le vérifier, de se recalibrer. » (Le chef de projet d'un aménageur)

Les ME, quand elles sont utilisées, sont perçues comme permettant d'objectiver la définition des mesures compensatoires pour aménageurs et services instructeurs :

« C'était déjà bien qu'ils aient recours à une méthode de dimensionnement qui permettait d'objectiver un peu les choses même si elle prenait pas en compte tous les aspects. » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL)

Ainsi que pour les bureaux d'études qui peuvent afficher une démarche cohérente d'un dossier à l'autre vis-à-vis notamment des experts qui instruisent ou rendent des avis sur leurs propositions de mesures compensatoires.

Reconnaissance institutionnelle

La méthode fait l'objet de la validation d'une institution de type AFB ou CNPN, ou est recommandée par les services de l'État.

L'analyse des pratiques nous a permis de constater que les services instructeurs pouvaient préconiser l'utilisation d'une méthode particulière en phase amont, recommandation, en général, suivie par les aménageurs. C'est ce qui s'est passé pour les projets Raccordement, ZAC de la gare, ZAC Occitane. Ainsi, cela constitue un facteur incontestable facilitant l'adoption d'une méthode.

Nous avons observé dans les entretiens que la reconnaissance institutionnelle pouvait se décliner sous deux formes :

- La méthode est dite « validée » par les services de l'État, c'est-à-dire qu'ils ont participé à son développement. C'est le cas de la méthode « par points » développée pour le projet de construction d'autoroute, ou encore de la méthode « outarde » développée pour le contournement Nîmes Montpellier.
- La méthode est connue par les services de l'État, a été utilisée dans des dossiers qu'ils ont approuvés. C'est le cas des méthodes de

bureau d'études, comme la méthode ECO-MED ou la méthode Miroir de Biotope.

« Ce qu'on a essayé de faire un moment, c'est d'utiliser la méthode Ecomed parce qu'on savait que c'était une méthode reconnue, y compris au niveau du CNPN » (Un chef de projet d'un bureau d'études)

Conformité réglementaire

La méthode est cohérente avec les principes réglementaires français.

Par définition, les méthodes d'évaluation permettent de justifier le respect des critères réglementaires que doivent respecter les mesures compensatoires : équivalence écologique et absence de perte nette de biodiversité dans le cadre des procédures d'autorisation environnementale, notamment concernant les espèces protégées et les zones humides. Elles doivent donc être conçues de façon à ce que les principes réglementaires soient respectés.

Ce critère est d'autant plus nécessaire que les services instructeurs sont soumis à des pressions de la part de leur hiérarchie.

Acceptation des résultats du dimensionnement

Le dimensionnement proposé par la méthode est suffisamment élevé pour satisfaire aux objectifs de réduction des impacts affichés par la séquence ERC, mais pas trop élevé pour rester applicable.

Le dimensionnement des mesures compensatoires se traduit *in fine* par la recherche de surfaces foncières. La disponibilité foncière et la pression que cela exerce sur le monde agricole, contraintes identifiées au travers de l'analyse des pratiques, plaident pour des surfaces compensatoires pas trop élevées. De même, que les contraintes budgétaires que cela engendre pour le maître d'ouvrage vont l'inciter à minimiser les surfaces parcellaires. Dans certains dossiers, comme nous l'avons évoqué, cette recherche de minimisation de dette compensatoire peut se traduire par des pressions politiques qui se répercutent sur les services instructeurs.

A l'opposé, les préconisations scientifiques sur la mise en œuvre de l'objectif d'absence de perte nette, l'évolution des demandes des services instructeurs et la possible contestation citoyenne des projets jouent en faveur d'exigences plus élevées.

« Et l'a priori qu'ils ont [la DREAL] maintenant je pense, c'est le dogme du 1 pour 1 minimum, qui est retenu un peu partout. Si on arrive pas à ça, c'est même pas la peine [de soumettre nos propositions de mesures compensatoires] » (Le chef de projet d'un bureau d'études)

L'équilibre à trouver entre ces forces contradictoires est bien résumé par un agent de la DDT :

« On n'a aucun intérêt à être trop braqué pour que justement, ça prenne de l'ampleur et après, ça nous dépasse, on n'a plus rien. Donc ça, j'ai appris aussi. C'est-à-dire qu'au bout d'un moment, si on est trop exigeant... Il faut toujours rester pragmatique. (...) Il y a des dossiers (...) si on l'est trop, le

pétitionnaire il dit « ah mais ça va pas du tout, je vais appeler la direction, je vais appeler le préfet. Après, ça nous dépasse et on a plus rien. Après, on sait que quand en face, on a des mauvais coucheurs, et que de toutes façons, ça va faire de l'esclandre, tant pis, là, il est pas question d'arranger. Il faut quand même rester à un niveau d'exigence satisfaisant mais pas trop non plus (...) C'est une question de dosage. »

Coût

Le coût doit être adapté au projet et à son contexte. Est-ce que la méthode nécessite des équipements spéciaux, des temps de présence minimum sur le terrain ; l'achat de données, etc. ?

Le coût engendré par l'utilisation des méthodes n'est pas abordé dans les entretiens, parce que les méthodes actuellement utilisées n'occasionnent pas de surcoût particulier. Néanmoins, dans un contexte de manque de moyens pour les services de l'État, de bureaux d'études contraints par des budgets restreints, il est nécessaire que les coûts d'application d'une ME ne soient pas trop élevés. Idéalement, leur utilisation ne doit pas engendrer de surcoût.

Représentation de la séquence ERC

La représentation et l'interprétation de la réglementation française véhiculée par la méthode correspond à celle de l'utilisateur.

L'analyse des pratiques nous a permis de repérer que la réglementation pouvait être interprétée différemment selon les services instructeurs en particulier. C'est le cas en particulier pour les espèces protégées. On a vu dans les modalités de l'opération de Vérification faite par les services instructeurs que certains s'attachaient à l'ensemble de la biodiversité et pas seulement aux espèces protégées par exemple. Cela ressort dans les entretiens :

« [Les critères de la méthode] ECO-MED sont bien mais je pense qu'ils ne sont pas à prendre de façon agrégée. Et du coup, il y a la partie responsabilité patrimoniale qui ne ressort pas assez dans la méthode Ecomed. Enfin, à mon sens hein. » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL)

« Mais si on ne tenait compte que des espèces patrimoniales, ça donnerait des surfaces qui ne seraient pas représentatives de l'impact global du projet. » (Le chef de projet d'un bureau d'études)

« Au lieu considéré, comme ils ne touchent pas les espèces les plus rarissimes, il n'y a pas d'impact. Et moi, mon entrée, elle est différente, euh... c'est plutôt de regarder, la question à laquelle euh, on doit répondre pour moi dans une étude d'impact. Au bout au bout du raisonnement, c'est

: est-ce qu'on va avoir une perte nette de biodiversité à l'endroit considéré ? » (Le chargé de mission biodiversité d'une DDT)

« Quand on te dit zéro perte de biodiversité comme objectif, pour moi c'est purement utopique. » (Un chargé de mission Espèces Protégées en DREAL)

Transparence, compréhension des résultats produits par la méthode

Les résultats issus de la méthode sont compréhensibles par les décideurs (aménagement, services de l'État)

Le critère de la compréhension de la méthode est justifié du fait que les résultats font l'objet de discussions entre les différentes parties prenantes lors du processus de dimensionnement. Nous avons pu constater à quel point ces échanges, au travers d'argumentation et de justification occupaient une place importante dans le processus. La compréhension ne concerne pas que l'utilisateur direct de la méthode mais également ses interlocuteurs au cours du processus de dimensionnement.

Cela se retrouve dans les entretiens au travers de nombreuses évocations de la question de la compréhension :

- L'aménageur exprime son souhait de comprendre ou exprime directement sa compréhension des raisonnements conduisant aux mesures compensatoires

« Globalement moi j'ai eu la chance d'avoir une formation et de comprendre pourquoi je fais les choses. Et ça, ça aide quand même considérablement pour l'acceptation de la démarche. (...) Je trouve que la pédagogie, c'est vachement important. » (Le chef de projet d'un aménageur)

« Y en a qui [des chefs de projet] veulent tout comprendre ! » (Le responsable environnement d'un aménageur)

- Les services instructeurs disent leur besoin de comprendre ce qui est proposé par les bureaux d'études

« En fait ce que moi j'aime bien c'est qu'on m'explique bien et qu'intellectuellement, ce soit satisfaisant. » (Un chargé de mission Police de l'eau en DDT)

La nécessité de comprendre la raisonnement permettant de définir les mesures compensatoires est également évoquée lorsque le maître d'ouvrage ou le service instructeur doit expliquer à son tour les mesures compensatoires.

« C'est ces terrains-là qui nous ont intéressés parce qu'on avait une plus-value à apporter par rapport à d'autres terrains qui étaient déjà en friche et qui étaient déjà en train de se valoriser de façon naturaliste. Donc on est allé expliquer à ce gars-là qu'il fallait qu'il arrête, qu'on allait y mettre des gîtes à lézards et tout ça quoi. (...) c'est difficile parce que, on a du mal à trouver les arguments. Les arguments, on les connaît, on voit très bien pourquoi on va la faire là et pas là mais des arguments qui soient compréhensibles par le gars qui cultive sa vigne. » (Le responsable environnement d'un aménageur).

Annexes du chapitre 5

Annexe n°15 : guide d'entretien concepteurs de ME

Relance avec **reformulation** - Merci – Confidentialité de la discussion - Accord pour questions complémentaires.

Annonce

(Me présenter moi-même et mon sujet de thèse) *Je suis en thèse de géographie, au CEFÉ et chez ECO-MED. Je suis en fin de 1^{ère} année. Mon sujet de recherche concerne les méthodes de dimensionnement des mesures compensatoires.*

(Mes questions de recherche) *J'explore la dimension pratique des méthodes. La partie scientifique est déjà très documentée, fait l'objet de nombreuses publications, réflexions, propositions diverses. Mais l'exigence pratique est importante pour que les méthodes soient utilisées et que l'application d'ERC progresse.*

Je réalise une série d'entretiens auprès des différents acteurs intervenant dans un projet ou dossier pour savoir comment ils s'y prennent et quelles méthodes ils utilisent éventuellement.

Questions tremplins

Utilisateurs :

. Phase libre

Pouvez-vous me raconter comment s'est passé le développement de la méthode xx ?

. Phase directive

Si l'objectif d'opérationnalité (quel que soit le mot employé, le reprendre) a été exprimé en phase libre,

Qu'est-ce que cela signifie ?

Comment ils s'y sont pris pour l'atteindre ?

Inspiration d'autres méthodes

Bibliographie

Critères, objectifs chiffrés

Stratégie générale déployée pour produire un outil opérationnel

Prise en compte des utilisateurs

Quels utilisateurs ciblés par la méthode, différenciation de types d'utilisateurs, profils

Comment, avec quels moyens ont-ils été pris en compte

Comment leurs besoins ont-ils été identifiés

Organisation et outils pour la conception

Combien d'utilisateurs sollicités, lesquels, modalités de choix

Quelle organisation pour les échanges : ateliers, entretiens, réunions, questionnaires

Quelle stratégie d'association des utilisateurs mise en place

Expérience de collaboration avec les utilisateurs, du labo, du concepteur en lui-même

Evaluation de la méthode développée

Est-ce que les utilisateurs ont testé la méthode

L'ont-ils évaluée, comment

Se sont-ils donnés des critères (d'opérationnalité) pour évaluer la méthode ?

Y a-t-il eu des modifications suite à leur retour, lesquelles ?

Formation

Y a-t-il eu des formations pour les utilisateurs ou y en a-t-il ?

Annexe n°16 : Usages formulés par les concepteurs pour les ME françaises

Tableau 73 : formulation complète des usages dans les documents associés aux ME françaises et dans les entretiens

	Documents associés aux ME	Entretiens concepteurs
Ecoval	« <i>Evaluer l'équivalence écologique des mesures compensatoires pour l'ensemble des acteurs impliqués dans ERC</i> » (Bezombes, 2017, p.30 et p. 217)	(Réponse à la question des utilisateurs ciblés) « <i>Maître d'ouvrage et bureau d'études pour le dossier Service instructeur : à connaître pour faire l'instruction Bureau d'études gestionnaire pour le suivi des mesures compensatoires</i> »
Mitimed	Peu explicite dans la thèse « <i>Évaluer les besoins en termes de compensation écologique qui peut être utilisée pour les études d'impacts environnementales marines et côtières</i> » (Jacob, 2017, p.80)	« <i>Cet outil d'aide à la décision, pour nous, c'était la partie la plus importante parce que c'était celle qu'on pouvait espérer plus tard commercialiser et mettre en place sur des études d'impact.</i> » (Concepteur-expert du bureau d'étude)
MNFZH	« <i>L'objectif est de proposer une méthode d'évaluation des fonctions associées aux zones humides applicables tout au long des phases de conception puis de réalisation d'un projet et conduisant au choix des mesures "éviter, réduire, compenser" pertinentes. Il s'agit ainsi de permettre la conception de projets de "moindre impact environnemental" par les maîtres d'ouvrage, de faciliter leur instruction par les services de l'État et de renforcer la sécurité juridique des actes administratifs les autorisant.</i> » (Gayet et al., 2016a, p. 7) « <i>La méthode est principalement à l'intention des maîtres d'ouvrages et des agents des bureaux d'études qui les accompagnent dans la conception de projets de moindre impact environnemental. Par ailleurs, la méthode peut être utilisée par les agents des services de l'État et de l'Onema, pour effectuer des vérifications sur les projets mis en œuvre</i>	

par les maîtres d'ouvrages » (Gayet et al., 2016a, p. 9)

MERCI-Cor *La méthode peut être appliquée à différents stades d'un projet d'aménagement. Elle est construite en priorité pour être appliquée au stade du dimensionnement de la compensation, côté maîtrise d'ouvrage ou de l'instruction des dossiers côté services de l'État. » (Pinault et al., 2017, p. 19)*

MERCIe *« La méthode MERCIe peut être appliquée à différents stades d'un projet d'aménagement. Elle est construite en priorité pour être appliquée au stade du dimensionnement de la compensation, côté maîtrise d'ouvrage ou de l'instruction des dossiers côté services de l'État. » (Mechin et Pioch, 2016, p. 42)*

DMG

-

-

GT national Pas de mention relative aux usages

Pas abordé en réunion

Annexe n° 17 : La méthode MERClé version 2016 (Mechin et Pioch, 2016)

Feuille 1 : Description de l'impact

Dénomination du projet		
Site d'impact	Surface de la zone d'étude	hectares
Bassin versant		
SAGE / SDAGE		
Zones humides inventoriées		
Procédures auxquelles est soumis le projet (loi sur l'eau, Natura 2000, dérogations espèces protégées, continuité écologiques...)		
Plans de gestion appliqués à la zone d'étude		
Relations géographiques et connectivité hydrologiques de la zone d'étude avec les zones adjacentes		
Caractéristiques particulières des zones adjacentes à la zone d'étude		
Description rapide de la zone d'étude et habitats de référence Natura 2000 rattachés		
Espèces attendues ou représentative dans la zone étudiée (liste basée sur la littérature)		
Evaluation de la rareté des habitats ou espèces de la zone d'étude par rapport à la zone biogéographique		
Fonctions écologiques		
Usages présents et passés sur la zone d'étude		
Espèces protégées ou à statut particulier attendues : préciser le statut et le niveau d'enjeu local		
Espèces	Statut	Enjeu
Observations de terrains : espèces détectées, signes de présence ou de passages d'espèces animales		

Annexes

--

Description du projet

--

Autres informations

--

Evaluation réalisée par :

**Date(s) de réalisation de
l'évaluation :**

Date(s) de présence sur le terrain :

Feuille 2 : Description de la compensation

Dénomination du projet		
Site de compensation	Surface de la zone d'étude	hectares
Bassin versant		
SAGE / SDAGE		
Zones humides inventoriées		
Procédures auxquelles est soumis le projet (loi sur l'eau, Natura 2000, dérogations espèces protégées, continuité écologiques...)		
Plans de gestion appliqués à la zone d'étude		
Relations géographiques et connectivité hydrologiques de la zone d'étude avec les zones adjacentes		
Caractéristiques particulières des zones adjacentes à la zone d'étude		
Description rapide de la zone d'étude et habitats de référence Natura 2000 rattachés		
Espèces attendues ou représentative dans la zone étudiée (liste basée sur la littérature)		
Evaluation de la rareté des habitats ou espèces de la zone d'étude par rapport à la zone biogéographique		
Fonctions écologiques		
Usages présents et passés sur la zone d'étude		
Espèces protégées ou à statut particulier attendues : préciser le statut et le niveau d'enjeu local		
Espèces	Statut	Enjeu
Observations de terrains : espèces détectées, signes de présence ou de passages d'espèces animales		

Mesures compensatoires prévues

--

Autres informations

--

Evaluation réalisée par :

**Date(s) de réalisation de
l'évaluation :**

Date(s) de présence sur le terrain :

Feuille 3 : Indicateurs Localisation et Paysages (zone d'emprise du projet, ou zone de compensation)

	Indicateurs	Explications	10 (optimal)	7 (modéré)	4 (faible)	0 (mauvais)
a	Usages des territoires adjacents à la zone évaluée	<p>Selon le type d'usages, les impacts qu'ils génèrent comme l'imperméabilisation des sols, le drainage, la collecte et la concentration des ruissellements superficiels en un seul point de rejet, le bruit, les animaux domestiques, la production de polluants, etc. peuvent avoir des effets négatifs sur les habitats de la zone évaluée. Cet indicateur peut être évalué à l'aide de la cartographie type IGN Scan 25. On peut repérer alors aisément les zones urbanisées et leur densité sur le bassin versant, les activités commerciales, industrielles, ou agricoles, les infrastructures de transport et le trafic associé, etc.</p>	Les usages en dehors de la zone évaluée n'ont pas d'impact négatif sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone évaluée.	Les usages en dehors de la zone évaluée ont un impact négatif minimal sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone évaluée.	Les usages en dehors de la zone évaluée ont un impact négatif sévère sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone évaluée.	Les usages en dehors de la zone évaluée ont un impact négatif significatif sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone évaluée.
Avant						
Après						
b	Présence d'espèces invasives et/ou exotiques envahissantes dans les zones voisines	La présence ou même la domination d'espèces invasives ou exotiques dégradent l'état des habitats environnants et donc la valeur des fonctions assurées par la zone évaluée	Absence d'espèces invasives exotiques ou autres à proximité de la zone évaluée.	Présence mais avec une abondance et une diversité minimales, peu d'effets négatifs.	La majorité des espèces de la communauté végétale à proximité de la zone évaluée est invasive et affecte négativement les fonctions de la zone évaluée.	La grande majorité des espèces de la communauté végétale à proximité de la zone évaluée est invasive et si bien que la zone évaluée ne peut pas réaliser ses fonctions ou très peu.
Avant						
Après						

c	Variété et étendue des habitats adjacents (ou voisins)	<p>Il s'agit d'évaluer la présence d'habitats de même nature que les habitats de la zone évaluée, ou encore de nature à accueillir une partie du cycle de vie des espèces potentiellement présentes dans la zone évaluée. Pour certaines espèces, la superficie de leur habitat à un effet sur leur maintien. Dans cet indicateur, on ne tient pas compte du degré de connectivité de ces habitats voisins ou adjacents avec la zone évaluée. Cette caractéristique est évaluée dans l'indicateur suivant.</p> <p>La définition de la zone voisine considérée dépend des espèces potentiellement présentes dans la zone évaluée.</p>	<p>Les habitats voisins à la zone évaluée présentent une gamme complète d'habitats requis pour assurer le cycle des espèces potentiellement présentes dans la zone évaluée et sont en quantité suffisante pour apporter un support optimal à la faune et la flore.</p>	<p>Les habitats en dehors de la zone évaluée sont disponibles en quantité et en variété suffisantes pour apporter un support optimal à de nombreuses (mais pas à toutes) espèces potentiellement présentes dans la zone évaluée ou certaines populations sauvages pourraient être limitées en raison d'une disponibilité réduite d'habitats nécessaires à l'accomplissement de leur cycle biologique.</p>	<p>La disponibilité des habitats en dehors de la zone évaluée est correcte mais ne suffit pas à accueillir certaines espèces ou apportent un support minimal à de nombreuses espèces potentiellement présentes dans la zone évaluée.</p>	<p>Aucun habitat pour les espèces potentiellement présentes dans la zone évaluée n'est disponible à l'extérieur de la zone évaluée.</p>
Avant						
Après						
d	Facilité de circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone évaluée et l'extérieur, par rapport aux distances et aux barrières	<p>La facilité de circulation entre la zone évaluée et les habitats voisins dépend de la distance entre eux mais aussi de barrières physiques comme les routes, les murs, les canaux, et autres aménagements humains. L'avifaune est peu sensible à ce facteur, les mammifères le sont davantage mais peuvent parcourir de plus grandes distances que les reptiles et amphibiens.</p>	<p>La circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone évaluée et l'extérieur n'est pas limitée par la distance, ni bloquée par des barrières.</p>	<p>La circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone évaluée et de l'extérieur est partiellement limitée, soit par la distance, soit par des barrières qui entravent la circulation des individus.</p>	<p>La circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone évaluée et de l'extérieur est substantiellement limitée, soit par la distance, soit par des barrières qui entravent la circulation des individus.</p>	<p>La circulation des individus entre les habitats de la zone évaluée et l'extérieur est impossible en raison de (ou autres zones connectées), la distance ou de la présence de barrières infranchissables.</p>
Avant						
Après						

e	Degré de connectivité hydrologique entre la zone évaluée et des zones aval ou connectées	Il s'agit d'évaluer les connectivités hydrologiques structurelles entre la zone évaluée et les zones aval ou amont. Cette connectivité peut être diminuée par une modification des modalités de circulation des ruissellements superficiels et hyporhéiques (drainage ou imperméabilisation des sols, remblais, déblais, captage des sources, etc.) du fait de la réalisation de routes, de canaux, de fossés, de digues ou de tout autre aménagement.	Aucune entrave hydrologique ou limitation des écoulements ne perturbe les échanges fonctionnels entre la zone évaluée et l'aval ou les zones connectées hydrologiquement.	Des entraves hydrologiques limitent les bénéfices fonctionnels aux zones aval (ou autres zones connectées), qui sont procurés à une fréquence moindre ou avec moins d'amplitude que dans les conditions optimales.	Des entraves hydrologiques limitent les bénéfices fonctionnels aux zones aval (ou autres zones connectées), qui sont rarement procurés à ces zones ou bien à des niveaux bien moindres que dans des conditions optimales.	Des entraves hydrologiques empêchent complètement ou en très grande partie, l'apport des bénéfices fonctionnels aux zones aval (ou autres zones connectées).
Avant						
Après						
f	Limitation des bénéfices fonctionnels de la zone évaluée au profit de la faune et de la flore des zones aval par des barrières ou par la distance	Cet indicateur évalue la connectivité hydrologique fonctionnelle, en se plaçant du point de vue des bénéfices apportés aux populations faunistiques ou floristiques des zones connectées. Cela dépend des espèces potentiellement présentes dans la zone évaluée. Y a-t-il des barrières physiques gênant la connectivité hydrologique ? Est-ce que la distance est trop grande pour qu'il y ait une influence de la zone évaluée sur la faune et la flore aval (anoxie des eaux, contaminations) ? Si la zone évaluée sert de nursery, est-ce que les juvéniles peuvent se disperser dans les zones aval ?	Les fonctions de la zone évaluée envers la faune et la flore de l'aval ne sont pas limitées par la distance ou par des barrières.	Les fonctions de la zone évaluée envers la faune et la flore de l'aval sont un peu limitées par la distance ou par des barrières.	Les fonctions de la zone évaluée envers la faune et la flore de l'aval sont substantiellement limitées par la distance ou par des barrières.	La zone évaluée n'assure aucune fonction pour la faune et la flore de l'aval.
Avant						
Après						

g	Alimentation et dépendance hydrologique des habitats aval par la zone évaluée	Un écosystème aval peut dépendre de façon critique de l'alimentation hydrologique par la zone évaluée	Les habitats des zones connectées dépendent entièrement des apports de la zone évaluée et pourraient être sévèrement impactés si la quantité ou la qualité de ces apports étaient modifiées.	Les habitats des zones connectées dépendent presque entièrement des apports de la zone évaluée et pourraient souffrir substantiellement si la quantité ou la qualité de ces apports étaient impactées.	Les habitats des zones connectées dépendent partiellement des apports de la zone évaluée mais pourraient souffrir substantiellement si la quantité ou la qualité de ces apports étaient impactées.	Les habitats des zones connectées dépendent peu ou pas des apports de la zone évaluée et ne souffriraient pas d'une modification de la quantité ou de la qualité de ces apports.
Avant						
Après						

Feuille 4 : Indicateurs Hydrologie (zone d'emprise du projet, ou zone de compensation)

	Indicateurs	Explications	10 (optimal)	7 (modéré)	4 (faible)	0 (mauvais)
a	Niveaux d'eau et écoulements (observés)	On évalue les niveaux d'eaux et écoulement pour le jour de l'observation. Ils dépendent de la saison, des conditions météorologiques et du type de zone humide. Si l'évaluateur connaît bien la zone et qu'il dispose de ces informations pour les autres saisons, il peut en tenir compte dans le choix des notes.	Les niveaux d'eau et les écoulements apparaissent comme étant appropriés, au regard des variations saisonnières, du cycle des marées, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.	Les niveaux d'eau et les écoulements sont un peu supérieurs ou un peu inférieurs aux niveaux d'appropriés, au regard des variations saisonnières, du cycle des marées, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.	Les niveaux d'eau et les écoulements sont modérément supérieurs ou inférieurs aux niveaux d'appropriés, au regard des variations saisonnières, du cycle des marées, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.	Les niveaux d'eau et la écoulements présentent un écart important par rapport aux niveaux d'appropriés, au regard des variations saisonnières, du cycle des marées, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.
Avant						
Après						
b	Indicateurs de niveaux d'eaux passés et de leur fluctuation	Il s'agit d'évaluer les variations de niveaux au travers de l'observation des mousses, lichens, lignes de niveau d'eau observables sur les troncs d'arbres, les rochers, accumulation de débris de végétaux et d'invertébrés qui se développent pendant les périodes de submersion, lignes de dépôts de débris par les eaux (sur les côtes), adaptation morphologique des plantes (émission de racelles) aux périodes de submersion...	Les indicateurs de niveaux d'eau sont distincts et cohérents avec les conditions hydrologiques attendues pour le type de système évalué.	Les indicateurs de niveaux d'eau ne sont pas aussi distincts et cohérents avec les conditions hydrologiques attendues pour le type de système évalué.	Les indicateurs de niveaux d'eau ne sont pas cohérents avec les conditions hydrologiques attendues pour le type de système évalué.	Les indicateurs de niveaux d'eau ne sont pas du tout cohérents avec les conditions hydrologiques attendues pour le type de système évalué.
Avant						
Après						

c	Humidité du sol	Dans certains cas, des pratiques de pompage d'eau excessif font baisser le niveau des nappes phréatiques et ont pour conséquence le drainage des zones humides. Il faut donc évaluer si l'humidité du sol est appropriée pour le type de zone humide étudiée, en tenant compte des saisons, de la météo.	L'humidité du sol apparaît comme étant appropriée, au regard des variations saisonnières, du cycle des marées, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques. Pas de signe de dessiccation du sol, d'oxydation, ou de compactage.	Bien que l'oxydation des sols ou le compactage soient minimaux, les sols sont plus secs qu'attendus pour le type de système évalué, au regard des variations saisonnières, du cycle des marées, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.	L'humidité du sol s'est écartée de ce qui est approprié pour ce type de système. Des signes évidents de dessiccation, d'oxydation, de compactage sont observés.	L'humidité du sol s'est complètement écartée de ce qui est approprié pour ce type de système. Des signes importants de dessiccation, d'oxydation, de compactage sont observés.
Avant						
Après						
d	Erosion du sol et dépôts	Des signes d'érosion et de dépôts sont en général observés dans les systèmes avec écoulements comme les marécages de plaines d'inondation : quand la rivière déborde de son lit, elle dépose ses sédiments dans la plaine d'inondation. Les eaux d'inondation peuvent également emporter la partie supérieure du sol, et cela d'autant plus que les niveaux d'eaux et les courants sont élevés. Il est important de distinguer l'érosion et le dépôt naturels, d'indications de phénomènes anormaux (par ex : les méandres d'une rivière et un delta à l'embouchure d'un canal)	L'érosion des sols ou les dépôts ne sont pas atypiques ou indicatifs de circulation altérée.	L'érosion des sols ou les profils de dépôt indiquent des altérations mineures de la circulation ou des dépôts.	L'érosion des sols ou les profils de dépôt sont atypiques et indiquent des altérations de la circulation ou des dépôts	L'érosion des sols ou les profils de dépôt sont très atypiques et indiquent des fortes altérations de la circulation ou des dépôts.
Avant						
Après						

e	Zonation de la végétation	<p>Pour certaines zones humides, la végétation présente une zonation. Quand une zone humide ne fonctionne pas bien au niveau hydrologique, cette zonation est perturbée. L'apparition de certaines espèces à certains endroits peut indiquer une baisse de niveau d'eau, ou du drainage, ou un excès d'eau, ou une arrivée d'eau douce canalisée dans un milieu saumâtre. Il s'agit bien au travers de cet indicateur d'évaluer l'hydrologie : la perturbation de la zonation relevée est à mettre en relation avec la perturbation de l'hydrologie. Si on note une zonation anormale mais que les causes identifiées n'ont pas de rapport avec l'hydrologie, dans ce cas, il ne faut pas en tenir compte dans la notation de cet indicateur.</p>	<p>La zonation de la végétation ou de la communauté benthique, pour toutes les strates, est appropriée au type de système évalué et ne montre pas de conditions hydrologiques atypiques.</p>	<p>La zonation de la végétation ou de la communauté benthique, pour certaines strates, est inappropriée au type de système évalué et montre des conditions hydrologiques atypiques.</p>	<p>La zonation de la végétation ou de la communauté benthique est inappropriée, pour la plupart des strates, au type de système évalué et montre des conditions hydrologiques atypiques.</p>	<p>La zonation de la végétation ou de la communauté benthique est inappropriée, dans toutes les strates, au type de système évalué et montre des conditions hydrologiques atypiques.</p>
Avant						
Après						
f	Stress hydrique de la végétation	<p>Le stress hydrique peut se manifester par un flétrissement anormal des feuilles, une mortalité excessive, des arbres penchés ou tombés, une canopée éclaircie, des dégâts causés par les maladies ou insectes et qui pourraient être associés au manque d'eau, l'affaiblissement de la végétation...</p>	<p>La végétation ne montre aucun signe de stress hydrique.</p>	<p>Les dégâts et/ou la mortalité de la végétation sont légèrement supérieurs à la normale</p>	<p>Signes importants de mortalité de la végétation et de dégâts associés au stress hydrique.</p>	<p>Constat de mortalité importante et signes élevés de stress hydrique.</p>
Avant						
Après						

g	Présence d'une faune aux exigences hydrologiques particulières	Certains amphibiens, lézards etc. ne peuvent accomplir tout ou partie de leur cycle que dans certains types de milieux, ou de conditions.	Présence ou signes de présence d'une faune ayant des exigences hydrologiques particulières, en cohérence avec les conditions attendues au sein de la zone humide évaluée.	Présence d'une faune ayant des exigences hydrologiques particulières moins forte que prévu, ou d'une faune ayant des exigences hydrologiques moins spécifiques.	Présence d'une faune ayant des exigences hydrologiques particulières fortement réduite, ou d'une faune ayant des exigences hydrologiques moins spécifiques.	Absence d'une faune ayant des exigences hydrologiques particulières ou d'une faune n'ayant aucune exigences hydrologiques.
Avant						
Après						
h	Composition de la communauté végétale ou d'espèces associées à des eaux de qualité dégradée, ou des niveaux d'eaux et de débits altérés	comme les algues vertes dans les milieux salins pollués.	Absence totale d'espèces végétales tolérantes aux pollutions chimiques ou organiques, ou associées à des eaux de qualité dégradée ou altérée en termes de fréquence, de hauteur d'eau, de durée d'inondation.	Présence de composition ou d'espèces végétales tolérantes aux pollutions chimiques ou organiques, ou associées à des eaux de qualité dégradée ou altérée en termes de fréquence, de hauteur d'eau, de durée d'inondation.	Présence de compositions ou d'espèces végétales presque intégralement tolérantes aux pollutions chimiques, ou associées à des eaux de qualité dégradée ou altérée en termes de fréquence, de hauteur d'eau, de durée d'inondation.	Couverture intégrale de la zone par des compositions ou des espèces végétales tolérantes aux pollutions chimiques, ou associées à des eaux de qualité dégradée ou altérée en termes de fréquence, de hauteur d'eau, de durée d'inondation.
Avant						
Après						
i	Observation directe des eaux stagnantes	L'observation directe des eaux stagnantes peut donner des informations sur la présence de polluants, la qualité des eaux, au travers de la coloration, de la turbidité, de reflets d'hydrocarbures, ou d'autres signes d'une situation anormale.	L'observation directe ne montre pas de dégradation de la qualité d'eau en termes de coloration, turbidité, reflets d'hydrocarbures, matière organique en suspens, odeurs, présence d'hydrocarbures huiles etc.	L'observation directe des masses d'eau indique une légère dégradation de la qualité de l'eau, comme la coloration, la turbidité, ou des reflets d'hydrocarbures.	L'observation directe des masses d'eau indique une dégradation modérée de la qualité de l'eau, comme la coloration, la turbidité, ou des reflets d'hydrocarbures	L'observation directe des masses d'eau indique une dégradation significative de la qualité de l'eau, comme la coloration, la turbidité, ou des reflets d'hydrocarbures
Avant						
Après						
j	Données existantes sur la qualité de l'eau	Si des données sur la qualité de l'eau existent, elles sont à comparer aux données de référence d'écosystèmes semblables : oxygénation, nutriments, pH, température, etc.	Les indicateurs de qualité d'eau ne montrent pas d'écart par rapport à la normale.	Les indicateurs de qualité d'eau montrent un léger écart par rapport à la normale, mais ces variations de paramètres, comme la salinité ou la charge en nutriments ne doivent pas causer autres	Les indicateurs de qualité d'eau montrent un écart modéré par rapport à la normale, et des effets écologiques sont attendus de ces variations de paramètres,	Les indicateurs de qualité d'eau montrent un écart important par rapport à la normale, et des dégâts écologiques sont attendus de ces variations de paramètres,

				choses que des effets écologiques mineurs.	comme la salinité ou la charge en nutriments.	comme la salinité ou la charge en nutriments.
Avant						
Après						
k	Profondeur des eaux, vagues, courant et pénétration de la lumière	Cet indicateur est approprié quand la zone d'évaluation comporte une masse d'eau significative pour laquelle de telles observations ont un sens. Les communautés végétales peuvent dépendre du niveau de clarté des eaux.	Profondeur des eaux, courant et pénétration de la lumière optimaux pour les communautés présentes	Suffisants mais susceptible d'entraîner des changements parmi les espèces, leur volume, croissance, et les densités de population.	Pas très favorable à l'ensemble des communautés de la vie aquatique par rapport à l'impact sur les espèces leur croissance volume et la densité.	Totalement inapproprié aux communautés référentes.
Avant						
Après						

Feuille 5 : Indicateurs Structures des communautés végétales et Habitats (zone d'emprise du projet, ou zone de compensation)

	Indicateurs	Explications	10 (optimal)	7 (modéré)	4 (faible)	0 (absent ou mauvais)
a	Espèces végétales des différentes strates	Il s'agit de comparer la composition en espèces végétales des strates arborescente, arbustive buissonnante et herbacée présentes au sein de la zone humide évaluée avec la composition de ces mêmes strates en situation de référence. Toutes les strates sont à évaluer quand elles sont présentes. Par exemple, dans les zones humides arborées, la dégradation de l'environnement se manifeste en premier sur la strate herbacée.	Toutes ou presque toutes les espèces végétales de des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.	La majorité des espèces végétales des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.	La majorité des espèces végétales des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.	Aucune espèce végétale des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.
Avant						
Après						
b	Présence d'espèces invasives et ou exotiques	La présence ou même la domination d'espèces invasives ou exotiques envahissantes au sein de la zone humide évaluée dégrade l'état de ses habitats, constitue une menace pour la biodiversité et perturbe son bon fonctionnement écologique.	Les espèces invasives ou exotiques envahissantes sont absentes.	Les espèces invasives ou exotiques envahissantes sont présentes mais en faible quantité.	Les espèces invasives ou exotiques envahissantes sont présentes en quantité élevée. La présence d'au moins une espèce de la liste noire est constatée.	Les espèces invasives ou exotiques envahissantes prédominent. La présence de plusieurs espèces de la liste noire est constatée.
Avant						
Après						
c	Régénération et recrutement	Cet indicateur est utile surtout dans le cadre de zones humides comportant une strate arborée. Il s'évalue à l'aide des signes de présence de jeunes arbres ou de jeunes pousses. Le recrutement n'est pas toujours uniformément réparti sur une zone humide. Une forte densité de jeunes pousses est typique d'une zone où la canopée est réduite par des	Preuves évidentes d'une régénération et d'un recrutement normaux.	Signes d'une régénération et d'un recrutement presque normaux.	Signes d'une régénération et d'un recrutement minimaux.	Il n'y a aucun signe de recrutement naturel ou de régénération.

		interventions humaines, ou des feux, des chutes d'arbres, etc.				
Avant						
Après						
d	Distribution en âge et en taille des populations d'arbres	Dans les écosystèmes forestiers, il faut plusieurs cohortes de populations avec des jeunes arbres, des arbres plus vieux, des jeunes plants afin qu'en cas de pertes des plus vieux arbres, le renouvellement soit assuré rapidement par les arbres plus jeunes.	La distribution en âge et en taille est typique du cadre de référence, sans indication d'un écart des modèles de mortalités et de succession normaux.	La distribution en âge et en taille est typique du cadre de référence, sans indication d'un écart des modèles de mortalités et de succession normaux, même s'il peut y avoir des écarts temporaires.	La distribution en âge et en taille est atypique du cadre de référence, et indique un écart permanent des modèles de mortalités et de succession normaux, avec un niveau de végétation morte ou presque morte plus élevé qu'attendu.	Fort pourcentage de végétation morte ou mourante avec une distribution en âge et en taille atypique.
Avant						
Après						
e	Etat de santé général de la communauté végétale	On observe les signes de plants morts ou mourants, de chlorose, de dommages causés par des insectes ou des champignons. Les communautés herbacées et les jeunes plants d'arbres montrent des signes plus précocement que les individus matures.	Les plantes sont en bonne santé avec très peu ou aucun signe de problème de croissance ou de dégâts par des insectes.	Les plantes sont en bonne santé avec de légers signes de problème de croissance ou de dégâts par des insectes.	Les plantes sont en mauvaise santé avec des signes de problème de croissance ou de dégâts par des insectes.	Plantes malades avec des signes importants de problème de développement et de dégâts par les insectes.
Avant						
Après						
f	Densité et qualité des débris de bois, accidents de terrain, terriers, cavités	Cet indicateur est destiné à évaluer les éléments propices aux habitats pour la faune attendue en termes de refuges, de diversité de fourrage, ou de zones de nidification. Cela peut aussi constituer des micro-habitats pour certaines espèces végétales. Mais cela peut aussi donner des indications sur des usages inappropriés, comme par exemple, de nombreux débris de bois, et du	La densité et la qualité des débris de bois, des accidents de terrain, des tanières, des cavités apportent un habitat structurel optimal pour le type de système étudié.	La densité et la qualité des débris de bois, des accidents de terrain, des tanières, des cavités sont un peu différentes de la normale en raison de la structure ou des pratiques de gestion des terrains.	Les débris de bois, des accidents de terrain, des tanières, des cavités sont absents ou anormaux parce que la végétation est morte ou en train de mourir.	Les débris de bois, des accidents de terrain, des tanières, des cavités sont absents ou s'ils sont présents c'est uniquement en raison de la mortalité de la végétation native.

		piétinement du sol causés par du surpâturage.				
Avant						
Après						
g	Caractéristiques topographiques	De même que pour l'indicateur précédent, elles peuvent constituer des refuges, des zones de nourrissage pour la faune, et une variété de microhabitats pour la flore. Une zone peut avoir été complètement remaniée par des travaux par exemple, aboutissant à une topographie complètement plane, ou au contraire très escarpée, et moins propice à la faune.	Les caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats sont normales pour le type de zone étudiée.	Les caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats sont en deça de la normale pour le type de zone étudiée.	Réduction des caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats	Manque de caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats qui sont normales pour la zone étudiée.
Avant						
Après						
h	Pratiques de gestion	Est-ce que les pratiques de gestion existantes sur la zone sont propices au bon fonctionnement de l'écosystème ? Est-ce qu'elles n'altèrent pas le milieu ? On peut tenir compte des pratiques de fauche, de pâturage, de maîtrise de l'eau, d'exploitations forestières ou d'autres usages en vigueur sur la zone humide et qui peuvent modifier les communautés végétales d'une façon positive ou négative.	Pratiques optimales de gestion des terres pour la survie à long terme de la diversité végétale.	Pratiques globalement appropriées avec présence de quelques éléments artificiels qui ont engendré le déplacement de communautés végétales.	Retrait ou altération partiels de la structure naturelle, ou introduction d'éléments artificiels.	Retrait ou altération forts de la structure naturelle, ou introduction d'éléments artificiels.
Avant						
Après						
i	Pour les communautés de plantes immergées, envasement et croissance algale	L'envasement et la croissance algale peuvent entraver le développement des plantes aquatiques en gênant la photosynthèse.	S'il y a des plantes aquatiques, il n'y a pas de signes de turbidité ou de croissance algale qui gêneraient la croissance des plantes aquatiques.	S'il y a des plantes aquatiques, il y a des signes mineurs de turbidité ou de croissance algale qui pourraient gêner la croissance des plantes aquatiques.	S'il y a des plantes aquatiques, il y a des signes modérés de turbidité ou de croissance algale.	S'il y a des plantes aquatiques, la croissance algale ou la turbidité atteint un niveau élevé.

Annexes

Avant		
Après		

Feuille 6 : Coefficient T

Délai correspondant entre le début des travaux d'aménagement et le moment où les objectifs de résultat des actions de compensation sont atteints

Nombre d'années	Facteur T	Facteur T choisi
< ou = 1	1	
2	1,045	
3	1,092	
4	1,141	
5	1,192	
6 à 10	1,361	
11 à 15	1,696	
16 à 20	2,113	
21 à 31	3,005	
32 à 42	4,877	
plus de 42	8,644	

Feuille 7 : Coefficient R

Note du risque le plus modéré au risque le plus fort

	Questions	1	2	3	Choix
1	Est-ce que les terrains et les eaux situés dans un rayon d'un km de la zone d'étude peuvent potentiellement être converti à des usages plus intensifs ou causer des impacts secondaires non anticipés .	Tous les terrains et les eaux situés dans un rayon d'un km seront inclus dans une zone protégée, ou le sont déjà.	Les terrains et les eaux environnants ne sont pas complètement contrôlés ou protégés mais les sources d'impact secondaires potentiels ou d'activités sous dérogation sont peu probables, basées sur l'historique des usages dominants au-delà de la zone d'un km	Les terrains et les eaux ne sont pas complètement contrôlés ou protégés et de potentielles sources d'impacts secondaires ou d'activités sous dérogation sur cette zone ont été identifiées.	
2	Est-ce que la connectivité hydrologique ou les échanges entre l'amont, l'aval, et les autres zones dépendantes hydrologiquement peuvent être potentiellement altérées, rompues, réduites, gravement atteintes ? La connectivité hydrologique et les échanges doivent prendre en considération les eaux qui servent de support aux fonctions assurées par les zones humides.	La connectivité hydrologique est complètement protégée par le gouvernement ou contrôlée par le MOA qui consent à accepter les "conditions d'usages" / les "conditions des permis d'utilisation"	La connectivité hydrologique n'est pas complètement protégée par le gouvernement ou le MOA mais aucune source potentielle d'altération n'a été identifiée.	La connectivité hydrologique n'est pas complètement protégée par le gouvernement ou le MOA et des sources potentielles d'altération ont été identifiées.	
3	Est-ce que la taille ou l'échelle de la zone de compensation est suffisante pour fournir l'habitat essentiel à la faune ?	La zone de compensation est vaste ou fait partie de domaines publics ou privés protégés et suffisamment grands pour résister à la fragmentation ou aux dérangements en dehors de la zone.	La zone de compensation n'est pas assez vaste ou ne fait pas partie de domaines publics ou privés protégés et suffisamment grands pour résister à la fragmentation ou aux dérangements en dehors de la zone ; mais bénéficient à une faune qui ne sera pas affectée par de faibles niveaux de fragmentation ou de perturbation en dehors de la zone.	La zone de compensation dépend des ressources situées en dehors du site pour accueillir la faune dans son site. La fragmentation de l'habitat en dehors de la zone réduirait probablement les bénéfices apportés par la zone à la faune.	
4	Est-ce que l'environnement aquatique de la zone de compensation est relié à des moyens artificiels ou une hydrologie complexe pour être viable ?	L'environnement aquatique sera contrôlé par des moyens entièrement naturels. Les sources d'eau sont des eaux de ruissellements ou des cours d'eau parcourant des zones naturels ou bien proviennent des marées.	Les moyens de contrôle sont des moyens passifs (gravité) ou bien des modifications de structures passives sont nécessaires pour maintenir les niveaux d'eaux, d'échanges, et d'énergie. Une seule	La source d'eau est artificielle ou bien doit être manipulée par des pompes, barrages, canaux d'irrigation. Ou bien la source d'eau dépendra d'une multitude ou de sources complexes (infiltration de pente par ex)	

			source ou une combinaison de plusieurs sources est proposée.	
5	Est-ce que la conception des mesures de compensation utilise des méthodes éprouvées qui sont bien documentées avec des analyses hydrologiques proportionnées à la complexité ?	Les conditions hydrologiques sont bien documentées pour fournir une source d'eau fiable à la zone d'étude, en utilisant des méthodes aux succès démontrés sur d'autres sites. OU BIEN la compensation est de la préservation.	Les actions proposées requièrent l'amendement du sol ou du substrat, des barrières hydrologiques verticales, ou des interventions similaires pour aboutir aux conditions hydrologiques prévues, mais sont soutenues par suffisamment d'analyses hydrologiques détaillées utilisant des méthodes éprouvées.	les interventions proposées reposent sur des sols ou une topographie ou des conditions bathymétriques non connus, ou bien les interventions sont étayées des analyses hydrologiques limitées ; ou les interventions proposées dépendent de méthodes qui n'ont pas fait leurs preuves.
6	Est-ce que la zone contributive à la zone d'étude est suffisamment protégée et contrôlée pour fournir un environnement aquatique (c'est-à-dire une qualité et une quantité d'eau) adapté à la compensation prévue?	L'aire contributive dont dépend la zone de compensation est suffisamment contrôlée ou protégée pour soutenir la zone de compensation ; en incluant les eaux de surface et les eaux sous-terraines nécessaires aux besoins en eau. Si l'hydrologie dépend des marées, l'aire avoisinante est suffisamment contrôlée ou protégée pour permettre une eau de qualité et en quantité suffisante.	La majorité mais pas la totalité de la zone contributive nécessaire à la compensation est suffisamment contrôlée ou protégée ; il y a une dépendance d'eaux qui ne sont ni protégées ni contrôlées.	La zone de compensation dépend des ressources situées en dehors du site pour accueillir la faune dans son site. La fragmentation de l'habitat en dehors de la zone réduirait probablement les bénéfices apportés par la zone à la faune.
7	Quel est le potentiel d'infestation de la zone de compensation par des espèces exotiques ou invasives ?	Les visites de terrain ne relèvent pas d'espèces invasives ou exotiques dans la zone d'étude ou dans les terrains et les eaux avoisinantes. Les terrains et les eaux avoisinants font l'objet d'un plan de gestion durable qui prévoit le traitement ou l'arrachage des espèces invasives ou exotiques.	Les visites de terrain ne relèvent pas d'espèces invasives ou exotiques dans la zone d'étude mais on ne sait rien en ce qui concerne les terrains et les eaux avoisinantes. Les terrains et les eaux avoisinants font l'objet d'un plan de gestion durable qui prévoit le traitement ou l'arrachage des espèces invasives ou exotiques.	Les visites de terrain relèvent des espèces invasives ou exotiques dans la zone d'étude, ET/OU dans les zones ou les eaux du voisinage qui ne font pas l'objet d'un plan de gestion ou qui ne sont pas contrôlées par les autorités ou le gestionnaire.

8	Est-ce que la conception des mesures de compensation utilise des méthodes éprouvées pour aboutir à la flore endogène proposée ?	Les techniques de plantation, transplantation, greffe et autres aux succès démontrés sur d'autres sites, seront mises en place dans la zone d'étude, OU la compensation consiste en de la préservation.	Les techniques de plantation, transplantation, greffe et autres qui sont issus de la littérature scientifique seront mises en place dans la zone d'étude ; cependant, il y a peu de succès documentés sur d'autres sites. Ou bien un recrutement naturel est proposé pour une zone connue pour être une zone de germination ou de propagule	Il est proposé des techniques expérimentales ou non prouvées, ou bien compte sur un recrutement naturel dans une zone où les capacités de germination naturelle et "propagule" sont inconnues	
9	Est-ce que les sols, substrats ou sédiments de la zone de compensation sont appropriés pour les végétaux ou les plantes submergées proposées, en incluant les techniques d'amendements proposées pour le sol, les sédiments, le substrat.	Les sols, sédiments ou substrat de la zone d'étude sont similaires à ceux qui sont associés aux communautés endogène typique et ne seront pas altérés. OU la compensation est de la préservation.	Les sols, sédiments ou substrat de la zone d'étude devraient pouvoir supporter les espèces végétales proposées ou le plan prévoit des amendements ou d'autres techniques reposant sur des succès documentés dans d'autres sites.	Des techniques d'amendements expérimentaux ou non prouvés sont proposées, ou le matériau de départ de la zone d'étude est différent de celui associé aux communautés endogènes naturelles, et aucun amendement n'est proposé.	
10	Quel degré de risque est associé à la complexité des terrassements, travaux de la terre, ou altération des sédiments ou du substrat liée à l'achèvement des niveaux d'eau, profondeur, ou topographie et bathymétrie ciblés ? La variation topographique naturelle devrait aussi être prise en considération pour les communautés des terres émergées et ne devraient pas être reliée au niveau d'eau.	la topographie naturelle ou les variations de bathymétrie sont comparables à celles associées aux espèces natives typiques : aucune opération de terrassement, ou d'altération des sédiments ou du substrat ne sont nécessaires ou proposées.	Les actions proposées incluent des amendements du sol, des sédiments ou du substrat, et/ou des travaux de terrassement mais les méthodes proposées font l'objet de succès démontrés dans d'autres sites similaires.	La topographie naturelle ou la bathymétrie de la zone d'étude ne sont pas comparables à ce qui est habituellement associé aux espèces natives typiques, et les amendements des sols, sédiments ou substrat et/ ou les travaux de terrassement ne sont pas proposés. Ou les actions proposées incluent es amendements des sols, sédiments ou substrat et/ ou des travaux de terrassement mais les méthodes prévues ne font pas l'objet de succès démontrés dans des sites similaires.	
11	Est-ce que les mesures de gestion prévues à long terme sont suffisantes pour aboutir et pour maintenir perpétuellement les processus écologiques dans la zone d'étude ?	Des techniques éprouvées (feu, travail mécanique, herbicides) sont proposés avec des succès documentés sur d'autres sites, et toutes les actions nécessaires au maintien du type d'habitat choisi sont prévues dans le plan.	Les espèces ciblées ou les conditions spécifiques du site ne sont pas couvertes par des techniques conventionnelles, ou le plan de gestion à long terme prévoit certaines mais pas toutes les actions nécessaires pour pleinement faciliter le développement en continu des espèces naturelles.	Des actions de compensation de pointe, avec des exigences en termes de maintenance qui ne sont pas définies, sont proposées. Ou le plan de gestion à long terme est insuffisant pour assurer la protection permanente des espèces exotiques ou invasives ou nuisibles, ou les actions proposées ne sont pas adéquates pour subvenir au développement continu des espèces naturelles.	

12	Quel niveau de protection est assuré par l'instrument de préservation de la zone de compensation ?	Le maître d'ouvrage devient propriétaire de la zone de compensation.	La zone de compensation fait l'objet d'un bail (rural ou emphytéotique) ou d'un conventionnement pour une durée au moins égale à la durée des mesures de compensation.	La zone de compensation fait l'objet d'un bail (rural ou emphytéotique) ou d'un conventionnement pour une durée inférieure à la durée des mesures de compensation, ou bien ne fait l'objet d'aucune mesure de pérennisation.	
Facteur Risque					

Feuille 8 : Calcul des pertes écologiques

Notation de la zone d'impact				
------------------------------	--	--	--	--

Dénomination du projet
Zone d'étude

	Indicateurs	Avant	Après	Delta	Commentaire
Localisation et paysage					
a	Usages des territoires adjacents à la zone évaluée				
b	Présence d'espèces invasives et/ou exotiques envahissantes dans les zones voisines				
c	Variété et étendue des habitats adjacents (ou voisins)				
d	Facilité de circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone évaluée et l'extérieur, par rapport aux distances et aux barrières				
e	Degré de connectivité hydrologique entre la zone évaluée et des zones aval ou connectées				
f	Limitation des bénéfices fonctionnels de la zone évaluée au profit de la faune et de la flore des zones aval par des barrières ou par la distance				
g	Alimentation et dépendance hydrologique des habitats aval par la zone évaluée				

Evaluation moyenne

Hydrologie					
a	Niveaux d'eau et écoulements (observés)				
b	Indicateurs de niveaux d'eaux passés et de leur fluctuation				
c	Humidité du sol				
d	Erosion du sol et dépôts				
e	Zonation de la végétation				
f	Stress hydrique de la végétation				
g	Présence d'une faune aux exigences hydrologiques particulières				
h	Composition de la communauté végétale ou d'espèces associées à des eaux de qualité dégradée, ou des niveaux d'eaux et de débits altérés				
i	Observation directe des eaux stagnantes				
j	Données existantes sur la qualité de l'eau				
k	Profondeur des eaux, vagues, courant et pénétration de la lumière				

Evaluation moyenne

Structure des communautés et habitats				
a	Espèces végétales des différentes strates			
b	Présence d'espèces invasives et ou exotiques			
c	Régénération et recrutement			
d	Distribution en âge et en taille des populations d'arbres			
e	Etat de santé général de la communauté végétale			
f	Densité et qualité des débris de bois, accidents de terrain, terriers, cavités			
g	Caractéristiques topographiques			
h	Pratiques de gestion			
i	Pour les communautés de plantes immergées, envasement et croissance algale			

Evaluation moyenne

Score final [somme des 3 notes / 30]

--	--

Delta Impact [Avant - Après]

--

Pertes écologiques
Delta x Surface

--

Feuille 9 : Calcul des gains écologiques

Notation de la zone de compensation et calculs				
--	--	--	--	--

Dénomination du projet
Zone d'étude

	Indicateurs	Avant	Après	Delta	Commentaire
Localisation et paysage					
a	Usages des territoires adjacents à la zone évaluée				
b	Présence d'espèces invasives et/ou exotiques envahissantes dans les zones voisines				
c	Variété et étendue des habitats adjacents (ou voisins)				
d	Facilité de circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone évaluée et l'extérieur, par rapport aux distances et aux barrières				
e	Degré de connectivité hydrologique entre la zone évaluée et des zones aval ou connectées				
f	Limitation des bénéfices fonctionnels de la zone évaluée au profit de la faune et de la flore des zones aval par des barrières ou par la distance				
g	Alimentation et dépendance hydrologique des habitats aval par la zone évaluée				

Evaluation moyenne

Hydrologie					
a	Niveaux d'eau et écoulements (observés)				
b	Indicateurs de niveaux d'eaux passés et de leur fluctuation				
c	Humidité du sol				
d	Erosion du sol et dépôts				
e	Zonation de la végétation				
f	Stress hydrique de la végétation				
g	Présence d'une faune aux exigences hydrologiques particulières				
h	Composition de la communauté végétale ou d'espèces associées à des eaux de qualité dégradée, ou des niveaux d'eaux et de débits altérés				
i	Observation directe des eaux stagnantes				
j	Données existantes sur la qualité de l'eau				
k	Profondeur des eaux, vagues, courant et pénétration de la lumière				

Evaluation moyenne

Structure des communautés et habitats				
a	Espèces végétales des différentes strates			
b	Présence d'espèces invasives et ou exotiques			
c	Régénération et recrutement			
d	Distribution en âge et en taille des populations d'arbres			
e	Etat de santé général de la communauté végétale			
f	Densité et qualité des débris de bois, accidents de terrain, terriers, cavités			
g	Caractéristiques topographiques			
h	Pratiques de gestion			
i	Pour les communautés de plantes immergées, envasement et croissance algale			

Evaluation moyenne

Score final [somme des 3 notes / 30]

--	--

Delta Compensation [Après - Avant]

--

Facteur T

--

--

Facteur Risque R

--

--

Gain Ecologique relatif Ajusté
Delta / [Facteur T x Risque]

--

Annexe n° 18 : Test théorique de MERClé

Tableau 74 : Réalisation du test théorique de MERClé

Questions Réponses	Critères d'opérationnalité Interprétation
<p>1 Est-ce que la méthode est accompagnée de documents type notice, rapport, guide, articles ?</p> <p>Un rapport détaillé : Mechin A, Pioch S, 2016, "Une méthode expérimentale pour évaluer rapidement la compensation en zone humide. La méthode MERClé : principes et applications", Onema</p> <p>Le rapport présente le périmètre d'utilisation, les principes sur lesquels repose la méthode ainsi que ses modalités d'application. Il est illustré d'exemples.</p>	<p>Facilité d'apprentissage Facilité de mémorisation</p> <p>Ce rapport constitue un des supports de l'apprentissage de la méthode mais n'est pas un guide pratique, il est moins efficace en termes d'aide à l'utilisation et à la mémorisation.</p>
<p>La méthode est prévue dans quel cadre d'utilisation ?</p> <p>Le rapport indique que la méthode est prévue pour une application</p> <ul style="list-style-type: none"> - Par les aménageurs, les bureaux d'études et les services de l'État - En phase de développement de projet et en phase de montage de dossier ou de vérification du dossier <p>Résultat produit :</p> <p>Quantification des pertes écologiques fonctionnelles, et des gains écologiques fonctionnels,</p> <p>Calcul d'un ratio de compensation ou d'une surface de compensation</p> <p>Quand l'impact est connu : quantification des pertes</p> <p>Quand les mesures compensatoires sont connues : quantification des gains</p> <p>Procédure : compensation pour les zones humides continentales et côtières</p>	<p>Utilité Flexibilité</p> <p>La méthode est affichée comme permettant les trois usages que nous avons identifiés dans le chapitre 4.</p> <p>Elle reprend les phases du raisonnement du dimensionnement recommandée par les Lignes Directrices, ce qui est un élément positif pour le critère de Conformité Réglementaire.</p> <p>Le fait de pouvoir quantifier pertes et gains séparément en fonction des informations disponibles rend la méthode relativement flexible.</p> <p>Son périmètre d'application limité aux zones humides limite sa flexibilité.</p>
<p>La méthode est prévue pour quel niveau de connaissances ?</p> <p>Est-ce que cela est précisé dans les documents associés à la méthode ?</p> <p>Le niveau de connaissance nécessaire n'est pas indiqué dans le rapport accompagnant la méthode.</p>	<p>Utilité Facilité d'apprentissage Facilité de mémorisation</p> <p>L'absence de la mention du niveau de connaissance nécessaire pour appliquer la méthode peut nuire à la facilité d'apprentissage et de mémorisation si des utilisateurs</p>

	au niveau insuffisant souhaitent l'appliquer.
Une formation est-elle proposée ou prévue pour les futurs utilisateurs ?	Facilité d'apprentissage Facilité de mémorisation
La méthode est affichée comme nécessitant une formation pour être utilisée et des formations sont proposées.	La proposition de formation rend l'apprentissage plus facile.
La formation dure combien de jours ?	Facilité d'apprentissage Facilité de mémorisation
1 jour et demi à 2 jours maximum, avec déplacement sur le terrain du cas d'étude.	La durée limitée de la formation indique une facilité d'apprentissage et de mémorisation satisfaisantes.
Quelles est l'origine des données avec lesquelles la méthode est sensée fonctionner ?	Disponibilité des données
Données observées sur le terrain Données des inventaires et diagnostic des études d'impact Données de zonages publics, INPN etc.	La disponibilité des données semble être satisfaisante.
La méthode est-elle publiée ? dans quel type de publication ?	Fondements scientifiques
La méthode n'est pas publiée dans une publication scientifique. Le rapport est publié sur la site internet de l'Onema-AFB.	Ce critère n'est pas pleinement respecté. Néanmoins, la logique de la méthode correspond aux raisonnements préconisés dans les publications scientifiques, c'est-à-dire : - l'évaluation de pertes et de gains écologiques sur la base de l'évaluation de l'état des zones avant et après impact ou compensation. - la prise en compte de l'incertitude sur les trajectoires écologiques des mesures compensatoires et du décalage temporel au travers de coefficients d'ajustement.
La méthode est-elle recommandée par une institution officielle ?	Reconnaissance institutionnelle
Non.	La reconnaissance institutionnelle n'est pas maximale.
Des institutions officielles ont-elles été associées à son développement ? sous quelle forme ?	Reconnaissance institutionnelle
Oui. La DREAL Languedoc-Roussillon a été associée ainsi que son groupe de travail Méthodes composés d'agents des services instructeurs de	L'implication des institutions dans le développement de la méthode permet de conférer une

DREAL et de DDT, de bureaux d'études, du président du CSPRN. Cette participation s'est faite sous la forme d'ateliers tests.

L'Onema a été associé en tant que financeur et a participé en relisant le rapport, la formulation des indicateurs et en proposant des améliorations rédactionnelles.

reconnaissance institutionnelle, certes qui n'est pas maximale, mais à un niveau relativement satisfaisant.

De quels principes réglementaires la méthode tient-elle compte ? Sous quel forme ? La méthode va-t-elle à l'encontre d'un principe réglementaire ?	Conformité réglementaire
Cf. tableau 22 ci-dessous	Ce critère est respecté.
Combien de jours sont nécessaires pour appliquer la méthode, pour un projet de quel ampleur ?	Efficiences Coût
De 1 jour à une semaine selon l'ampleur des projets.	Cela semble être satisfaisant.
Est-il nécessaire d'aller sur le terrain ? combien de temps ?	Efficiences Coût
Oui. 2h à une journée selon la taille des zones d'études	Cela semble être satisfaisant.
La méthode nécessite-t-elle l'utilisation de matériel ou logiciel spécifique, qui pourrait pas être couramment à disposition des utilisateurs ciblés ?	Coût
Non	Le coût d'utilisation semble faible.
La méthode nécessite-elle l'achat de données ?	Coût
Non	Le coût d'utilisation semble faible.

Tableau 75 : Critères réglementaires pris en compte par la méthode MERClé (Mechin et Pioch, 2016)

Principes réglementaires régissant la compensation écologique	Prise en compte dans MERClé
Equivalence écologique :	
<i>La nature des habitats</i>	Analyse du projet
<i>La nature des fonctions réalisées par l'écosystème</i>	Analyse du projet
<i>Le degré de fonctionnalité de l'écosystème</i>	Dimensionnement
<i>La hauteur des pertes ou des gains écologiques</i>	Dimensionnement
Tenir compte du décalage temporel	Dimensionnement
Plus-value écologique (<i>La hauteur des pertes ou des gains écologiques</i>)	Dimensionnement
Proximité géographique (<i>même bassin versant</i>)	Analyse du projet
Proportionnalité de la compensation par rapport à l'intensité des impacts	Dimensionnement
Faisabilité (<i>choix d'une technique de restauration écologique et procédures organisationnelles associées</i>)	Permet une approche
Efficacité (<i>Tenir compte des risques associés aux incertitudes sur l'efficacité des mesures compensatoires</i>)	Dimensionnement
Conditions de fonctionnement des espaces susceptibles d'être le support des mesures	Permet une approche
Suivi de la compensation	

Annexe n°19 : Tests terrain de MERCIe

Tableau 76 : Résultats des tests terrain de MERCIe

Questions Réponses	Critères d'opérationnalité Interprétation
<p>1 Temps passé pour appliquer la méthode (terrain compris)</p> <p>Le temps passé a varié entre une heure pour les zones dont la surface était de quelques ha à une journée entière pour un échantillonnage de la zone d'emprise des travaux du gazoduc. Pour le gazoduc, le tracé s'étalant sur une longueur de 60 km, il n'était pas envisageable de parcourir la totalité de la zone d'emprise : cela aurait pris trop de temps.</p>	<p>Efficiace Coût</p> <p>L'efficiace et le coût peuvent être jugés satisfaisants, sous réserve de l'adaptation faite pour les zones d'emprise importantes comme le tracé du gazoduc.</p>
<p>2 Origine des données d'entrées utilisées pour appliquer la méthode</p> <p>Les données étaient issues des dossiers d'autorisation, des observations de terrains, de la cartographie IGN disponible sur Géoportail, des zonages environnementaux. Certains indicateurs étaient problématiques en raison de la difficulté d'identifier un « cadre de référence » pour les écosystèmes évalués.</p>	<p>Disponibilité des données</p> <p>La disponibilité des données nécessaires pour appliquer MERCIe peut être jugée satisfaisante, exceptée pour l'identification du cadre de référence.</p>
<p>3 Comparaison du dimensionnement obtenu avec le dimensionnement proposé dans le projet, s'il est proposé.</p> <p>MERCIe n'ayant pas été appliquée en intégralité, les mesures compensatoires n'ont pas été dimensionnées et n'ont donc pas pu être comparées aux mesures prévues dans les dossiers.</p>	<p>Acceptation des résultats du dimensionnement</p> <p>-</p>
<p>4 Est-ce que des aménagements ou des « bricolages » ont été nécessaires pour appliquer la méthode ?</p> <p>Cela a été le cas pour le projet de gazoduc : il a fallu faire des points d'échantillonnage pour faire les observations de terrain. Pour aller plus dans l'application de la méthode, il aurait fallu procéder avec un outil SIG afin de quantifier les pertes écologique engendrées par le projet sur la totalité du tracé, en extrapolant l'état écologique des zones visitées à la totalité de la zone d'emprise. L'évaluation complète de l'état écologique de la zone aménagée n'a pas pu être conduite car une partie des</p>	<p>Flexibilité</p> <p>Le fait de pouvoir appliquer la méthode à partir d'un échantillonnage de zones d'étude sur la zone totale d'emprise est un élément de flexibilité.</p>

indicateurs sont spécifiques aux zones humides et ne s'adaptent pas de façon simple et directe à des milieux non humides.

A l'inverse, ne pas pouvoir appliquer tous les indicateurs écologiques dans tous types de milieu est un élément de non flexibilité.

Annexe n°20 : Déroulement des tests utilisateurs

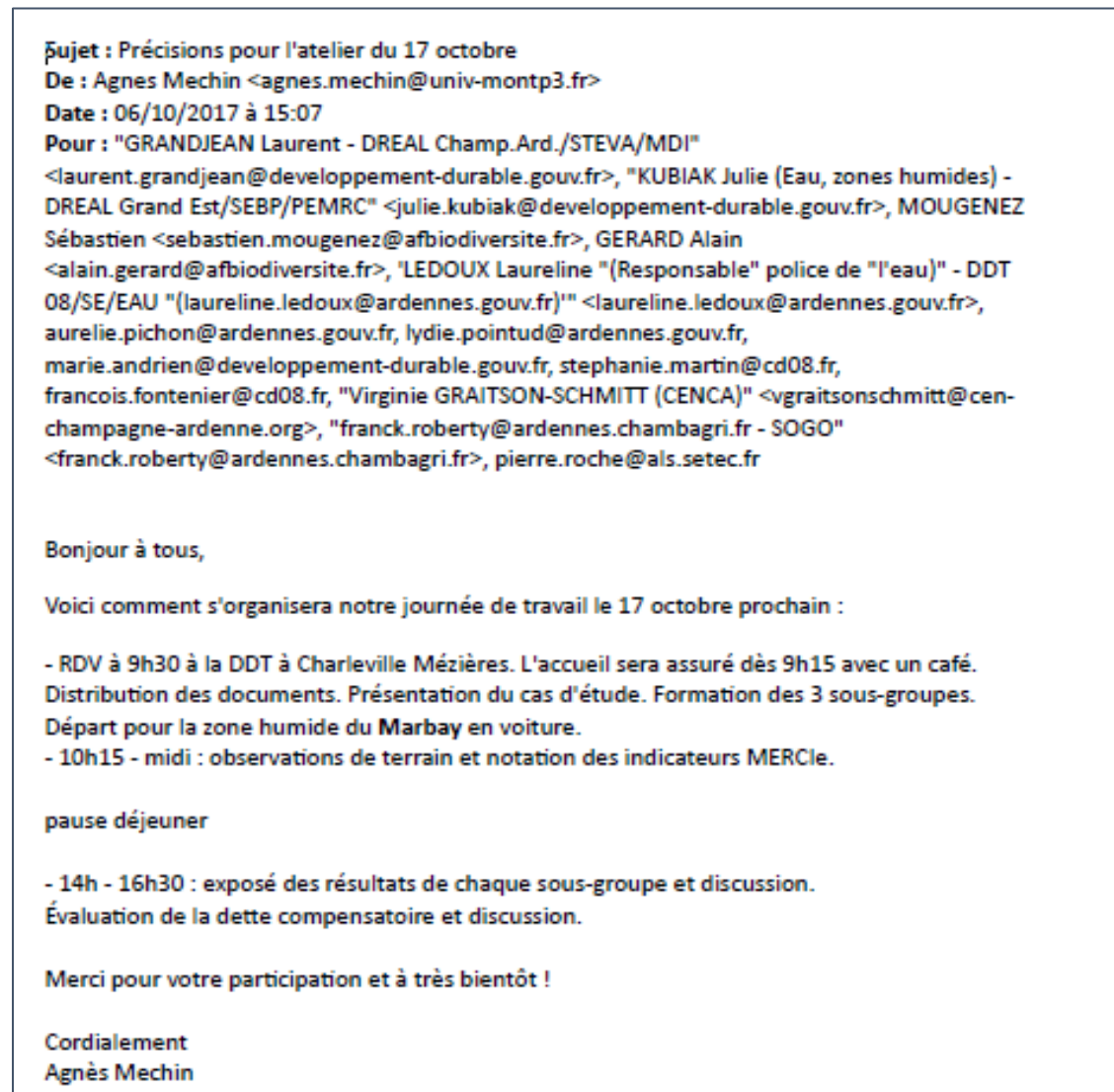


Figure 58 : Mail d'invitation des participants à l'atelier de test utilisateur du 17 octobre 2017

Le cas d'étude proposé pour le test utilisateur

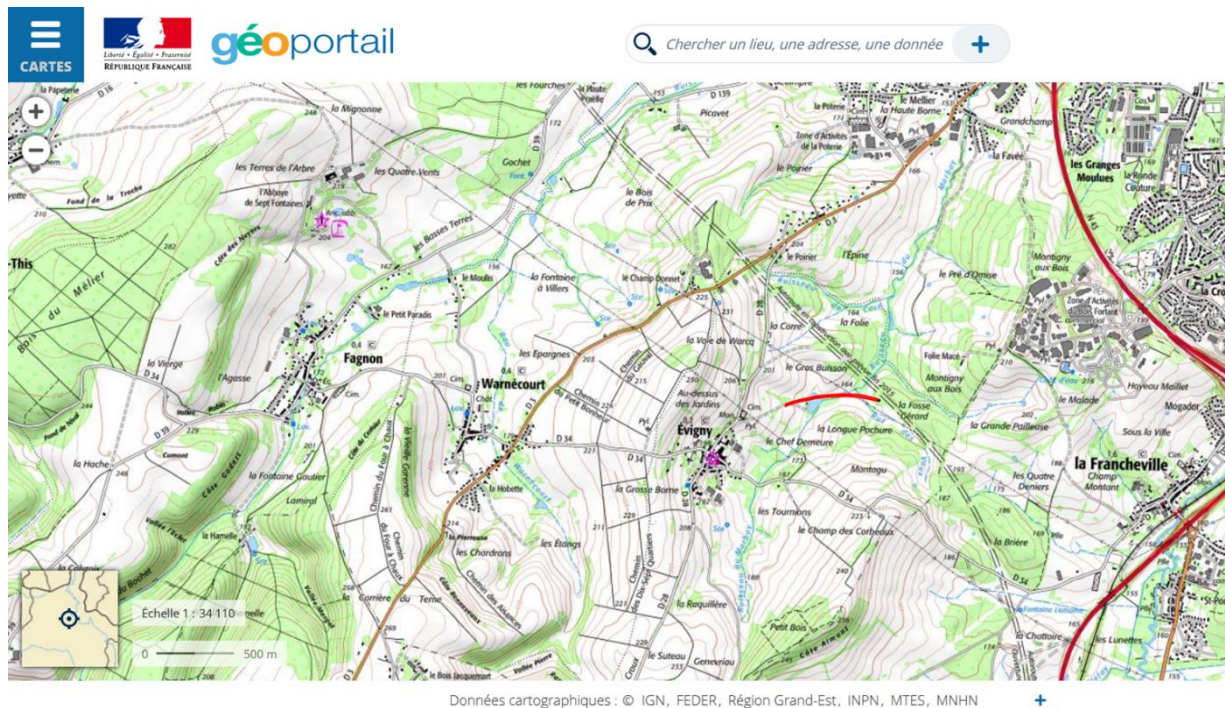
Description du projet fictif :

Construction d'une bretelle d'autoroute de l'A304 vers la commune d'Evigny.
Emprise du projet : 16 mètres de large x 600 mètres de long = 9 600 m² = 0.96 ha
Construction sur remblai. Comblement partiel (partie nord), de l'étang sur 1500 m²
Traverse le cours d'eau du Marbay.

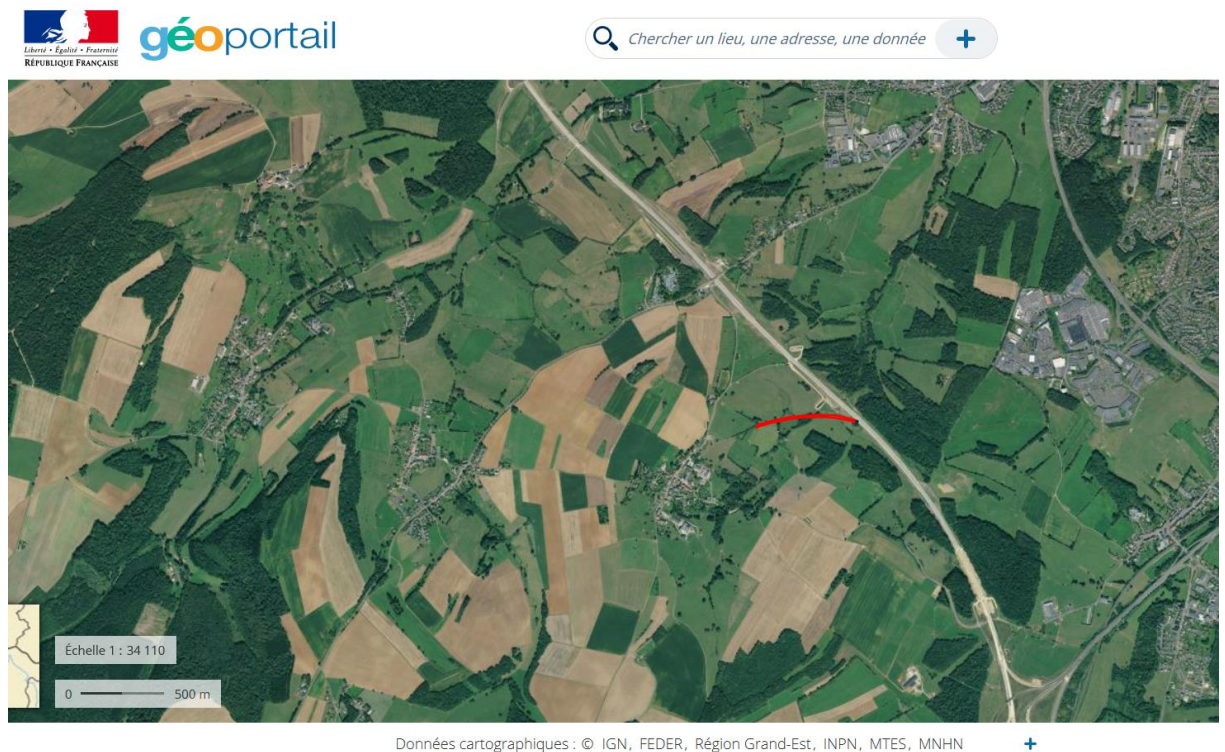
Description de la zone impactée par le projet :

Prairies humides pâturées, étang, boisement de feuillus en bordure de ruisseau.
Le ruisseau du Marbay se jette dans la Meuse. Au sein de la zone d'étude, le ruz des Vaux se jette dans le Marbay, et d'autres ruisseaux se jettent dans le Marbay en aval de de la zone d'étude. Autour du Marbay, zone alimentée en eau par les eaux de ruissellement, par le

Marbay (engorgement des couches profondes et crues), des sources, une nappe souterraine -> zone humide dans le vallon du Marbay. En aval, le Marbay passe sous l'A304. Plantation de peupliers en aval, avec présence de castors.



Carte 5 : emprise du projet fictif (représenté en rouge) sur carte IGN (document distribué aux participants)



Carte 6 : Emprise du projet fictif sur orthophoto IGN (document distribué aux participants)

Compte-rendu de l'atelier

Participants :

AFB : Alain Gérard, Sébastien Mougenez
 Chambre d'Agriculture des Ardennes : Franck Roberty
 CREN Champagne-Ardenne : Virginie Graitson-Schmitt
 DDT Ardennes : Laureline Ledoux, Aurélie Pichon, Lydie Pointud
 DREAL Grand-Est : Marie Andrien, Laurent Grandjean, Julie Kubiak,
 Université de Montpellier 3 – ECO-MED : Agnès Mechin

Ordre du jour :

Application de la méthode MERCIe à un cas d'étude fictif.

Description du cas d'étude

Il s'agit d'un cas fictif imaginé pour satisfaire des exigences de commodité et d'illustration de l'application de la méthode, davantage que des exigences de vraisemblance !

Le projet se situe dans une zone rurale, à proximité de l'A304. Il s'agit de la construction d'une bretelle d'autoroute de l'A304 vers la commune d'Evigny.

Emprise du projet : 16 mètres de large x 600 mètres de long = 9 600 m² = 0.96 ha ≈ 1 ha

Construction sur remblai. Comblement partiel (partie nord), de l'étang sur 1500 m²

Traverse le cours d'eau du Marbay, cours d'eau busé.

Notation des indicateurs par les groupes

Notes variant entre 0 et 10, 10 correspondant au meilleur état.

NO : non observé (ou non noté)

Notations réalisées sur la zone d'emprise du projet.

Notation du groupe «rouge »

Indicateurs		Avant	Après
Localisation et paysage			
a	Usages des territoires adjacents à la zone évaluée	5	5
b	Présence d'espèces invasives et/ou exotiques envahissantes dans les zones voisines	10	10
c	Variété et étendue des habitats adjacents (ou voisins)	8	4
d	Facilité de circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone évaluée et l'extérieur, par rapport aux distances et aux barrières	7	4
e	Degré de connectivité hydrologique entre la zone évaluée et des zones aval ou connectées	7	4
f	Limitation des bénéfices fonctionnels de la zone évaluée au profit de la faune et de la flore des zones aval par des barrières ou par la distance	5	2

g	Alimentation et dépendance hydrologique des habitats aval par la zone évaluée	4	3
Evaluation moyenne		6,57	4,57
Hydrologie			
a	Niveaux d'eau et écoulements (observés)	8	6
b	Indicateurs de niveaux d'eaux passés et de leur fluctuation	NO	NO
c	Humidité du sol	9	0
d	Erosion du sol et dépôts	NO	NO
e	Zonation de la végétation	10	0
f	Stress hydrique de la végétation	10	0
g	Présence d'une faune aux exigences hydrologiques particulières	10	0
h	Composition de la communauté végétale ou d'espèces associées à des eaux de qualité dégradée, ou des niveaux d'eaux et de débits altérés	NO	NO
i	Observation directe des eaux stagnantes	7	4
j	Données existantes sur la qualité de l'eau	NO	NO
k	Profondeur des eaux, vagues, courant et pénétration de la lumière	NO	NO
Evaluation moyenne		9,00	1,67

Notation du groupe « bleu »

Localisation et paysage			
a	Usages des territoires adjacents à la zone évaluée	4	4
b	Présence d'espèces invasives et/ou exotiques envahissantes dans les zones voisines	10	10
c	Variété et étendue des habitats adjacents (ou voisins)	8	8
d	Facilité de circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone évaluée et l'extérieur, par rapport aux distances et aux barrières	7	3
e	Degré de connectivité hydrologique entre la zone évaluée et des zones aval ou connectées	5	3
f	Limitation des bénéfices fonctionnels de la zone évaluée au profit de la faune et de la flore des zones aval par des barrières ou par la distance	7	NO
g	Alimentation et dépendance hydrologique des habitats aval par la zone évaluée	7	NO
Evaluation moyenne		6,86	5,60
Structure des communautés et habitats			
a	Espèces végétales des différentes strates	4	0
b	Présence d'espèces invasives et ou exotiques	10	10
c	Régénération et recrutement	1	0
d	Distribution en âge et en taille des populations d'arbres	3	NO
e	Etat de santé général de la communauté végétale	9	0

f	Densité et qualité des débris de bois, accidents de terrain, terriers, cavités	2	0
g	Caractéristiques topographiques	8	0
h	Pratiques de gestion	3	0
i	Pour les communautés de plantes immergées, envasement et croissance algale	6	0
Evaluation moyenne		5,11	1,25

Notation du groupe « vert »

Hydrologie			
a	Niveaux d'eau et écoulements (observés)	5	3
b	Indicateurs de niveaux d'eaux passés et de leur fluctuation	7	0
c	Humidité du sol	7	0
d	Erosion du sol et dépôts	9	0
e	Zonation de la végétation	8	0
f	Stress hydrique de la végétation	10	NO
g	Présence d'une faune aux exigences hydrologiques particulières	8	0
h	Composition de la communauté végétale ou d'espèces associées à des eaux de qualité dégradée, ou des niveaux d'eaux et de débits altérés	7	NO
i	Observation directe des eaux stagnantes	7	0
j	Données existantes sur la qualité de l'eau	4	3
k	Profondeur des eaux, vagues, courant et pénétration de la lumière		
Evaluation moyenne		7,20	0,75

Estimations des pertes et des gains écologiques

Pour mémoire, le calcul des pertes écologiques doit être fait sur la zone d'emprise du projet et sur une zone tampon autour du projet, zone d'impacts indirects.

Calcul des pertes écologiques pour la zone d'emprise du projet

.Avant le projet :

Note moyenne de l'état écologique :

$$(6.57 + 7.2 + 5.11) / 3 = 6.29$$

$$\text{Etat écologique} = 6.29/10 = \mathbf{0.63}$$

.Après le projet :

Note moyenne de l'état écologique :

$$(4.57 + 0.75 + 1.25) / 3 = 2.19$$

$$\text{Etat écologique} = 2.19/10 = \mathbf{0.22}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow & \text{ Pertes écologiques pour la zone d'emprise} \\ & = (0.63 - 0.22) \times \text{surface zone d'emprise} = 0.41 \times 1 \\ & = \mathbf{0.41} \end{aligned}$$

Calcul des pertes écologiques pour la zone tampon

A noter : la zone tampon n'a pas été évaluée. Les notes prises en compte pour le calcul sont des estimations grossières posées comme hypothèses pour faire complètement l'exercice.

Zone tampon = zone d'impacts indirects autour de la zone d'emprise

Rayon : 2 fois la largeur de la route

Surface de la zone tampon = $2 \times 16\text{m} \times 2 \times 600\text{m} = 3.8 \text{ ha}$

.Etat écologique avant le projet : **0.63**

.Après le projet :

Note moyenne de l'état écologique :

$(4.57 + 5 + 4) / 3 = 4.52$

Etat écologique = $4.52/10 = 0.45$

→ Pertes écologiques pour la zone tampon

= $(0.63 - 0.45) \times \text{surface zone tampon} = 0.18 \times 3.8$

= **0.68**

→ **Pertes écologiques totales = 0.41 + 0.68 = 1.09**

La dette compensatoire s'élève donc à 0.48 unités de compensation.

Calcul des gains écologiques compensatoires

Nous choisissons une zone de compensation du projet A304 pour plus de commodité dans le déroulement de l'exercice, sans tenir compte de l'équivalence écologique fonctionnelle.

La zone de compensation choisie est celle de Censes-Maubert. L'évaluation du gain compensatoire par MERCle a été faite en dehors de la journée d'atelier. Elle donne les résultats suivants :

. Etat écologique avant les mesures de compensation : 0.80

. Etat écologique après atteinte de l'état écologique ciblé par les mesures : 0.89

. Facteur Risque = 1.21 (variant entre 1 et 3)

. Facteur T = 1.092 (correspondant à un délai de restauration de 3 ans)

→ **Gains écologiques = $[(0.89 - 0.80) \times \text{surface compensatoire}] / (R \times T) = 0.09 \times S / 1.32$**

Calcul de la surface de compensation

Pour respecter l'objectif « pas de perte nette » : Pertes écologiques = Gains écologiques, soit : $1.09 = 0.09 \times S / 1.32$

La surface de compensation requise, dans ces conditions de compensation est alors de :

$S = 1.09 \times 1.32 / 0.09$

S = 15 ha

A noter ! Le ratio compensatoire est ici de 15ha de compensation pour 1ha détruit. Ce résultat est le résultat d'un exercice ne correspondant pas à la réalité d'un projet ! Le projet d'aménagement est un projet très impactant, imaginé comme tel pour la commodité de l'exercice.

Discussion

Les échanges ont mis en avant un certain nombre de difficultés et d'interrogations à partir desquelles travailler à l'amélioration de la méthode.

Sur les zones d'études

Confusion possible sur les zones auxquelles s'appliquent les indicateurs, en particulier pour les indicateurs de la composante « Localisation et paysage ».

Il pourrait être pertinent de reprendre le terme de « zone contributive » utilisée dans la méthode nationale d'identification des fonctions des zones humides.

Sur les indicateurs

.D'une manière générale, les explications associées aux indicateurs permettant de faire la distinction entre différentes notes ne sont pas forcément très efficaces.

.Difficultés constatées pour les indicateurs suivants en termes de formulation (du titre ou des explications associées) :

- Localisation e et f : connectivité hydrologique et bénéfices fonctionnels pour la zone aval
- Localisation g : dépendance hydrologique
- Hydrologie d : érosion du sol
- Habitats c et d : régénération et recrutement, et distribution en âge et taille des populations d'arbres.

. De quoi tenir compte pour déterminer l'état « Après » : prise en compte des mesures de réduction, des impacts directs et indirects selon la zone d'étude

. Comment noter les indicateurs pour l'état « Après » quand tous les compartiments écologiques ont été détruits ? Par exemple, stress hydrique de la végétation pour une végétation totalement absente du fait de l'aménagement.

. Hésitations liées à la signification de la note 0 pour certains indicateurs

. Hésitations liées au fait que pour certains indicateurs, la note « Avant » est la même que la note « Après »

. Interrogations liées à l'absence de pondération des indicateurs les uns par rapport aux autres.

La référence écologique et les perturbations

Difficulté à déterminer quel écosystème choisir pour la référence de notation.

Difficulté à fixer le niveau de « perturbation » des conditions naturelles dégradant l'état du milieu : perturbations visibles ou non, permanentes ou non, anciennes ou récentes.

Les coefficients d'ajustement R et T

Pour le coefficient R, clarification à apporter entre le risque lié à l'incertitude sur les trajectoires écologiques, et le risque que les mesures compensatoires ne soient pas mises en œuvre par le maître d'ouvrage (obligation réglementaire)

Les ratios de compensation calculés

. Les ratios calculés avec MERCIe ou découlant de la méthode nationale d'identification des fonctions des zones humides aboutissent à des valeurs jugées selon les participants :

- Cohérentes en regard des pertes engendrées par les aménagements
- Trop élevés pour être acceptables par la profession agricole

La différence de notation entre utilisateurs de la méthode

- . Nécessité d'une formation en préalable à l'utilisation de la méthode
- . Nécessité d'évaluer un dossier par la même personne (avant et après, impact et compensation)
- . Possibilité de faire de l'intercalibrage via un projet d'étudiants des écoles d'Agro.

Annexe n°21 : Résultats des tests utilisateurs de MERCIe

Tableau 77 : Résultats des tests utilisateurs pour MERCIe : difficultés identifiées indicateurs par indicateurs sur la grille MERCIe

Observations	Critère d'opérationnalité lié
<p>Globalement sur la grille des indicateurs d'état écologiques, des hésitations, des incompréhensions, des divergences d'interprétations entre utilisateurs sont observées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Difficultés de compréhension de l'indicateur liée à une formulation manquant de précision ou confuse - Difficulté de compréhension portant sur l'interprétation de l'indicateur et son application liée à une formulation incomplète - Difficulté engendrée par le manque de connaissances pour renseigner l'indicateur - Certains indicateurs ne sont pas toujours « renseignables » : les utilisateurs ne savent pas si l'indicateur ne peut pas être renseigné dans le contexte précis de l'application ou si c'est eux qui ne savent pas comment le renseigner en raison d'une mauvaise compréhension ou d'un manque de connaissance. - Certains indicateurs ne présentent pas de différences entre « l'avant » et « l'après », faisant douter l'utilisateur de leur intérêt. - Le renseignement des indicateurs pour l'état écologique « après » (impact ou mesures compensatoires) que l'utilisateur doit imaginer engendre des craintes : « comment fait-on pour décrire l'état Après qui est inconnu ? ». <p>Cependant, les utilisateurs ont été en mesure de renseigner les grilles d'évaluation de l'état du milieu, malgré les difficultés rencontrées. En particulier, pour un participant, la mémorisation avait été rapide car la logique de la méthode convergeait avec les pratiques propres à son métier.</p>	Facilité d'apprentissage, Facilité de mémorisation, Erreurs d'utilisation
Les discussions sur les hypothèses de calcul des gains écologiques et des coefficients d'ajustement R et T sont contrastées. Certains craignent que le besoin compensatoire soit trop élevé, d'autres jugent cela cohérent par rapport à des références en matière de défrichement.	Acceptation des résultats du dimensionnement
La logique de la méthode et l'évaluation par comparaison de pertes et des gains semblent comprise.	Compréhension des résultats

Annexe n°22 : Modifications apportées à MERClé sur les feuilles d'indicateurs écologiques

Les modifications de formulation des indicateurs sont indiquées en bleu.

Feuille 1 : Indicateurs de Localisation appliqués à la zone d'emprise du projet avant impact

L'ensemble de ces indicateurs visent à évaluer l'interdépendance entre la zone d'emprise du projet et les zones voisines ou le bassin versant.

Indicateurs	Explications	10 (optimal)	7 (modéré)	4 (faible)	0 (mauvais)
a Usages et occupation du territoire dans le bassin versant de la zone d'emprise du projet	<p>Selon le type d'usages, les impacts qu'ils génèrent comme l'imperméabilisation des sols, le drainage, la collecte et la concentration des ruissellements superficiels en un seul point de rejet, le bruit, les animaux domestiques, la production de polluants, etc. peuvent avoir des effets négatifs sur les habitats d'espèces de la zone d'emprise / d'influence du projet. Cet indicateur peut être évalué à l'aide de la cartographie type IGN Scan 25. On peut repérer alors aisément les zones urbanisées et leur densité sur le bassin versant, les activités commerciales, industrielles, ou agricoles, les infrastructures de transport et le trafic associé, etc.</p>	<p>Les usages en dehors de la zone d'emprise du projet n'ont pas d'impact négatif sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.</p>	<p>Les usages en dehors de la zone d'emprise du projet ont un impact négatif minimal sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.</p>	<p>Les usages en dehors de la zone d'emprise du projet ont un impact négatif significatif sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.</p>	<p>Les usages en dehors de la zone d'emprise du projet ont un impact négatif sévère sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.</p>

<p>b</p> <p>Présence d'espèces invasives ou exotiques envahissantes dans le bassin versant</p>	<p>La présence qui se traduit parfois par la dominance d'espèces invasives ou exotiques envahissantes (faune et flore) dégradent l'état des habitats environnants et/ou l'état de conservation des populations : elles sont susceptibles de coloniser la zone évaluée ou de perturber le bon fonctionnement de la zone évaluée (perturbation de l'accomplissement du cycle de certaines espèces de la zone évaluée par prédation ou compétition par ex.)</p>	<p>Absence d'espèce invasive ou exotique envahissante dans les zones adjacentes à la zone d'emprise du projet.</p>	<p>Présence mais avec une abondance et une diversité minimales, peu d'effets négatifs. 1 espèce, présence de quelques individus seulement</p>	<p>La majorité des espèces de la communauté végétale dans les zones adjacentes à la zone d'emprise du projet est invasive. Taux de recouvrement entre 50 et 60%</p>	<p>La grande majorité des espèces de la communauté végétale dans les zones adjacentes à la zone d'emprise du projet est invasive et perturbe le bon fonctionnement de la zone d'emprise du projet (perturbation de l'accomplissement du cycle de certaines espèces de la zone évaluée par ex) Ex : taux de recouvrement supérieur à 90%</p>
<p>Les 3 indicateurs suivants, c, d et e visent à évaluer l'importance de la zone d'emprise du projet dans le cycle biologique de la faune et de la flore du bassin versant.</p>					
<p>c</p> <p>Variété et étendue des habitats adjacents (ou du bassin versant)</p>	<p>La définition de la zone voisine considérée dépend des espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet. Il s'agit d'évaluer dans le bassin versant la présence et l'étendue d'habitats de même nature que les habitats de la zone d'emprise du projet, ou encore de nature à accueillir une partie du cycle de vie des espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet. Pour certaines espèces, la superficie de leur habitat a un effet sur leur maintien. Dans cet indicateur, on ne tient pas compte du degré de connexion de ces habitats voisins avec la zone d'emprise du projet. Cette caractéristique est évaluée dans l'indicateur suivant.</p>	<p>Les habitats voisins à la zone d'emprise du projet présentent une gamme complète d'habitats requis pour assurer le cycle des espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet et sont en quantité suffisante pour apporter un support optimal à la faune et la flore.</p>	<p>Les habitats en dehors de la zone d'emprise du projet sont disponibles en quantité et en variété suffisantes pour apporter un support optimal à de nombreuses (mais pas à toutes) espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet ou certaines populations sauvages pourraient être limitées en raison d'une disponibilité réduite d'habitats nécessaires à l'accomplissement de leur cycle biologique.</p>	<p>La disponibilité des habitats en dehors de la zone d'emprise du projet est correcte mais ne suffit pas à accueillir certaines espèces ou apportent un support minimal à de nombreuses espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.</p>	<p>Aucun habitat pour les espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet n'est disponible à l'extérieur de la zone d'emprise du projet.</p>

d	<p>Facilité de déplacement de la faune sauvage entre les habitats de la zone d'emprise du projet et les habitats voisins, par rapport aux distances et aux barrières (connectivité)</p>	<p>La facilité de circulation entre la zone d'emprise du projet et les habitats voisins dépend de la distance entre eux mais aussi de barrières physiques comme les routes, les murs, les canaux, et autres aménagements humains. L'avifaune est peu sensible à ce facteur, les mammifères le sont davantage mais peuvent parcourir de plus grandes distances que les reptiles et amphibiens.</p>	<p>La circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone d'emprise du projet et l'extérieur n'est pas limitée par la distance, ni bloquée par des barrières.</p>	<p>La circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone d'emprise du projet et de l'extérieur est partiellement limitée, soit par la distance, soit par des barrières qui entravent la circulation des individus.</p>	<p>La circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone d'emprise du projet et de l'extérieur est substantiellement limitée, soit par la distance, soit par des barrières qui entravent la circulation des individus.</p>	<p>La circulation des individus entre les habitats de la zone d'emprise du projet et l'extérieur est impossible en raison de (ou autres zones connectées), la distance ou de la présence de barrières infranchissables.</p>
e	<p>Importance de la zone d'emprise du projet pour le cycle biologique de la faune et de la flore des habitats voisins et des zones humides connectées à la zone d'emprise du projet</p>	<p>Cet indicateur évalue à quel point la faune et la flore des zones voisines dépendent fonctionnellement de la zone évaluée. Les réponses aux 2 indicateurs précédents peuvent aider à renseigner cet indicateur. L'importance de la zone d'emprise du projet est d'autant plus grande que l'habitat représenté dans la zone d'emprise est rare dans les zones voisines tout en étant indispensable au cycle biologique des espèces qui y vivent.</p>	<p>La zone d'emprise du projet assure des fonctions envers la faune et la flore des zones voisines connectées qui ne sont pas assurées par les zones voisines.</p>	<p>La zone d'emprise du projet assure des fonctions envers la faune et la flore des zones voisines connectées qui sont aussi assurées par les zones voisines mais avec une moindre importance.</p>	<p>La zone d'emprise du projet assure des fonctions envers la faune et la flore des zones voisines connectées qui sont majoritairement assurées par les zones voisines.</p>	<p>La zone d'emprise du projet n'assure aucune fonction pour la faune et la flore des zones voisines connectées.</p>
<p>Les 2 indicateurs suivants ont pour but d'évaluer la connectivité hydrologique entre la zone d'emprise du projet et les zones voisines du bassin versant</p>						

f Existence d'entraves hydrologiques d'origine humaine, perturbant les échanges hydrologiques entre la zone d'emprise du projet et les zones connectées	Il s'agit d'évaluer les connectivités hydrologiques structurelles entre la zone d'emprise du projet et les zones aval ou amont. Cette connectivité peut être diminuée par une modification des modalités de circulation des ruissellements superficiels et hyporhéiques (drainage ou imperméabilisation des sols, remblais, déblais, captage des sources, etc.) du fait de la réalisation de routes, de canaux, de fossés, de digues ou de tout autre aménagement.	<u>Aucune entrave hydrologique</u> ou limitation des écoulements ne perturbe les échanges entre la zone d'emprise du projet et l' aval ou les zones connectées hydrologiquement.	Des entraves hydrologiques <u>limitent faiblement</u> (à une fréquence moindre ou avec moins d'amplitude que dans les conditions optimales) les échanges de la zone d'emprise du projet avec les zones aval (ou autres zones connectées)	Des entraves hydrologiques <u>limitent significativement</u> (à une fréquence élevée ou avec une forte amplitude par rapport aux conditions optimales) les échanges de la zone d'emprise du projet avec les zones aval (ou autres zones connectées)	Des entraves hydrologiques <u>empêchent complètement</u> ou en très grande partie, les échanges de la zone d'emprise du projet avec les zones aval (ou autres zones connectées)
g Alimentation et dépendance hydrologique des habitats des zones humides connectées vis-à-vis de la zone d'emprise du projet à l'échelle du bassin versant ou à une échelle supérieure à celle de la zone étudiée ?	Un écosystème des zones humides connectées peut dépendre de façon critique de l'alimentation hydrologique fournie par la zone d'emprise du projet .**	Les habitats des zones connectées dépendent <u>entièrement</u> des apports de la zone d'emprise du projet et pourraient être sévèrement impactés si la quantité ou la qualité de ces apports étaient modifiées.	Les habitats des zones connectées dépendent <u>presque entièrement</u> des apports de la zone d'emprise du projet et pourraient souffrir substantiellement si la quantité ou la qualité de ces apports étaient impactées.	Les habitats des zones connectées dépendent <u>partiellement</u> des apports de la zone d'emprise du projet mais pourraient souffrir substantiellement si la quantité ou la qualité de ces apports étaient impactées.	Les habitats des zones connectées dépendent <u>peu</u> ou <u>pas</u> des apports de la zone évaluée et ne souffriraient pas d'une modification de la quantité ou de la qualité de ces apports.

Feuille 2 : Indicateurs d'Hydrologie appliqués à la zone d'emprise du projet avant impact

Les milieux humides sont caractérisés par leur saturation en eau, et ses fluctuations au cours des saisons, le tout dépendant des conditions hydrologiques. Une hydrologie perturbée entraîne une dégradation du fonctionnement de la zone humide.

Indicateurs	Explications	10 (optimal)	7 (modéré)	4 (faible)	0 (mauvais)
a Niveaux d'eau affleurante et ruissellements observés	<p>Selon les variations d'amplitude de la nappe et la topographie du site, l'eau peut affleurer à la surface ou s'écouler. Est-ce que les niveaux d'eau affleurante ou le débit des écoulements semblent normaux au regard du type de milieu humide de référence, des conditions météo et de la saison d'observation ?</p> <p>Si l'évaluateur connaît bien la zone et qu'il dispose de ces informations pour les autres saisons, il peut en tenir compte dans le choix des notes.</p>	Les niveaux d'eau et les ruissellements apparaissent comme étant appropriés, au regard des variations saisonnières, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.	Les niveaux d'eau et les ruissellements sont un peu supérieurs ou un peu inférieurs aux niveaux d'appropriés, au regard des variations saisonnières, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.	Les niveaux d'eau et les ruissellements sont modérément supérieurs ou inférieurs aux niveaux d'appropriés, au regard des variations saisonnières, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.	Les niveaux d'eau et les ruissellements présentent un écart important par rapport aux niveaux d'appropriés, au regard des variations saisonnières, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.
b Humidité du sol (hydromorphie)	En l'absence d'eau affleurante ou de ruissellement, l'humidité du sol ou les marques physiques de saturation régulière en eau semblent-elles normales au regard du type de milieu humide de référence, de la saison et des conditions météo ?				L'humidité du sol s'est complètement écartée de ce qui est approprié pour ce type de système.
c Perturbation des ruissellements par des aménagements	Y a-t-il sur la zone d'emprise du projet, des aménagements tels que des drains, canaux, fossés, rigoles, captage, détournement, rejet, bassins qui pourraient perturber les ruissellements d'eau ?				

Informations supplémentaires en fonction des observations possibles et données disponibles (Indicateurs à remplir de façon facultative)

<p>d</p> <p>Perturbation de l'hydrologie de la zone humide</p>	<p>Plusieurs indices observables peuvent indiquer que l'hydrologie de la zone est perturbée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les indicateurs de niveaux d'eau passés : mousses, lichens, lignes de niveau d'eau observables sur les troncs d'arbres, les rochers, accumulation de débris de végétaux et d'invertébrés qui se développent pendant les périodes de submersion, lignes de dépôts de débris par les eaux - la zonation de la végétation peut indiquer une baisse de niveau d'eau, ou du drainage, ou un excès d'eau, ou une arrivée d'eau douce canalisée dans un milieu saumâtre. - Présence d'une faune inféodée à un milieu humide - Stress hydrique de la végétation : Le stress hydrique de la végétation hygrophile présente sur une zone humide peut révéler une mauvaise disponibilité de l'eau de la nappe qui n'atteint pas assez souvent les horizons supérieurs du sol en raison de prélèvements humains, de drainage, etc. 	<p>Il n'y a pas d'indicateurs de niveaux d'eau passés atypiques, ni de zonation de végétation anormale ou encore de signes de stress hydrique de la végétation anormaux.</p> <p>On peut relever des signes de présence d'une faune inféodée à un milieu humide.</p>			<p>On peut observer plusieurs signes révélant une situation hydrologique fortement perturbée engendrant un fonctionnement fortement dégradé du milieu humide de la zone d'impact du projet.</p>
<p>e</p> <p>Signes de pollutions de la zone d'emprise du projet</p>	<p>La pollution de la zone d'emprise du projet peut être détectée à l'aide de différents signes observables sur le terrain :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Composition de la communauté végétale ou d'espèces associées à des eaux de qualité dégradée, ou des niveaux d'eaux et de débits altérés - L'observation directe des eaux stagnantes peut donner des informations sur la présence de polluants, la qualité des eaux, au travers de la coloration, de la turbidité, de reflets d'hydrocarbures, ou d'autres signes d'une situation anormale. 	<p>Espèces végétales associées à des eaux de qualité dégradées peu représentées en effectifs.</p> <p>Absence d'anomalie de coloration, de turbidité, absence de reflets d'hydrocarbures.</p>	<p>Présence d'espèces végétales tolérantes aux pollutions chimiques ou organiques, ou associées à des eaux de qualité dégradée ou présence d'anomalies sur les eaux stagnantes.</p>	<p>Présence importante d'espèces végétales tolérantes aux pollutions chimiques ou organiques, ou associées à des eaux de qualité dégradée et présence d'anomalies sur les eaux stagnantes.</p>	<p>Couverture intégrale de la zone par des compositions ou des espèces végétales tolérantes aux pollutions chimiques, ou associées à des eaux de qualité dégradée, signes de dégradation significative de la qualité des eaux stagnantes</p>

f	Données existantes sur la qualité de l'eau	Si des données sur la qualité de l'eau existent, elles sont à comparer aux données de référence d'écosystèmes semblables : oxygénation, nutriments, pH, température, etc.	Les indicateurs de qualité d'eau ne montrent pas d'écart par rapport à la normale.	Les indicateurs de qualité d'eau montrent un léger écart par rapport à la normale, mais ces variations de paramètres, comme la salinité ou la charge en nutriments ne doivent pas causer autres choses que des effets écologiques mineurs.	Les indicateurs de qualité d'eau montrent un écart modéré par rapport à la normale, et des effets écologiques sont attendus de ces variations de paramètres, comme la salinité ou la charge en nutriments.	Les indicateurs de qualité d'eau montrent un écart important par rapport à la normale, et des dégâts écologiques sont attendus de ces variations de paramètres, comme la salinité ou la charge en nutriments.

Feuille 3 : Indicateurs de Structure des communautés végétales et habitat appliqués à la zone d'emprise du projet avant impact

Sur la zone d'emprise du projet, il s'agit d'identifier l'écosystème de référence (ou écosystème optimum souhaité dans les conditions bio-géoclimatiques de la zone) auquel correspond l'écosystème observé et d'évaluer à quel point il en est proche ou pas, plus il s'en écarte, plus l'état initial de la zone est jugé comme dégradé.

Indicateurs	Explications	10 (optimal)	7 (modéré)	4 (faible)	0 (absent ou mauvais)
a Espèces végétales des différentes strates	Il s'agit de comparer la composition en espèces végétales des strates arborescente, arbustive buissonnante et herbacée présentes au sein de la zone humide évaluée avec la composition de ces mêmes strates en situation de référence. Toutes les strates sont à évaluer quand elles sont présentes. Par exemple, dans les zones humides arborées, la dégradation de l'environnement se manifeste en premier sur la strate herbacée.	Toutes ou presque toutes les espèces végétales de des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.	La majorité des espèces végétales des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.	La majorité des espèces végétales des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.	Aucune espèce végétale des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.
b Feuille	La présence qui peut se traduire parfois par la dominance d'espèces invasives ou exotiques envahissantes au sein de la zone humide évaluée dégrade l'état de ses habitats, constitue une menace pour la biodiversité et perturbe son bon fonctionnement écologique.	Les espèces invasives ou exotiques envahissantes sont absentes.	Les espèces invasives ou exotiques envahissantes sont présentes mais en faible quantité.	La majorité des espèces de la communauté végétale dans les zones adjacentes à la zone d'emprise du projet est invasive. Ex : plus de 1 espèce, taux de recouvrement entre 50 et 60%	La grande majorité des espèces de la communauté végétale dans les zones adjacentes à la zone d'emprise du projet est invasive et perturbe le bon fonctionnement de la zone d'emprise du projet (perturbation de l'accomplissement du cycle de certaines espèces de la zone évaluée par ex) Ex : taux de recouvrement supérieur à 90%

c	Dynamique d'évolution	<p>Il s'agit d'évaluer si la dynamique d'évolution est orientée dans le sens souhaité ou non. Se trouve-t-on dans une dynamique évoluant d'un stade pionnier vers la lande arbustive puis le stade forestier ou bien se trouve-t-on dans une dynamique de régression vers une formation de plus en plus pauvre en espèce et en biomasse ?</p> <p>Par exemple, pour évaluer la dynamique d'évolution d'un milieu humide boisé, il faudra considérer 1) la régénération et le recrutement : y a-t-il des jeunes pousses et des jeunes arbres ? et 2) la distribution en âge et en taille des populations d'arbres : y a-t-il une rupture dans la distribution des classes d'âge ?</p>	<p>La dynamique d'évolution est clairement orientée dans le sens souhaité.</p>			<p>La dynamique d'évolution est clairement orientée dans un sens autre que celui qui est souhaité</p>
d	Etat de santé général de la communauté végétale	<p>On observe les signes de plants morts ou mourants, de chlorose, de dommages causés par des insectes ou des champignons. Les communautés herbacées et les jeunes plants d'arbres montrent des signes plus précocement que les individus matures.</p>	<p>Les plantes sont en bonne santé avec très peu ou aucun signe de problème de croissance ou de dégâts par des insectes.</p>	<p>Les plantes sont en bonne santé avec de légers signes de problème de croissance ou de dégâts par des insectes.</p>	<p>Les plantes sont en mauvaise santé avec des signes de problème de croissance ou de dégâts par des insectes.</p>	<p>Plantes malades avec des signes importants de problème de développement et de dégâts par les insectes.</p>
e	Densité et qualité des débris de bois, accidents de terrain, terriers, cavités	<p>Cet indicateur est destiné à évaluer les éléments propices aux habitats pour la faune attendue en termes de refuges, de diversité de fourrage, ou de zones de nidification. Cela peut aussi constituer des micro-habitats pour certaines espèces végétales.</p> <p>Mais cela peut aussi donner des indications sur des usages inappropriés, comme par exemple, de nombreux débris de bois, et du piétinement du sol causés par du surpâturage.</p>	<p>La densité et la qualité des débris de bois, des accidents de terrain, des tanières, des cavités apportent un habitat structurel optimal pour le type de système étudié.</p>	<p>La densité et la qualité des débris de bois, des accidents de terrain, des tanières, des cavités sont un peu différentes de la normale en raison de la structure ou des pratiques de gestion des terrains.</p>	<p>Les débris de bois, des accidents de terrain, des tanières, des cavités sont absents ou anormaux parce que la végétation est morte ou en train de mourir.</p>	<p>Les débris de bois, des accidents de terrain, des tanières, des cavités sont absents ou s'ils sont présents c'est uniquement en raison de la mortalité de la végétation native.</p>

f	Caractéristiques topographiques	De même que pour l'indicateur précédent, elles peuvent constituer des refuges, des zones de nourrissage pour la faune, et une variété de microhabitats pour la flore. Une zone peut avoir été complètement remaniée par des travaux par exemple, aboutissant à une topographie complètement plane, ou au contraire très escarpée, et moins propice à la faune.	Les caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats sont normales pour le type de zone étudiée.	Les caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats sont en deçà de la normale pour le type de zone étudiée.	Réduction des caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats	Manque de caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats qui sont normales pour la zone étudiée.
g	Pratiques de gestion	Est-ce que les pratiques de gestion existantes sur la zone sont propices au bon fonctionnement de l'écosystème ? Est-ce qu'elles n'altèrent pas le milieu ? On peut tenir compte des pratiques de fauche, de pâturage, de maîtrise de l'eau, d'exploitations forestières ou d'autres usages en vigueur sur la zone humide et qui peuvent modifier les communautés végétales d'une façon positive ou négative.	Pratiques optimales de gestion des terres pour la survie à long terme de la diversité végétale.	Pratiques globalement appropriées avec présence de quelques éléments artificiels qui ont engendré le déplacement de communautés végétales.	Retrait ou altération partiels de la structure naturelle, ou introduction d'éléments artificiels.	Retrait ou altération forts de la structure naturelle, ou introduction d'éléments artificiels.
h	Pour les communautés de plantes immergées, envasement et croissance algale	L'envasement et la croissance algale peuvent entraver le développement des plantes aquatiques en gênant la photosynthèse.	S'il y a des plantes aquatiques, il n'y a pas de signes de turbidité ou de croissance algale qui gêneraient la croissance des plantes aquatiques.	S'il y a des plantes aquatiques, il y a des signes mineurs de turbidité ou de croissance algale qui pourraient gêner la croissance des plantes aquatiques.	S'il y a des plantes aquatiques, il y a des signes modérés de turbidité ou de croissance algale.	S'il y a des plantes aquatiques, la croissance algale ou la turbidité atteint un niveau élevé.

Feuille 4 : Indicateurs de Localisation appliqués à la zone d'emprise du projet après impact

L'ensemble de ces indicateurs visent à évaluer l'interdépendance entre la zone d'emprise du projet et les zones voisines ou le bassin versant.

Indicateurs	Explications	10 (optimal)	7 (modéré)	4 (faible)	0 (mauvais)
a Usages et occupation du territoire dans le bassin versant de la zone d'emprise du projet	<p>Selon le type d'usages, les impacts qu'ils génèrent comme l'imperméabilisation des sols, le drainage, la collecte et la concentration des ruissellements superficiels en un seul point de rejet, le bruit, les animaux domestiques, la production de polluants, etc. peuvent avoir des effets négatifs sur les habitats d'espèces de la zone d'emprise du projet.</p> <p>Cet indicateur peut être évalué à l'aide de la cartographie type IGN Scan 25. On peut repérer alors aisément les zones urbanisées et leur densité sur le bassin versant, les activités commerciales, industrielles, ou agricoles, les infrastructures de transport et le trafic associé, etc.</p> <p>Prendre en compte les nouveaux usages sur les zones adjacentes découlant de l'aménagement sur la zone d'emprise du projet.</p>	Les usages en dehors de la zone d'emprise du projet n'ont pas d'impact négatif sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.	Les usages en dehors de la zone d'emprise du projet ont un impact négatif minimal sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.	Les usages en dehors de la zone d'emprise du projet ont un impact négatif significatif sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.	Les usages en dehors de la zone d'emprise du projet ont un impact négatif sévère sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.
b Présence d'espèces invasives ou exotiques envahissantes dans le bassin versant	<p>La présence qui se traduit parfois par la dominance d'espèces invasives ou exotiques envahissantes (faune et flore) dégradent l'état des habitats environnants et/ou l'état de conservation des populations : elles sont susceptibles de coloniser la zone évaluée ou de perturber le bon fonctionnement de la zone évaluée (perturbation de l'accomplissement du cycle de certaines espèces de la zone évaluée par prédation ou compétition par ex.)</p> <p>Prendre en compte la possibilité que le chantier ou l'aménagement en place (selon sa nature) peuvent entraîner l'apparition d'invasives ou exotiques envahissantes supplémentaires dans le bassin versant autour de la zone d'emprise du projet si des mesures adéquates ne sont</p>	Absence d'espèce invasive ou exotique envahissante dans les zones adjacentes à la zone d'emprise du projet.	Présence mais avec une abondance et une diversité minimales, peu d'effets négatifs. Ex : 1 à 3 espèces, taux de recouvrement inférieur à 10%	La majorité des espèces de la communauté végétale dans les zones adjacentes à la zone d'emprise du projet est invasive. Ex : 3-6 espèces env., taux de recouvrement entre 50 et 60%	La grande majorité des espèces de la communauté végétale dans les zones adjacentes à la zone d'emprise du projet est invasive et perturbe le bon fonctionnement de la zone d'emprise du projet (perturbation de l'accomplissement du cycle de certaines espèces de la zone évaluée par ex) Ex : taux de

	pas mises en œuvre pendant le chantier ou dans l'aménagement.				recouvrement supérieur à 80%
Les 3 indicateurs suivants, c, d et e visent à évaluer l'importance de la zone d'emprise du projet dans le cycle biologique de la faune et de la flore du bassin versant.					
c	<p>Variété et étendue des habitats adjacents (ou du bassin versant)</p> <p>La définition de la zone voisine considérée dépend des espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet. Il s'agit d'évaluer dans le bassin versant la présence et l'étendue d'habitats de même nature que les habitats de la zone d'emprise du projet, ou encore de nature à accueillir une partie du cycle de vie des espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet. Pour certaines espèces, la superficie de leur habitat a un effet sur leur maintien.</p> <p>Dans cet indicateur, on ne tient pas compte du degré de connexion de ces habitats voisins avec la zone d'emprise du projet. Cette caractéristique est évaluée dans l'indicateur suivant.</p> <p>Cet indicateur n'est à renseigner que s'il reste des espèces de faune ou de flore dans la zone d'emprise du projet, une fois le projet mis en service.</p>	<p>Les habitats voisins à la zone d'emprise du projet présentent une gamme complète d'habitats requis pour assurer le cycle des espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet et sont en quantité suffisante pour apporter un support optimal à la faune et la flore.</p>	<p>Les habitats en dehors de la zone d'emprise du projet sont disponibles en quantité et en variété suffisantes pour apporter un support optimal à de nombreuses (mais pas à toutes) espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet ou certaines populations sauvages pourraient être limitées en raison d'une disponibilité réduite d'habitats nécessaires à l'accomplissement de leur cycle biologique.</p>	<p>La disponibilité des habitats en dehors de la zone d'emprise du projet est correcte mais ne suffit pas à accueillir certaines espèces ou apportent un support minimal à de nombreuses espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.</p>	<p>Aucun habitat pour les espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet n'est disponible à l'extérieur de la zone d'emprise du projet.</p>
d	<p>Facilité de déplacement de la faune sauvage entre les habitats de la zone d'emprise du projet et les habitats voisins, par rapport aux distances et aux barrières (connectivité)</p> <p>La facilité de circulation entre la zone d'emprise du projet et les habitats voisins dépend de la distance entre eux mais aussi de barrières physiques comme les routes, les murs, les canaux, et autres aménagements humains. L'avifaune est peu sensible à ce facteur, les mammifères le sont davantage mais peuvent parcourir de plus grandes distances que les reptiles et amphibiens.</p> <p>Prendre en compte les mesures d'évitement et de réduction prévues dans le projet : passage à faune etc.</p>	<p>La circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone d'emprise du projet et l'extérieur n'est pas limitée par la distance, ni bloquée par des barrières.</p>	<p>La circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone d'emprise du projet et de l'extérieur est partiellement limitée, soit par la distance, soit par des barrières qui entravent la circulation des individus.</p>	<p>La circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone d'emprise du projet et de l'extérieur est substantiellement limitée, soit par la distance, soit par des barrières qui entravent la circulation des individus.</p>	<p>La circulation des individus entre les habitats de la zone d'emprise du projet et l'extérieur est impossible en raison de (ou autres zones connectées), la distance ou de la présence de barrières infranchissables.</p>

<p>Importance de la zone d'emprise du projet pour le cycle biologique de la faune et de la flore des habitats voisins et des zones humides connectées à la zone d'emprise du projet</p>	<p>Cet indicateur évalue à quel point la faune et la flore des zones voisines dépendent fonctionnellement de de la zone évaluée. Les réponses aux 2 indicateurs précédents peuvent aider à renseigner cet indicateur. L'importance de la zone d'emprise du projet est d'autant plus grande que l'habitat représenté dans la zone d'emprise est rare dans les zones voisines tout en étant indispensable au cycle biologique des espèces qui y vivent.</p> <p>Si la zone d'emprise du projet est totalement artificialisée par ex., la dépendance fonctionnelle des espèces des zones voisines vis à vis de la zone d'emprise du projet est nulle.</p>	<p>La zone d'emprise du projet assure des fonctions envers la faune et la flore des zones voisines connectées qui ne sont pas assurées par les zones voisines.</p>	<p>La zone d'emprise du projet assure des fonctions envers la faune et la flore des zones voisines connectées qui sont aussi assurées par les zones voisines mais avec une moindre importance.</p>	<p>La zone d'emprise du projet assure des fonctions envers la faune et la flore des zones voisines connectées qui sont majoritairement assurées par les zones voisines.</p>	<p>La zone d'emprise du projet n'assure aucune fonction pour la faune et la flore des zones voisines.</p>
--	---	--	--	---	---

Feuille 5 : Indicateurs d'Hydrologie appliqués à la zone d'emprise du projet après impact

Les milieux humides sont caractérisés par leur saturation en eau, et ses fluctuations au cours des saisons, le tout dépendant des conditions hydrologiques. Une hydrologie perturbée entraîne une dégradation du fonctionnement de la zone humide.

Indicateurs	Explications	10 (optimal)	7 (modéré)	4 (faible)	0 (mauvais)
a Niveaux d'eau affleurante et ruissellements observés	<p>Selon les variations d'amplitude de la nappe et la topographie du site, l'eau peut affleurer à la surface ou s'écouler. Est-ce que les niveaux d'eau affleurante ou le débit des écoulement semblent normaux au regard du type de milieu humide de référence, des conditions météo et de la saison d'observation ?</p> <p>Il s'agit d'estimer si les niveaux d'eaux et les ruissellements que l'on pourrait observer sur la zone d'emprise du projet sont dégradés une fois le projet mis en service, par rapport aux niveaux d'eaux et écoulements jugés comme appropriés avant le projet (et qui ont servis de référence pour renseigner l'indicateur avant la réalisation du projet)</p> <p>Le projet peut altérer ou bloquer la remontée de la nappe.</p>	Les niveaux d'eau et les ruissellements apparaissent comme étant appropriés, au regard des variations saisonnières, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.	Les niveaux d'eau et les ruissellements sont un peu supérieurs ou un peu inférieurs aux niveaux d'appropriés, au regard des variations saisonnières, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.	Les niveaux d'eau et les ruissellements sont modérément supérieurs ou inférieurs aux niveaux d'appropriés, au regard des variations saisonnières, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.	Les niveaux d'eau et les ruissellements présentent un écart important par rapport aux niveaux d'appropriés, au regard des variations saisonnières, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.
b Humidité du sol (hydromorphie)	Il s'agit d'estimer si l'humidité du sol est perturbée sur la zone d'emprise du projet après sa mise en service. Le projet peut altérer ou bloquer la remontée de la nappe et entraîner une altération de son humidité.				L'humidité du sol s'est complètement écartée de ce qui est approprié pour ce type de système.
c Perturbation des ruissellements par des aménagements	Le projet prévoit-il des aménagements tels que des drains, canaux, fossés, rigoles, captage, détournement, rejet, bassins qui pourraient perturber les ruissellements d'eau ?				

Informations supplémentaires en fonction des observations possibles et données disponibles (Indicateurs à remplir de façon facultative)						
d	Perturbation de l'hydrologie de la zone humide	Non applicable				
e	Pollutions de la zone d'emprise du projet	Le projet peut-il engendrer des rejets de nature à polluer les eaux dans la zone d'emprise du projet, si le milieu humide est maintenu dans sa totalité ou en partie ?				
f	Données existantes sur la qualité de l'eau	Non applicable				

Feuille 6 : Indicateurs de Structure des communautés végétales appliqués à la zone d'emprise du projet après impact

Sur la zone d'emprise du projet, il s'agit d'identifier l'écosystème de référence (ou écosystème optimum souhaité dans les conditions bio-géoclimatiques de la zone) auquel correspond l'écosystème observé et d'évaluer à quel point il en est proche ou pas, plus il s'en écarte, plus l'état initial de la zone est jugé comme dégradé.

<p>a</p> <p>Espèces végétales des différentes strates</p>	<p>Il s'agit de comparer la composition en espèces végétales des strates arborescente, arbustive buissonnante et herbacée présentes au sein de la zone humide évaluée avec la composition de ces mêmes strates en situation de référence. Toutes les strates sont à évaluer quand elles sont présentes. Par exemple, dans les zones humides arborées, la dégradation de l'environnement se manifeste en premier sur la strate herbacée.</p> <p>On peut prendre en compte si, une fois le projet en service, il subsistera des éléments initiaux des différentes strates végétales.</p> <p>Si toute la végétation est détruite ou si elle est intégralement remplacée par des plantations, la note est de zéro.</p>	<p>Toutes ou presque toutes les espèces végétales de des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.</p>	<p>La majorité des espèces végétales des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.</p>	<p>La majorité des espèces végétales des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.</p>	<p>Aucune espèce végétale des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.</p>
<p>b</p> <p>Présence d'espèces invasives ou exotiques envahissantes</p>	<p>La présence qui peut se traduire parfois par la dominance d'espèces invasives ou exotiques envahissantes au sein de la zone humide évaluée dégrade l'état de ses habitats, constitue une menace pour la biodiversité et perturbe son bon fonctionnement écologique.</p> <p>Est-ce que les travaux sont susceptibles d'introduire des invasives ou exotiques envahissantes ? De même pour l'activité associée au projet. L'indicateur n'est pas à prendre en compte si la zone est artificialisée à 100%</p>	<p>Le risque que des exotiques ou invasives envahissantes se développent est nul.</p>	<p>Le risque que des exotiques ou invasives envahissantes se développent est modéré, et si c'est le cas, l'abondance et la diversité seront minimales.</p>	<p>Le risque que des exotiques ou invasives envahissantes se développent et deviennent majoritaires est élevé.</p>	<p>Le risque que des exotiques ou invasives envahissantes se développent avec un taux de recouvrement supérieur à 90% est très élevé.</p>

c	<p>Dynamique d'évolution</p> <p>L'indicateur est à évaluer s'il subsiste des reliquats de l'écosystème initial. Sinon, le score est de 0/10, la dynamique d'évolution étant totalement dégradée.</p> <p>Il s'agit d'évaluer si la dynamique d'évolution est orientée dans le sens souhaité ou non. Se trouve-t-on dans une dynamique évoluant d'un stade pionnier vers la lande arbustive puis le stade forestier ou bien se trouve-t-on dans une dynamique de régression vers une formation de plus en plus pauvre en espèce et en biomasse ?</p> <p>Par exemple, pour évaluer la dynamique d'évolution d'un milieu humide boisé, il faudra considérer 1) la régénération et le recrutement : y a-t-il des jeunes pousses et des jeunes arbres ? et 2) la distribution en âge et en taille des populations d'arbres : y a-t-il une rupture dans la distribution des classes d'âge ?</p>	La dynamique d'évolution est clairement orientée dans le sens souhaité.			La dynamique d'évolution est clairement orientée dans un sens autre que celui qui est souhaité
d	<p>Etat de santé général de la communauté végétale</p> <p>On observe les signes de plants morts ou mourants, de chlorose, de dommages causés par des insectes ou des champignons. Les communautés herbacées et les jeunes plants d'arbres montrent des signes plus précocement que les individus matures.</p>	Les plantes sont en bonne santé avec très peu ou aucun signe de problème de croissance ou de dégâts par des insectes.	Les plantes sont en bonne santé avec de légers signes de problème de croissance ou de dégâts par des insectes.	Les plantes sont en mauvaise santé avec des signes de problème de croissance ou de dégâts par des insectes.	Plantes malades avec des signes importants de problème de développement et de dégâts par les insectes.
e	<p>Densité et qualité des débris de bois, accidents de terrain, terriers, cavités</p> <p>Cet indicateur est destiné à évaluer les éléments propices aux habitats pour la faune attendue en termes de refuges, de diversité de fourrage, ou de zones de nidification. Cela peut aussi constituer des micro-habitats pour certaines espèces végétales. Mais cela peut aussi donner des indications sur des usages inappropriés, comme par exemple, de nombreux débris de bois, et du piétinement du sol causés par du surpâturage.</p> <p>Est-ce que le projet détruit totalement ces éléments constitutifs d'habitats ou en subsistent-ils une partie ?</p>	La densité et la qualité des débris de bois, des accidents de terrain, des tanières, des cavités apportent un habitat structurel optimal pour le type de système étudié.	La densité et la qualité des débris de bois, des accidents de terrain, des tanières, des cavités sont un peu différentes de la normale en raison de la structure ou des pratiques de gestion des terrains.	Les débris de bois, des accidents de terrain, des tanières, des cavités sont absents ou anormaux parce que la végétation est morte ou en train de mourir.	Les débris de bois, des accidents de terrain, des tanières, des cavités sont absents ou s'ils sont présents c'est uniquement en raison de la mortalité de la végétation native.

f	Caractéristiques topographiques	De même que pour l'indicateur précédent, elles peuvent constituer des refuges, des zones de nourrissage pour la faune, et une variété de microhabitats pour la flore. Une zone peut avoir été complètement remaniée par des travaux par exemple, aboutissant à une topographie complètement plane, ou au contraire très escarpée, et moins propice à la faune. <i>Est-ce que le projet a pour effet de remanier + ou - la topographie initiale ?</i>	Les caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats sont normales pour le type de zone étudiée.	Les caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats sont en deçà de la normale pour le type de zone étudiée.	Réduction des caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats	Manque de caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats qui sont normales pour la zone étudiée.
g	Pratiques de gestion	Est-ce que les pratiques de gestion existantes sur la zone sont propices au bon fonctionnement de l'écosystème ? Est-ce qu'elles n'altèrent pas le milieu ? On peut tenir compte des pratiques de fauche, de pâturage, de maîtrise de l'eau, d'exploitations forestières ou d'autres usages en vigueur sur la zone humide et qui peuvent modifier les communautés végétales d'une façon positive ou négative.	Pratiques optimales de gestion des terres pour la survie à long terme de la diversité végétale.	Pratiques globalement appropriées avec présence de quelques éléments artificiels qui ont engendré le déplacement de communautés végétales.	Retrait ou altération partiels de la structure naturelle, ou introduction d'éléments artificiels.	Retrait ou altération forts de la structure naturelle, ou introduction d'éléments artificiels.
h	Pour les communautés de plantes immergées, envasement et croissance algale	L'envasement et la croissance algale peuvent entraver le développement des plantes aquatiques en gênant la photosynthèse.	S'il y a des plantes aquatiques, il n'y a pas de signes de turbidité ou de croissance algale qui gêneraient la croissance des plantes aquatiques.	S'il y a des plantes aquatiques, il y a des signes mineurs de turbidité ou de croissance algale qui pourraient gêner la croissance des plantes aquatiques.	S'il y a des plantes aquatiques, il y a des signes modérés de turbidité ou de croissance algale.	S'il y a des plantes aquatiques, la croissance algale ou la turbidité atteint un niveau élevé.

Feuilles 7, 8 et 9 : feuilles d'indicateurs de Localisation, Hydrologie et Structure des communautés végétales et habitats pour la zone de compensation, avant les opérations d'ingénierie écologique, identiques aux feuilles 1, 2 et 3.

Feuille 10 : Indicateurs de Localisation pour la zone de compensation, après résultats des opérations d'ingénierie écologique

L'ensemble de ces indicateurs visent à évaluer l'interdépendance entre la zone d'emprise du projet et les zones voisines ou le bassin versant.

Indicateurs	Explications	10 (optimal)	7 (modéré)	4 (faible)	0 (mauvais)
a Usages et occupation du territoire dans le bassin versant de la zone d'emprise du projet	<p>Selon le type d'usages, les impacts qu'ils génèrent comme l'imperméabilisation des sols, le drainage, la collecte et la concentration des ruissellements superficiels en un seul point de rejet, le bruit, les animaux domestiques, la production de polluants, etc. peuvent avoir des effets négatifs sur les habitats d'espèces de la zone d'emprise du projet.</p> <p>Est-ce que les mesures compensatoires vont conduire à l'arrivée de nouvelles espèces sur le site et qui pourraient subir un impact négatif des usages des zones voisines ?</p>	<p>Les usages en dehors de la zone d'emprise du projet n'ont pas d'impact négatif sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.</p>	<p>Les usages en dehors de la zone d'emprise du projet ont un impact négatif minimal sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.</p>	<p>Les usages en dehors de la zone d'emprise du projet ont un impact négatif significatif sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.</p>	<p>Les usages en dehors de la zone d'emprise du projet ont un impact négatif sévère sur les espèces végétales et animales potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.</p>
b Présence d'espèces invasives ou exotiques envahissantes dans le bassin versant	<p>La présence qui se traduit parfois par la dominance d'espèces invasives ou exotiques envahissantes (faune et flore) dégradent l'état des habitats environnants et/ou l'état de conservation des populations : elles sont susceptibles de coloniser la zone évaluée ou de perturber le bon fonctionnement de la zone évaluée (perturbation de l'accomplissement du cycle de certaines espèces de la zone évaluée par prédation ou compétition par ex.)</p>	<p>Absence d'espèce invasive ou exotique envahissante dans les zones adjacentes à la zone d'emprise du projet.</p>	<p>Présence mais avec une abondance et une diversité minimales, peu d'effets négatifs. Ex : 1 à 3 espèces, taux de recouvrement inférieur à 10%</p>	<p>La majorité des espèces de la communauté végétale dans les zones adjacentes à la zone d'emprise du projet est invasive. Ex : 3-6 espèces env., taux de recouvrement entre 50 et 60%</p>	<p>La grande majorité des espèces de la communauté végétale dans les zones adjacentes à la zone d'emprise du projet est invasive et perturbe le bon fonctionnement de la zone d'emprise du projet (perturbation de l'accomplissement du cycle de certaines espèces de la zone évaluée par ex) Ex : taux de recouvrement supérieur à 80%</p>

Les 3 indicateurs suivants, c, d et e visent à évaluer l'importance de la zone d'emprise du projet dans le cycle biologique de la faune et de la flore du bassin versant.

<p>c</p> <p>Variété et étendue des habitats adjacents (ou du bassin versant)</p>	<p>La définition de la zone voisine considérée dépend des espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet. Il s'agit d'évaluer dans le bassin versant la présence et l'étendue d'habitats de même nature que les habitats de la zone d'emprise du projet, ou encore de nature à accueillir une partie du cycle de vie des espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet. Pour certaines espèces, la superficie de leur habitat a un effet sur leur maintien. Dans cet indicateur, on ne tient pas compte du degré de connexion de ces habitats voisins avec la zone d'emprise du projet. Cette caractéristique est évaluée dans l'indicateur suivant. Tenir compte des nouvelles espèces qui pourraient se développer sur le site de compensation, suite aux mesures compensatoires.</p>	<p>Les habitats voisins à la zone d'emprise du projet présentent une gamme complète d'habitats requis pour assurer le cycle des espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet et sont en quantité suffisante pour apporter un support optimal à la faune et la flore.</p>	<p>Les habitats en dehors de la zone d'emprise du projet sont disponibles en quantité et en variété suffisantes pour apporter un support optimal à de nombreuses (mais pas à toutes) espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet ou certaines populations sauvages pourraient être limitées en raison d'une disponibilité réduite d'habitats nécessaires à l'accomplissement de leur cycle biologique.</p>	<p>La disponibilité des habitats en dehors de la zone d'emprise du projet est correcte mais ne suffit pas à accueillir certaines espèces ou apportent un support minimal à de nombreuses espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet.</p>	<p>Aucun habitat pour les espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet n'est disponible à l'extérieur de la zone d'emprise du projet.</p>
<p>d</p> <p>Facilité de déplacement de la faune sauvage entre les habitats de la zone d'emprise du projet et les habitats voisins, par rapport aux distances et aux barrières (connectivité)</p>	<p>La facilité de circulation entre la zone d'emprise du projet et les habitats voisins dépend de la distance entre eux mais aussi de barrières physiques comme les routes, les murs, les canaux, et autres aménagements humains. L'avifaune est peu sensible à ce facteur, les mammifères le sont davantage mais peuvent parcourir de plus grandes distances que les reptiles et amphibiens. Tenir compte des nouvelles espèces qui pourraient se développer sur le site de compensation, suite aux mesures compensatoires.</p>	<p>La circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone d'emprise du projet et l'extérieur n'est pas limitée par la distance, ni bloquée par des barrières.</p>	<p>La circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone d'emprise du projet et de l'extérieur est partiellement limitée, soit par la distance, soit par des barrières qui entravent la circulation des individus.</p>	<p>La circulation de la faune sauvage entre les habitats de la zone d'emprise du projet et de l'extérieur est substantiellement limitée, soit par la distance, soit par des barrières qui entravent la circulation des individus.</p>	<p>La circulation des individus entre les habitats de la zone d'emprise du projet et l'extérieur est impossible en raison de (ou autres zones connectées), la distance ou de la présence de barrières infranchissables.</p>

<p>Importance de la zone d'emprise du projet pour le cycle biologique de la faune et de la flore des habitats voisins et des zones humides connectées à la zone d'emprise du projet</p>	<p>Cet indicateur évalue à quel point la faune et la flore des zones voisines dépendent fonctionnellement de de la zone évaluée. Les réponses aux 2 indicateurs précédents peuvent aider à renseigner cet indicateur. L'importance de la zone d'emprise du projet est d'autant plus grande que l'habitat représenté dans la zone d'emprise est rare dans les zones voisines tout en étant indispensable au cycle biologique des espèces qui y vivent. Les mesures compensatoires peuvent avoir pour effet de permettre à la faune et la flore des zones connectées d'accomplir une partie de leur cycle biologique sur la zone de compensation.</p>	<p>La zone d'emprise du projet assure des fonctions envers la faune et la flore des zones voisines connectées qui ne sont pas assurées par les zones voisines.</p>	<p>La zone d'emprise du projet assure des fonctions envers la faune et la flore des zones voisines connectées qui sont aussi assurées par les zones voisines mais avec une moindre importance.</p>	<p>La zone d'emprise du projet assure des fonctions envers la faune et la flore des zones voisines connectées qui sont majoritairement assurées par les zones voisines.</p>	<p>La zone d'emprise du projet n'assure aucune fonction pour la faune et la flore des zones voisines connectées.</p>
<p>Les 2 indicateurs suivants ont pour but d'évaluer la connectivité hydrologique entre la zone d'emprise du projet et les zones voisines du bassin versant</p>					
<p>Existence d'entraves hydrologiques d'origine humaine, perturbant les échanges hydrologiques entre la zone d'emprise du projet et les zones connectées</p>	<p>Il s'agit d'évaluer les connectivités hydrologiques structurelles entre la zone d'emprise du projet et les zones aval ou amont. Cette connectivité peut être diminuée par une modification des modalités de circulation des ruissellements superficiels et hyporhéiques (drainage ou imperméabilisation des sols, remblais, déblais, captage des sources, etc.) du fait de la réalisation de routes, de canaux, de fossés, de digues ou de tout autre aménagement. Les mesures compensatoires peuvent avoir pour objectif de lever des ou les entraves hydrologiques d'origine humaine et perturbant les échanges hydrologiques.</p>	<p>Aucune entrave hydrologique ou limitation des écoulements ne perturbe les échanges entre la zone d'emprise du projet et l'aval ou les zones connectées hydrologiquement.</p>	<p>Des entraves hydrologiques limitent faiblement (à une fréquence moindre ou avec moins d'amplitude que dans les conditions optimales) les échanges de la zone d'emprise du projet avec les zones aval (ou autres zones connectées)</p>	<p>Des entraves hydrologiques limitent significativement (à une fréquence élevée ou avec une forte amplitude par rapport aux conditions optimales) les échanges de la zone d'emprise du projet avec les zones aval (ou autres zones connectées)</p>	<p>Des entraves hydrologiques empêchent complètement ou en très grande partie, les échanges de la zone d'emprise du projet avec les zones aval (ou autres zones connectées)</p>

<p>Alimentation et dépendance hydrologique des habitats des zones humides connectées vis-à-vis de la zone d'emprise du projet a l'échelle du bassin versant ou à une échelle supérieure à celle de la zone étudiée ?</p>	<p>Un écosystème des zones humides connectées peut dépendre de façon critique de l'alimentation hydrologique fournie par la zone d'emprise du projet. Les mesures compensatoires peuvent avoir pour effet de modifier le niveau de dépendance hydrologique des milieux humides connectés.</p>	<p>Les habitats des zones connectées dépendent <u>entièrement</u> des apports de la zone d'emprise du projet et pourraient être sévèrement impactés si la quantité ou la qualité de ces apports étaient modifiées.</p>	<p>Les habitats des zones connectées dépendent <u>presque entièrement</u> des apports de la zone d'emprise du projet et pourraient souffrir substantiellement si la quantité ou la qualité de ces apports étaient impactées.</p>	<p>Les habitats des zones connectées dépendent <u>partiellement</u> des apports de la zone d'emprise du projet mais pourraient souffrir substantiellement si la quantité ou la qualité de ces apports étaient impactées.</p>	<p>Les habitats des zones connectées dépendent <u>peu ou pas</u> des apports de la zone évaluée et ne souffriraient pas d'une modification de la quantité ou de la qualité de ces apports.</p>

Feuille 11 : Indicateurs d'Hydrologie pour la zone de compensation, après résultats des opérations d'ingénierie écologique

Les milieux humides sont caractérisés par leur saturation en eau, et ses fluctuations au cours des saisons, le tout dépendant des conditions hydrologiques. Une hydrologie perturbée entraîne une d

Indicateurs	Explications	10 (optimal)	7 (modéré)	4 (faible)	0 (mauvais)
a Niveaux d'eau affleurante et ruissellements observés	<p>Selon les variations d'amplitude de la nappe et la topographie du site, l'eau peut affleurer à la surface ou s'écouler. Est-ce que les niveaux d'eau affleurante ou le débit des écoulement semblent normaux au regard du type de milieu humide de référence, des conditions météo et de la saison d'observation ?</p> <p>Si l'évaluateur connaît bien la zone et qu'il dispose de ces informations pour les autres saisons, il peut en tenir compte dans le choix des notes.</p> <p>Les mesures compensatoires peuvent avoir pour effet de restaurer les niveaux d'eau affleurante à un niveau approprié (suppression de drain, de captage, d'endiguement...)</p>	<p>Les niveaux d'eau et les ruissellements apparaissent comme étant appropriés, au regard des variations saisonnières, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.</p>	<p>Les niveaux d'eau et les ruissellements sont un peu supérieurs ou un peu inférieurs aux niveaux d'appropriés, au regard des variations saisonnières, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.</p>	<p>Les niveaux d'eau et les ruissellements sont modérément supérieurs ou inférieurs aux niveaux d'appropriés, au regard des variations saisonnières, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.</p>	<p>Les niveaux d'eau et les ruissellements présentent un écart important par rapport aux niveaux d'appropriés, au regard des variations saisonnières, des antécédents météorologiques et autres effets climatiques.</p>
b Humidité du sol (hydromorphie)	<p>En l'absence d'eau affleurante ou de ruissellement, l'humidité du sol semble-t-elle normale au regard du type de milieu humide de référence, de la saison et des conditions météo ?</p> <p>Les mesures compensatoires peuvent avoir un effet sur l'humidité du sol.</p>				<p>L'humidité du sol s'est complètement écartée de ce qui est approprié pour ce type de système.</p>
c Perturbation des ruissellements par des aménagements	<p>Y a-t-il sur la zone d'emprise du projet, des aménagements tels que des drains, canaux, fossés, rigoles, captage, détournement, rejet, bassins qui pourraient perturber les ruissellements d'eau ?</p> <p>Les mesures compensatoires peuvent consister en la suppression de ces aménagements.</p>				

Informations supplémentaires en fonction des observations possibles et données disponibles (Indicateurs à remplir de façon facultative)

<p>d</p> <p>Perturbation de l'hydrologie de la zone humide</p>	<p>Plusieurs indices observables peuvent indiquer que l'hydrologie de la zone est perturbée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les indicateurs de niveaux d'eau passés : mousses, lichens, lignes de niveau d'eau observables sur les troncs d'arbres, les rochers, accumulation de débris de végétaux et d'invertébrés qui se développent pendant les périodes de submersion, lignes de dépôts de débris par les eaux - la zonation de la végétation peut indiquer une baisse de niveau d'eau, ou du drainage, ou un excès d'eau, ou une arrivée d'eau douce canalisée dans un milieu saumâtre. - Présence d'une faune inféodée à un milieu humide - Stress hydrique de la végétation : Le stress hydrique de la végétation hygrophile présente sur une zone humide peut révéler une mauvaise disponibilité de l'eau de la nappe qui n'atteint pas assez souvent les horizons supérieurs du sol en raison de prélèvements humains, de drainage, etc. 	<p>Il n'y a pas d'indicateurs de niveaux d'eau passés atypiques, ni de zonation de végétation anormale ou encore de signes de stress hydrique de la végétation anormaux. On peut relever des signes de présence d'une faune inféodée à un milieu humide.</p>			<p>On peut observer plusieurs signes révélant une situation hydrologique fortement perturbée engendrant un fonctionnement fortement dégradé du milieu humide de la zone d'impact du projet.</p>
Non observable					
<p>e</p> <p>Signes de pollutions de la zone d'emprise du projet</p>	<p>La pollution de la zone d'emprise du projet peut être détectée à l'aide de différents signes observables sur le terrain :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Composition de la communauté végétale ou d'espèces associées à des eaux de qualité dégradée, ou des niveaux d'eaux et de débits altérés - L'observation directe des eaux stagnantes peut donner des informations sur la présence de polluants, la qualité des eaux, au travers de la coloration, de la turbidité, de reflets d'hydrocarbures, ou d'autres signes d'une situation anormale. 	<p>Espèces végétales associées à des eaux de qualité dégradées peu représentées en effectifs. Absence d'anomalie de coloration, de turbidité, absence de reflets d'hydrocarbures.</p>	<p>Présence d'espèces végétales tolérantes aux pollutions chimiques ou organiques, ou associées à des eaux de qualité dégradée ou présence d'anomalies sur les eaux stagnantes.</p>	<p>Présence importante d'espèces végétales tolérantes aux pollutions chimiques ou organiques, ou associées à des eaux de qualité dégradée et présence d'anomalies sur les eaux stagnantes.</p>	<p>Couverture intégrale de la zone par des compositions ou des espèces végétales tolérantes aux pollutions chimiques, ou associées à des eaux de qualité dégradée, signes de dégradation significative de la qualité des eaux stagnantes</p>
Non observable					

<p>f</p> <p>Données existantes sur la qualité de l'eau</p>	<p>Si des données sur la qualité de l'eau existent, elles sont à comparer aux données de référence d'écosystèmes semblables : oxygénation, nutriments, pH, température, etc.</p>	<p>Les indicateurs de qualité d'eau ne montrent pas d'écart par rapport à la normale.</p>	<p>Les indicateurs de qualité d'eau montrent un léger écart par rapport à la normale, mais ces variations de paramètres, comme la salinité ou la charge en nutriments ne doivent pas causer autres choses que des effets écologiques mineurs.</p>	<p>Les indicateurs de qualité d'eau montrent un écart modéré par rapport à la normale, et des effets écologiques sont attendus de ces variations de paramètres, comme la salinité ou la charge en nutriments.</p>	<p>Les indicateurs de qualité d'eau montrent un écart important par rapport à la normale, et des dégâts écologiques sont attendus de ces variations de paramètres, comme la salinité ou la charge en nutriments.</p>
<p>Non observable</p>					

Feuille 12 : Indicateurs de Structure des communautés végétales et habitats pour la zone de compensation, après résultats des opérations d'ingénierie écologique

Sur la zone de compensation, il s'agit d'identifier pour chaque indicateur si les mesures compensatoires vont avoir un effet et à quel point elles vont avoir un effet pour se rapprocher ou atteindre l'écosystème de référence identifié lors de la notation "avant" compensation.

	Indicateurs	Explications	10 (optimal)	7 (modéré)	4 (faible)	0 (absent ou mauvais)
a	Espèces végétales des différentes strates	Il s'agit de comparer la composition en espèces végétales des strates arborescente, arbustive buissonnante et herbacée présentes au sein de la zone humide évaluée avec la composition de ces mêmes strates en situation de référence. Toutes les strates sont à évaluer quand elles sont présentes. Par exemple, dans les zones humides arborées, la dégradation de l'environnement se manifeste en premier sur la strate herbacée.	Toutes ou presque toutes les espèces végétales de des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.	La majorité des espèces végétales des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.	La majorité des espèces végétales des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.	Aucune espèce végétale des différentes strates (arborescente, arbustive, buissonnantes, herbacées) sont appropriées au regard du cadre de référence.
b	Présence d'espèces invasives ou exotiques envahissantes	La présence qui peut se traduire parfois par la dominance d'espèces invasives ou exotiques envahissantes au sein de la zone humide évaluée dégrade l'état de ses habitats, constitue une menace pour la biodiversité et perturbe son bon fonctionnement écologique. Les mesures compensatoires peuvent comprendre un programme de lutte contre ces espèces.	Les espèces invasives ou exotiques envahissantes sont absentes.	Les espèces invasives ou exotiques envahissantes sont présentes mais en faible quantité.	Les espèces invasives ou exotiques envahissantes sont présentes en quantité élevée. La présence d'au moins une espèce de la liste noire est constatée.	Les espèces invasives ou exotiques envahissantes prédominent. La présence de plusieurs espèces de la liste noire est constatée.

c	Dynamique d'évolution Il s'agit d'évaluer si la dynamique d'évolution est orientée dans le sens souhaité ou non. Se trouve-t-on dans une dynamique évoluant d'un stade pionnier vers la lande arbustive puis le stade forestier ou bien se trouve-t-on dans une dynamique de régression vers une formation de plus en plus pauvre en espèce et en biomasse ? Par exemple, pour évaluer la dynamique d'évolution d'un milieu humide boisé, il faudra considérer 1) la régénération et le recrutement : y a-t-il des jeunes pousses et des jeunes arbres ? et 2) la distribution en âge et en taille des populations d'arbres : y a-t-il une rupture dans la distribution des classes d'âge ?	La dynamique d'évolution est clairement orientée dans le sens souhaité.			La dynamique d'évolution est clairement orientée dans un sens autre que celui qui est souhaité
d	Etat de santé général de la communauté végétale On observe les signes de plants morts ou mourants, de chlorose, de dommages causés par des insectes ou des champignons. Les communautés herbacées et les jeunes plants d'arbres montrent des signes plus précocement que les individus matures.	Les plantes sont en bonne santé avec très peu ou aucun signe de problème de croissance ou de dégâts par des insectes.	Les plantes sont en bonne santé avec de légers signes de problème de croissance ou de dégâts par des insectes.	Les plantes sont en mauvaise santé avec des signes de problème de croissance ou de dégâts par des insectes.	Plantes malades avec des signes importants de problème de développement et de dégâts par les insectes.
e	Densité et qualité des débris de bois, accidents de terrain, terriers, cavités Cet indicateur est destiné à évaluer les éléments propices aux habitats pour la faune attendue en termes de refuges, de diversité de fourrage, ou de zones de nidification. Cela peut aussi constituer des micro-habitats pour certaines espèces végétales. Mais cela peut aussi donner des indications sur des usages inappropriés, comme par exemple, de nombreux débris de bois, et du piétinement du sol causés par du surpâturage.	La densité et la qualité des débris de bois, des accidents de terrain, des terriers, des cavités apportent un habitat structurel optimal pour le type de système étudié.	La densité et la qualité des débris de bois, des accidents de terrain, des terriers, des cavités sont un peu différentes de la normale en raison de la structure ou des pratiques de gestion des terrains.	Les débris de bois, des accidents de terrain, des terriers, des cavités sont absents ou anormaux parce que la végétation est morte ou en train de mourir.	Les débris de bois, des accidents de terrain, des terriers, des cavités sont absents ou s'ils sont présents c'est uniquement en raison de la mortalité de la végétation native.

f	<p>Caractéristiques topographiques</p> <p>De même que pour l'indicateur précédent, elles peuvent constituer des refuges, des zones de nourrissage pour la faune, et une variété de microhabitats pour la flore. Une zone peut avoir été complètement remaniée par des travaux par exemple, aboutissant à une topographie complètement plane, ou au contraire très escarpée, et moins propice à la faune.</p>	<p>Les caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats sont normales pour le type de zone étudiée.</p>	<p>Les caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats sont en deçà de la normale pour le type de zone étudiée.</p>	<p>Réduction des caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats</p>	<p>Manque de caractéristiques topographiques comme les refuges, les ruisseaux, les buttes et les replats qui sont normales pour la zone étudiée.</p>
g	<p>Pratiques de gestion</p> <p>Est-ce que les pratiques de gestion existantes sur la zone sont propices au bon fonctionnement de l'écosystème ? Est-ce qu'elles n'altèrent pas le milieu ? On peut tenir compte des pratiques de fauche, de pâturage, de maîtrise de l'eau, d'exploitations forestières ou d'autres usages en vigueur sur la zone humide et qui peuvent modifier les communautés végétales d'une façon positive ou négative.</p>	<p>Pratiques optimales de gestion des terres pour la survie à long terme de la diversité végétale.</p>	<p>Pratiques globalement appropriées avec présence de quelques éléments artificiels qui ont engendré le déplacement de communautés végétales.</p>	<p>Retrait ou altération partiels de la structure naturelle, ou introduction d'éléments artificiels.</p>	<p>Retrait ou altération forts de la structure naturelle, ou introduction d'éléments artificiels.</p>
h	<p>Pour les communautés de plantes immergées, envasement et croissance algale</p> <p>L'envasement et la croissance algale peuvent entraver le développement des plantes aquatiques en gênant la photosynthèse.</p>	<p>S'il y a des plantes aquatiques, il n'y a pas de signes de turbidité ou de croissance algale qui gêneraient la croissance des plantes aquatiques.</p>	<p>S'il y a des plantes aquatiques, il y a des signes mineurs de turbidité ou de croissance algale qui pourraient gêner la croissance des plantes aquatiques.</p>	<p>S'il y a des plantes aquatiques, il y a des signes modérés de turbidité ou de croissance algale.</p>	<p>S'il y a des plantes aquatiques, la croissance algale ou la turbidité atteint un niveau élevé.</p>

Annexe n°23 : MERCIe Espèces protégées

Objectif : qualifier l'état vis-à-vis des espèces protégées identifiées *au préalable*, des unités physiologiques fonctionnelles (UPF), correspondant à des grands regroupements des habitats cartographiés dans le cadre de l'état initial de la zone d'étude.

L'état varie de 0 (nul) à 10 (excellent).

Il est qualifié à l'aide de 2 familles d'indicateurs (la valeur de chaque indicateur pouvant varier entre 0 et 10) :

- Le bénéfice fonctionnel pour les espèces protégées identifiées
- L'état de conservation vis-à-vis de l'artificialisation

On raisonne sur la zone d'emprise du projet, et le voisinage de la zone d'emprise du projet, l'ensemble des 2 pouvant correspondre à l'habituelle zone d'étude (ou être plus large ?). Les indicateurs peuvent donc être appliqués sur la zone d'emprise ou sur les zones voisines.

Les mêmes indicateurs sont appliqués à la zone d'aménagement (avant et après impact) et sur la zone de compensation (avant et après compensation)

Bénéfice fonctionnel pour les espèces protégées identifiées (A)	Etat de conservation vis-à-vis de l'artificialisation (B)
Etat de fonctionnement de l'UPF = moy (A,B)	

	Indicateur		Explications
Zone voisine à la zone d'emprise	Usages et occupation du territoire dans le bassin versant de la zone d'emprise du projet	a1	Selon le type d'usages, les impacts qu'ils génèrent comme l'imperméabilisation des sols, le drainage, la collecte et la concentration des ruissellements superficiels en un seul point de rejet, le bruit, les animaux domestiques, la production de polluants, etc. peuvent avoir des effets négatifs sur les habitats de la zone d'emprise du projet.
	Variété et étendue des habitats adjacents	a2	La définition de la zone voisine considérée dépend des espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet. Il s'agit d'évaluer dans le bassin versant la présence et l'étendue ou la quantité d'habitats de même nature que les habitats de la zone d'emprise du projet, ou encore de nature à accueillir une partie du cycle de vie des espèces potentiellement présentes dans la zone d'emprise du projet. Dans cet indicateur, on ne tient pas compte du degré de connectivité de ces habitats voisins avec la zone d'emprise du projet. Cette caractéristique est évaluée dans l'indicateur suivant.
	Facilité de déplacement de la faune sauvage entre les habitats de la zone d'emprise du projet et les habitats voisins, par rapport aux	a3	La facilité de circulation entre la zone d'emprise du projet et les habitats voisins dépend de la distance entre eux mais aussi de barrières physiques comme les routes, les

	distances et aux barrières (connectivité)		murs, les canaux, et autres aménagements humains.
Zone d'emprise du projet d'aménagement ou de compensation	Pratiques de gestion sur la zone d'emprise	a4	Est-ce que les pratiques de gestion mises en œuvre sur la zone d'emprise sont favorables aux espèces protégées identifiées ? (Ex : obligation légale de débroussaillage, pratiques agricoles, pâturage, etc.)
	Habitat de reproduction sur la zone d'emprise	a5	Présence et quantité ou superficie d'habitat de reproduction sur la zone d'emprise (Plantes hôtes, pierriers, cours d'eau d'une certaine qualité, vieux arbres à cavité et arbres morts, etc.)
	Habitat de repos sur la zone d'emprise	a6	Présence et quantité ou superficie d'habitat de repos sur la zone d'emprise
	Habitat d'alimentation et ressources alimentaires sur la zone d'emprise	a7	Présence et quantité ou superficie d'habitat d'alimentation ou de ressources alimentaires sur la zone d'emprise
	Facilité de déplacement de la faune sauvage au sein de la zone d'emprise	a8	La facilité de circulation au sein de la zone d'emprise entre plusieurs habitats d'une même espèce peut être entravée par la distance entre eux mais aussi de barrières physiques comme les routes, les murs, les canaux, et autres aménagements humains.
Bénéfice fonctionnel pour les espèces protégées identifiées = moyenne (a1 ; a2 ; ... ai)			

	Indicateur		Explications
Zone voisine à la zone d'emprise	Présence d'espèces invasives et/ou exotiques envahissantes dans les zones voisines	b1	Les espèces invasives et/ou exotiques envahissantes peuvent par exemple perturber l'accomplissement du cycle biologique des espèces protégées ciblées ou d'autres espèces non protégées ou la biodiversité en général.
Zone d'emprise du projet d'aménagement ou de compensation	Présence d'espèces invasives et/ou exotiques envahissantes dans la zone d'emprise	b2	Ces éléments d'origine anthropiques peuvent ne pas forcément altérer les bénéfices fonctionnels procurés par la zone d'emprise aux espèces protégées ciblées, mais avoir un impact négatif sur des espèces non protégées ou la biodiversité en général.
	Présence d'aménagements, de constructions, de zones imperméabilisées dans la zone d'emprise du projet	b3	
	Usages et pratiques de gestion dans la zone d'emprise	b4	Est-ce que les usages et les pratiques de gestion dans la zone d'emprise sont propices à la biodiversité en général ou dégradent ou détruisent la biodiversité ?
	Présence d'espèces marqueurs de pollution ou de dégradation	b5	On peut relever la présence de certaines espèces marquant des pollutions ou des états dégradés qui ne sont pas forcément visibles à l'œil nu.
	Topographie naturelle ou remaniée sur la zone d'emprise	b6	Est-ce que la zone a été déblayée ou remblayée, aplanie, les cours d'eau ont-ils été rectifiés ?
Etat de conservation vis-à-vis de l'artificialisation = B = moyenne (b1 ; b2 ; ... ; bi)			

Annexes de la conclusion

Annexe n°24 : Projet ERC Lynx

Le projet

Il s'agit de mettre au point un outil de modélisation de la viabilité des populations de Lynx de l'Est de la France. En effet, le lynx est une espèce protégée dont les populations se trouvent dans les Vosges et le Jura. Victime de collisions sur les infrastructures de transport, les acteurs de sa conservation ont monté un projet de recherche appliquée avec une équipe de chercheurs en modélisation. L'objectif du projet est « de mettre en commun, compléter et exploiter les résultats de précédents travaux en lien avec la viabilité des populations de lynx, les risques de collision lors du franchissement d'infrastructures de transports terrestres et les mesures correctrices. » La finalité du projet est de développer « un outil opérationnel sur lequel les opérateurs techniques pourront s'appuyer dans leur processus de prise de décision nécessaire à l'aménagement du territoire »

(source : site web du projet <https://sites.google.com/view/erclynx/accueil>).

Le projet est piloté par le Cefe (Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive), le Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement), le CROC (Centre de Recherche et d'Observations sur les Carnivores), et l'ONCFS (Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage). Il se déroule sur la période 2017-2019.

Intervention sur l'opérationnalité de l'outil

Il s'agit donc de décliner les critères d'opérationnalité au contexte particulier de cet outil d'aide à la décision (OAD), et de procéder ensuite à la même démarche que pour MERClé, à savoir : évaluer en quoi l'OAD respecte les critères et sur quels critères l'outil doit être amélioré, et de proposer des pistes d'amélioration.

L'exercice sera toutefois limité dans la mesure où le projet a été monté indépendamment des recherches menées dans cette thèse et que nous nous sommes rapprochés de l'équipe projet en cours de route, et n'avons donc pas pu être associé au projet dans son intégralité. En outre, le temps disponible dans le travail de thèse était limité. Il a fallu donc tenir compte de ces contraintes et alléger quelque peu la phase de déclinaison du cadre d'analyse aux spécificités de ce contexte.

Tableau 78 : Transposition des critères d'opérationnalité à l'OAD Lynx et protocoles de tests associés

Critères d'opérationnalité	Application à ERC Lynx	Evaluation théorique	Evaluation utilisateurs
Périmètre fonctionnel correspondant aux tâches attendues	Tester des scénarios d'aménagement du réseau routier ou du paysage pour voir l'impact sur les risques de collision, sur la qualité de l'habitat, sur la population de Lynx. Aménageurs du réseau routier : suppression de segments, modifier le type de route, création de nvx segments, modification couvert urbain Gestionnaires : choix des secteurs pour construire un passage à faune, type de couvert, réintroduction d'individu, abattage d'un individu	Quels sont les utilisateurs ciblés ? Quelles opérations réalisent-ils ? Quelles sont les fonctionnalités, les cas d'utilisation de l'OAD ? Est-ce que les opérations et les fonctionnalités correspondent ?	Questionnaire Discussion atelier
Facilité d'apprentissage	Choix du vocabulaire Récap des scénarios choisis Niveau de compétence, SIG ?	Niveau de compétence requis pour utiliser l'OAD Niveau de compétence des utilisateurs potentiels Formation et supports prévus	Questionnaire
Facilité de mémorisation	Choix du vocabulaire Récap des scénarios choisis		Observation
Efficience	Temps d'utilisation : pour manipuler l'interface, pour obtenir les résultats	Durée de saisie des données Délai d'obtention des résultats Durée attendue par les utilisateurs	Observation
Erreurs d'utilisation	Erreurs sur la manip' de l'interface Erreurs par rapport aux modèles, scénarios etc.		Observation
Satisfaction subjective			Questionnaire
Flexibilité	Flexibilité dans les cas d'utilisation : à relier à l'utilité Flexibilité « écologique » ?		Discussion atelier
Transparence, compréhension des résultats produits par l'OAD	Les résultats « bruts » du modèle pourraient être mal interprétés, ils sont donc exprimés en % de hausse ou de baisse à x années par rapport au scénario de référence où rien n'est modifié. L'intervalle de confiance peut aussi susciter des difficultés : explications données lors des 1 ^{er} ateliers		Observation Discussion atelier
Modèles basés sur des données locales	Demande exprimée dès le 1 ^{er} atelier et prise en compte		Observation
Concordance entre le modèle et les	Ce n'est pas forcément possible : explications prévues pour que cela		Discussion atelier

observations de terrain de l'utilisateur	ne constitue pas un frein à l'acceptation		
Pérennité de l'outil	Demande de mise à jour régulière des modèles avec les dernières observations → ce n'est pas possible. Hébergement, maintenance et mise à jour de l'appli web.		Discussion atelier
Coût			Questionnaire
Représentation de la séquence ERC	Outil centré Lynx : le résultat porte sur viabilité du Lynx. « c'est une vision du monde » qui peut ne pas convenir à certains utilisateurs Débat sur ce qui peut constituer une mesure compensatoire Lynx		Discussion atelier Observation

Participation à titre d'observation au 3^{ème} atelier : prise en main de l'outil

Compte rendu des tests utilisateurs de l'atelier du 24 septembre 2019

Observations des utilisateurs sur les critères d'opérationnalité

Tableau 79 : Les observations réalisées sur les utilisateurs pour les différents critères d'opérationnalité

Critères d'opérationnalité	Application à ERC Lynx	Observations en atelier
Périmètre fonctionnel correspondant aux tâches attendues	Tester des scénarios d'aménagement du réseau routier ou du paysage pour voir l'impact sur les risques de collision, sur la qualité de l'habitat, sur la population de Lynx. Aménageurs du réseau routier : suppression de segments, modifier le type de route, création de nvx segments, modification couvert urbain Gestionnaires : choix des secteurs pour construire un passage à faune, type de couvert, réintroduction d'individu, abattage d'un individu	Pas d'expression de fonctions manquantes
Facilité d'apprentissage	Choix du vocabulaire Récap des scénarios choisis Niveau de compétence, SIG ?	Tout le monde a réussi à faire l'exercice guidé, et dans l'ensemble, tout le monde a réussi à faire des exercices libres l'après-midi. Quelques difficultés et possibilités d'améliorations relevées (voir plus bas)

Facilité de mémorisation	Choix du vocabulaire Récap des scénarios choisis	Pas de difficulté majeure relevée (qui se serait traduite par des difficultés pour l'exercice libre) Pour conclure réellement sur cet indicateur, il faudrait refaire un atelier d'exercice libre quelques semaines après.
Efficience	Temps d'utilisation : pour manipuler l'interface, pour obtenir les résultats	Difficulté posée par la navigation sur les cartes : améliorations possibles Difficulté posée par le temps de « moulinage » des modèles
Erreurs d'utilisation	Erreurs sur la manip' de l'interface Erreurs par rapport aux modèles, scénarios etc.	Observations d'interrogations, d'hésitations. Améliorations possibles
Satisfaction subjective		Exprimée lors du tour de table final : bon niveau de satisfaction !
Flexibilité	Flexibilité dans les cas d'utilisation : à relier à l'utilité Flexibilité « écologique » ?	Pas de difficulté particulière observée par rapport à ce critère
Transparence, compréhension des résultats produits par l'OAD	Les résultats « bruts » du modèle pourraient être mal interprétés, ils sont donc exprimés en % de hausse ou de baisse à x années par rapport au scénario de référence où rien n'est modifié. L'intervalle de confiance peut aussi susciter des difficultés : explications données lors des 1 ^{ers} ateliers	Enjeu majeur des discussions.
Modèles basés sur des données locales	Demande exprimée dès le 1 ^{er} atelier et prise en compte	Rien à signaler.
Concordance entre le modèle et les observations de terrain de l'utilisateur	Ce n'est pas forcément possible : explications prévues pour que cela ne constitue pas un frein à l'acceptation	Demande exprimée de pouvoir tester l'outil « à domicile »
Pérennité de l'outil	Demande de mise à jour régulière des modèles avec les dernières observations → ce n'est pas possible.	Question soulevée dans les discussions.

	Hébergement, maintenance et mise à jour de l'appli web.	
Coût		Pas abordé ! Mais peut être relié au critère précédent.
Représentation de la séquence ERC	Outil centré Lynx : le résultat porte sur viabilité du Lynx. « c'est une vision du monde » qui peut ne pas convenir à certains utilisateurs Débat sur ce qui peut constituer une mesure compensatoire Lynx	Rien à signaler. Critère inapproprié ?

Commentaires sur l'interface

Quelques possibilités d'améliorations de l'interface, pour améliorer l'utilisabilité (facilité et confort d'utilisation)

Principes de base :

- se rapprocher le plus possible des codes habituels de l'utilisateur (couleur, vocabulaire, représentations)
- supprimer le plus possible tout ce qui est source d'interrogation ou d'hésitation

Tableau 80 : Compte-rendu des observations et propositions d'améliorations par rapport pour l'interface de l'outil

Critère d'utilisabilité	Problème identifié	Solution proposée
Gestion des erreurs		Ajouter la possibilité d'annuler la création d'un polygone. Ou si c'est déjà possible : la manipulation n'est pas facile à trouver ! Plus généralement : donner la possibilité d'annuler la dernière action exécutée.
Gestion des erreurs	Quand on supprime ou modifie une route par ex, l'utilisateur ne sait pas si son action a été prise en compte après avoir cliqué sur le bouton. Dans le doute, il peut lui arriver de re cliquer dessus ou sinon, il doute.	La solution est d'aller vérifier dans la carte modifiée, mais s'il y a une confirmation plus immédiate (affichage d'une fenêtre avec message de confirmation ou d'un sablier par ex), cela serait plus facile.
Efficiace	Navigation dans les carte, zoom dézoom prennent du temps.	Ajouter la possibilité de taper directement le nom d'une commune dans une fenêtre, pour que la carte se centre et se zoome sur cette commune. Conserver le même niveau de zoom et le point de centrage quand on

		navigue des cartes « actuelle » à « modifiée »
Apprentissage	Les boutons d'affichage pour les cartes (par ex le couvert paysager) ou d'action ne sont pas forcément faciles à trouver	Emplacement à modifier ?
Apprentissage		Traduire la légende des boutons de la carte en français
Efficiace Apprentissage	Les explications en début de page sont longues	Donner la possibilité de les masquer (et que le masquage soit gardé en mémoire pour ne pas avoir à le refaire à chaque fois) Ou modifier l'organisation de l'interface pour ne pas avoir à y recourir (processus guidé par étape)
Efficiace	La nouvelle carte de probabilité des collisions est difficile à interpréter car il n'y a pas l'ancienne qui est affichée (?) ou alors pas au même niveau de zoom (?)	Affichage à réorganiser
Apprentissage	Code couleur inhabituel	Code couleur classique : vert si c'est « bien » et rouge ou orange si c'est pas « bien » (!)
Satisfaction	L'utilisation de point sur la carte semble indiquer que les individus sont géolocalisés	Trouver un mode d'affichage différent (en parler ensemble !)

Possibilité :

Organiser l'interface en processus par étape (ex : quand on achète sur internet, ça se passe par un ppe : validation du panier → choix de la livraison → paiement → récapitulatif), déclenché par un bouton intitulé par l'action que l'on veut faire :

« Simuler un scénario d'aménagement »

- étape 1 : je veux modifier une route, supprimer une route, ajouter une route, ajouter un passage à faune, supprimer un passage à faune [cocher une ou plusieurs actions]
- étape 2 : si on a coché modifier une route, la carte s'affiche, avec le message : sélectionner le segment en dessinant un polygone etc. et choisissez le nouveau type de route : on coche la route. Puis en bas de l'écran, on clique sur étape suivante
- étape 3 : etc.

Toutes les étapes que l'on doit passer s'affichent successivement : l'intérêt est que l'utilisateur ne se pose pas la question de ce qu'il doit faire après : ça lui est directement proposé. Et il n'oublie pas de réaliser une étape qui conduirait à obtenir au final un résultat faux par rapport à ce qu'il souhaitait au départ.

Ou encore : « Simuler une réintroduction d'individus » (je ne sais pas si ça se fait !)

Etc.

Evidemment, c'est assez coûteux en termes de développement informatique !

Sur la présentation, compréhension, interprétation des résultats

L'enjeu majeur est la bonne compréhension des résultats : la compréhension par l'utilisateur directement et la compréhension par l'interlocuteur de l'utilisateur à qui seront présentés les résultats.

Il ressort des besoins de 2 ordres :

- Comprendre comment sont obtenus les résultats, ce qui facilite leur interprétation pour une personne avertie.

Ex : « est-ce que les lynx déplacés par un aménagement sont pris en compte dans l'augmentation des risques de collision de la nouvelle carte »

« c'est bizarre de géolocaliser des individus, ils vont croire qu'on connaît les individus 1 par 1 alors qu'on connaît des densités de population »

- Interpréter les résultats sans les dévoyer (volontairement par intérêt, ou involontairement par manque de connaissances)

Par rapport à cet enjeu, les propositions suivantes ont été faites pendant la discussion :

Accompagner les résultats d'explications « sur mesure »

Fournir une « clé » d'interprétation

Mettre en place un réseau de référents techniques, ou une validation par des services de l'Etat

Prévoir des restrictions d'utilisation

Etc.

Au final, tout dépend des usages prévus pour l'outil : qui l'utilise pour quoi faire et dans quel but ? Après avoir répondu à cette question (il peut y avoir un ou plusieurs usages possibles, et un ou plusieurs usages retenus), la présentation des résultats et leur accompagnement pourra être adapté en conséquence. La réponse à cette question pourrait être obtenue au travers de l'organisation d'un atelier dédié. Le choix du ou des usages pour l'outil pourrait dépendre de l'optimisation du rapport coût (de développement supplémentaire) / efficacité pour la conservation du lynx.



Figure 59 : Lynx boréal. Photo : Didier Pépin. didierpepin.jimdofree.com



Figure 60 : Atelier utilisateurs du 24 septembre 2019

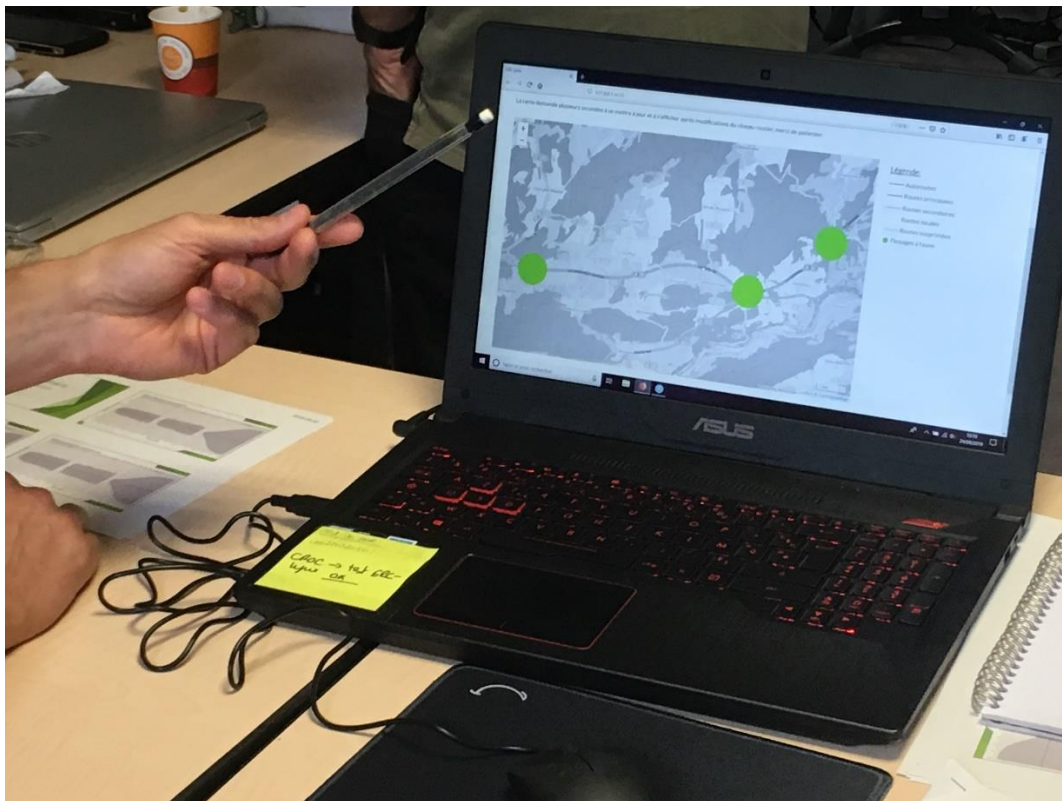


Figure 61 : Atelier utilisateurs du 24 septembre 2019 . L'interface de l'OAD

Annexe n°25 : le projet d'outil d'inventaire des bousiers

L'objectif de ce projet est de mettre au point un outil d'inventaire de l'entomofaune liée aux déjections d'herbivores domestiques, dont les bousiers qui sont ciblés en priorité. Cet outil consisterait à terme à collecter l'ADN environnemental sur le terrain à inventorier, en lieu et place du piégeage des insectes, destructeurs pour ces derniers et nécessitant une phase longue et coûteuse d'identification en laboratoire.

Le projet est mené par le CEFÉ, avec l'OFB et les Parcs Nationaux sur deux ans (2019-2020). 5 parcs nationaux du sud de la France y participent au travers de leurs agents. Ces derniers posent les pièges et réalisent les prélèvements d'ADN environnemental dans les parcs. Le CEFÉ réalise les identifications d'insectes et l'édition des séquences génétiques correspondant à chaque espèce, tandis que le traitement de l'ADN environnemental est sous-traité à la société Spygen afin de mettre les résultats des 2 prélèvements en parallèle et d'identifier dans quelle mesure le prélèvement de l'ADN environnemental pourra se substituer à celui des insectes.



Photo : William Perrin

Figure 62 : Scarabée à large cou (*Scarabaeus laticollis*) ou Bousier, confectionnant une pilule d'excrément ovin

La question que se posent les chercheurs est de savoir si les agents des parcs comprennent bien le protocole de collecte qu'ils leur ont transmis et s'ils le mettent bien en œuvre. En d'autres mots, **il s'agit de savoir si le protocole est opérationnel et s'il est utilisé.**

En 2019, une première saison de collecte dans les parcs a été organisée. Les chercheurs ont envoyé un questionnaire aux agents des parcs afin d'avoir leurs retours sur leur compréhension et leur utilisation du protocole. Le taux de réponse a été jugé trop faible (1 réponse par parc alors qu'ils estiment que 2 à 10 personnes par parc étaient concernés).

Une première analyse de la situation réalisée lors d'un entretien avec le chercheur qui pilote le projet a mis en évidence les enjeux opérationnels à traiter :

- Identifier les profils des agents des parcs impliqués dans la collecte des échantillons :
 - niveau de connaissance : lien avec les critères de facilité d'apprentissage et de mémorisation, d'efficience
 - fonction et positionnement hiérarchique : lien avec les critères d'acceptabilité socio-organisationnelle (soutien hiérarchique)
- Reconstituer le réseau de contact de chaque utilisateur : qui fait quoi par rapport à la mise en œuvre du protocole (formation au protocole, pose des pièges, prélèvement, envoi) : lien avec les critères de facilité d'apprentissage et de mémorisation, d'efficience et critères d'acceptabilité socio-organisationnelle
- Evaluer l'opérationnalité du protocole de collecte via des tests utilisateurs.

