



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0). La citation comme l'utilisation de tout ou partie du contenu de cet article doit obligatoirement mentionner les auteurs, l'année de publication, le titre, le nom de la revue, le volume, le numéro de l'article et le DOI.

Méthode de dimensionnement des mesures compensatoires : une méthode opérationnelle et respectant les exigences réglementaires

Agnès MÉCHIN^{1,2}, Alexandre CLUCHIER¹, Marie-Caroline CHRÉTIEN¹, Éric FIÉVET¹, Sébastien FLEURY¹, Silke HECKENROTH¹, Maxime LE HÉNANFF¹, Frédéric PAWLOWSKI¹, Jörg SCHLEICHER¹, Julien VIGLIONE¹, Sylvain PIOCH²

¹ ECO-MED, 65 avenue Jules Cantini, 13006 Marseille, France.

² LAGAM, Université Paul Valéry Montpellier 3, 34000 Montpellier, France.

Correspondance : Agnès MÉCHIN, a.mechin@ecomed.fr

La mise en œuvre de la séquence « Éviter-Réduire-Compenser » (ERC) nécessite de recourir à des méthodes de dimensionnement des mesures compensatoires afin de satisfaire l'exigence d'absence de perte nette de biodiversité inscrite dans le Code de l'environnement. Cet article présente une méthode de dimensionnement de la compensation écologique adaptée de travaux de recherche et utilisée aujourd'hui dans le cadre des dossiers de dérogation à la réglementation sur les espèces protégées.

Introduction

La séquence « Éviter-Réduire-Compenser » (ERC) existe dans le Code de l'environnement français depuis 1976 et a commencé à être vraiment appliquée aux projets d'aménagement à partir de 2007 (révision de la loi sur l'eau de 2006 et arrêté de 2007 pour la protection des espèces). Jusqu'aux années 2015, les surfaces des parcelles de compensation ont le plus souvent été justifiées par l'application d'un simple ratio, ou coefficient multiplicateur appliqué à la surface des habitats détruits par le projet. Le besoin de véritables méthodes de dimensionnement des mesures compensatoires a été diagnostiqué dès les années 2010 dans des articles scientifiques (Quétier et Lavorel, 2011 ; Jacob *et al.*, 2015), puis par des rapports institutionnels (Dantec, 2017). Les bureaux d'études, dans le cadre de leur activité de rédaction de dossiers d'autorisations environnementales, ont dû développer leurs méthodes, particulièrement dans le cas des projets d'envergure, pour répondre aux demandes de justification des mesures compensatoires proposées. Parmi eux, le bureau d'études ECO-MED a mis au point une méthode dès 2011. C'est le cas également de Biotope (Quétier *et al.*, 2015), ou encore de Naturalia avec des approches méthodologiques substantiellement différentes tout en s'inscrivant dans les mêmes objectifs. Les chercheurs se sont également emparés du sujet et ont proposé diverses méthodes (Bas *et al.*, 2016 ; Bezombes *et al.*, 2018).

Dans cet article, nous présentons la méthode de dimensionnement, MERCI-EHF¹, développée par le bureau d'études ECO-MED sur la base d'une collaboration avec des chercheurs en géographie de l'environnement, et de la méthode expérimentale MERCIe (Mechin et Pioch, 2016). Remplaçant la méthode de 2011, elle a toujours pour but de dimensionner les mesures compensatoires associées à la réglementation sur les espèces protégées (article L411-1 du Code de l'environnement).

L'article expose cette méthode dans le sens de « cheminement à suivre » selon le dictionnaire historique de la langue française Robert. Il s'agit de présenter des modalités de raisonnement du dimensionnement compensatoire relatif aux espèces protégées intégrant les exigences de l'approche standardisée nationale (Andreadakis *et al.*, 2021) et les résultats des nombreuses réflexions scientifiques sur le sujet.

Elle est destinée à être utilisée prioritairement par des experts écologues dans le cadre des procédures d'autorisation environnementale et de dérogation à la réglementation sur la protection des espèces. Nous allons montrer en quoi elle est opérationnelle et comment elle aide à appréhender certains aspects de la complexité de la compensation écologique et de la séquence ERC plus globalement.

1. Méthode d'évaluation rapide de la compensation des impacts écologiques-Espèce-Habitat-Fonction.

2. Centre d'écologie
fonctionnelle
et évolutive.

Origine

La méthode MERCI-EHF trouve son origine dans la combinaison de l'expérience du bureau d'études en écologie ECO-MED en matière de compensation et de dérogation à la réglementation sur les espèces protégées avec les travaux de recherche menés par des géographes de l'environnement spécialisés en aménagement des territoires au sein de l'unité mixte de recherche CEFE² à l'Université Paul Valéry de Montpellier.

Des travaux de recherche sur le sujet de la compensation écologique démarrés dès 2010 (Pioch *et al.*, 2015) ont abouti en 2016 à la proposition d'une méthode expérimentale destinée à dimensionner la compensation des zones humides. Il s'agit de la méthode MERCIe (Mechin et Pioch, 2016) inspirée de la méthode UMAM (*Uniform Mitigation Assessment Method*) développée en Floride. MERCIe a ensuite fait l'objet de recherches supplémentaires, relatives à son adaptation opérationnelle pour une utilisation en bureau d'études, en partenariat avec ECO-MED (Mechin et Pioch, 2019). L'approche d'évaluation adaptée aux écosystèmes humides développée dans MERCIe a évolué pour pouvoir être utilisée dans le cadre des dérogations à la réglementation sur les espèces protégées. En effet, si la séquence ERC s'impose à tout projet soumis à autorisation environnementale, dans les faits, étant donné que l'autorisation environnementale comprend souvent un volet de dérogation à la réglementation sur les espèces protégées, la compensation écologique est souvent déclenchée par la présence d'espèces protégées (Régnery *et al.*, 2013).

Parallèlement, l'insuffisance des mesures compensatoires était mise en évidence par la publication de Weissgerber *et al.* (2019) : rare prise en compte de l'état initial des zones compensatoires, souvent en bon état écologique et donc générateur de très faible plus-value écologique. La publication par le Commissariat général au développe-

ment durable (CGDD) en 2021 du guide de l'approche standardisée du dimensionnement de la compensation (Andreadakis *et al.*, 2021) définissait comme une des exigences incontournables l'intégration de l'état écologique initial des parcelles de compensation pour être en mesure d'évaluer le gain engendré par les mesures. En outre, il a été préconisé par le guide de raisonner en « pertes » et en « gains » de biodiversité et de les évaluer en considérant un large panel de critères écologiques afin de conduire une analyse en termes d'espèces, d'habitats et de fonctions aussi complète que possible.

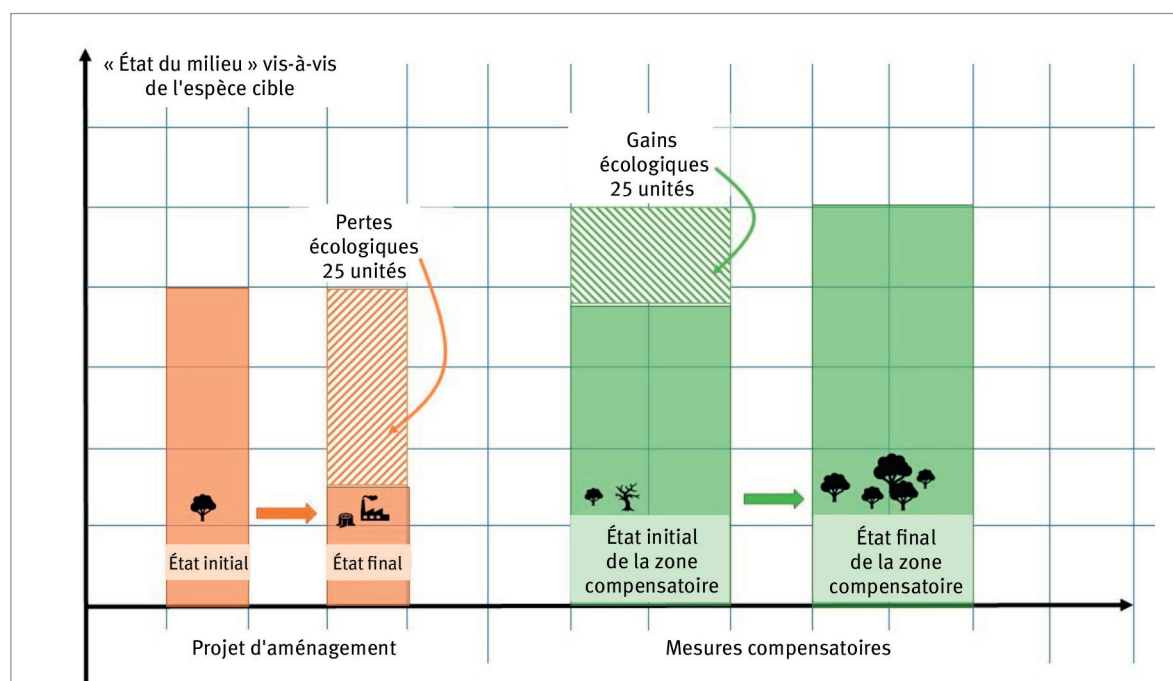
Conscient des faiblesses de la méthode utilisée depuis 2011, ECO-MED s'est tourné vers la méthode MERCIe pour améliorer sa démarche de dimensionnement compensatoire. Ainsi, depuis 2023, après une phase de réflexion et de tests internes, ECO-MED raisonne le dimensionnement de la compensation écologique de projets d'aménagement à l'aide de la méthode MERCI-EHF.

Nous présentons dans cet article la démarche mise en œuvre par ECO-MED pour dimensionner les mesures compensatoires dans le cadre de dérogation à la réglementation sur les espèces protégées. Cette démarche repose sur une approche « Pertes-Gains », conformément aux recommandations nationales.

Une méthode basée sur l'approche « Pertes-Gains »

La méthode est construite selon le raisonnement « pertes » / « gains » (figure 1). Conformément au guide du CGDD, pertes et gains correspondent à un « écart d'état des milieux » (p. 76). Étant utilisée dans le cadre de la réglementation sur les espèces protégées, elle vise à évaluer pertes et gains pour les espèces protégées impactées par un projet d'aménagement. Il s'agit donc d'évaluer pertes et gains espèce par espèce, en considérant le

Figure 1 – L'approche « Pertes-Gains » pour dimensionner la compensation écologique.



milieu impacté sous l'angle de l'habitat de l'espèce et de ses fonctions écologiques vis-à-vis de l'espèce considérée. Toutefois, la méthode est applicable de la même façon pour toute espèce, qu'elle soit protégée ou non.

Les « pertes » correspondent à l'impact écologique d'un projet d'aménagement sur une population d'espèces, ses habitats et les fonctions de ces habitats pour l'espèce. Les gains sont associés à la plus-value écologique engendrée par les mesures compensatoires sur ces mêmes composantes. L'objectif d'absence de perte nette, associé aux mesures compensatoires, se traduit par l'expression « Pertes < ou = Gains ».

La méthode est construite de façon à associer une valeur chiffrée théorique aux pertes et aux gains afin de conclure sur l'absence de perte nette et de dimensionner une compensation écologique qui sera jugée conforme aux attendus réglementaires.

Cette approche suscite des commentaires qu'il est utile d'exposer dès maintenant. En effet, pertes et gains sont avant tout des constructions intellectuelles et les évaluer revient à tenter de quantifier l'incommensurable et l'irremplaçable (la biodiversité). Les résultats obtenus sont forcément discutables du point de vue écologique (Salès *et al.*, 2023). De plus, pour une meilleure opérationnalité, l'état du milieu, et donc les pertes et les gains sont résumés à une seule valeur obtenue en agrégeant divers indicateurs. Ainsi, des objets infiniment complexes sont réduits à une grandeur unique. Pour des raisons pratiques, c'est le choix méthodologique le plus couramment adopté pour ce type d'approche (Fennessy *et al.*, 2007 ; Borges-Matos *et al.*, 2023). Il induit un risque de substituabilité d'un type d'écosystème par un autre, de même score écologique mais différent en termes d'espèces, d'habitats, de fonctions. Cela implique de ne pas se limiter à l'exercice du dimensionnement mais bien de compléter ce type d'évaluation par des diagnostics écologiques permettant d'avoir une vision aussi complète que possible de la situation.

Évaluer les pertes par espèce à l'échelle des habitats

L'évaluation des pertes repose sur le découpage de la zone du projet d'aménagement en grandes unités physionomiques d'habitats, par exemple : milieux humides, milieux boisés, etc. Ces habitats accueillent diverses espèces et présentent une importance écologique (importance de la zone d'étude, IZE) variable pour chacune des espèces, selon les étapes du cycle de vie qu'elles y accomplissent, la localisation de la zone, sa connexion à d'autres habitats, sa rareté, sa naturalité, etc. La zone du projet d'aménagement doit également être découpée selon les différents types d'impacts générés : destruction, altération, etc. Par exemple, un projet d'infrastructure de transport en contexte périurbain traverse une mosaïque de milieu agricole exploité ou abandonné, de jeunes boisements ainsi qu'une ripisylve et un cours d'eau. Dans ce cadre, il convient de considérer l'emprise directe du projet qui va engendrer la destruction irréversible des habitats naturels, une emprise de travaux qui donnera lieu à une restauration écologique post-travaux, et éventuellement, selon les cas, une zone tampon subissant des impacts secondaires : bruits, éclairage, pollutions, vibrations lors de l'exploitation de l'équipement. La

superposition de la cartographie des emprises ci-avant décrite et de la cartographie des habitats naturels permet d'identifier les aires unitaires d'évaluation des impacts, par exemple, milieu ouvert détruit, milieu ouvert restauré après travaux, et milieu ouvert tampon. Cet exemple est développé en annexe 1.

Les pertes sont évaluées pour chaque espèce cible sur chaque aire unitaire d'évaluation. Les pertes totales engendrées par le projet pour cette espèce sont égales à la somme des pertes pour l'espèce, calculées sur chacune des aires unitaires d'évaluation. Ainsi, si nous considérons la Pipistrelle commune qui fréquente la totalité des habitats naturels présents, les pertes totales pour cette espèce seront égales à la somme des pertes sur le milieu ouvert, des pertes sur les jeunes boisements, des pertes sur la ripisylve et sur le cours d'eau.

La figure 2 illustre les principes d'évaluation des pertes et des gains.

La formule repose sur l'écart d'état du milieu, plus précisément sur l'écart de l'importance écologique de la zone d'emprise (IZE) pour l'espèce dont on évalue les pertes, avant le projet et après mise en exploitation du projet. Cet écart correspond à l'intensité de l'impact du projet pour la population de l'espèce considérée. Plus cet écart est grand, plus l'impact est fort. L'IZE après mise en exploitation du projet est définie à partir de l'état projeté, en fonction de l'analyse des effets des pressions engendrées par les travaux et la mise en exploitation du projet. Cet état projeté repose sur les connaissances scientifiques sur les effets des pressions sur l'espèce considérée et sur les observations issues des retours d'expérience de terrain.

Dans notre exemple, notons que l'IZE initiale sera différente pour le jeune boisement, la ripisylve et la friche agricole. L'IZE finale sera nulle sur l'emprise détruite, quelle que soit l'habitat naturel originel. Sur les zones restaurées ou les zones tampons, l'IZE finale sera plus faible que l'IZE initiale mais ne sera pas nulle, car les habitats post-chantier et les habitats de la zone tampon présenteront encore un certain intérêt écologique, bien que moindre par rapport à l'intérêt initial.

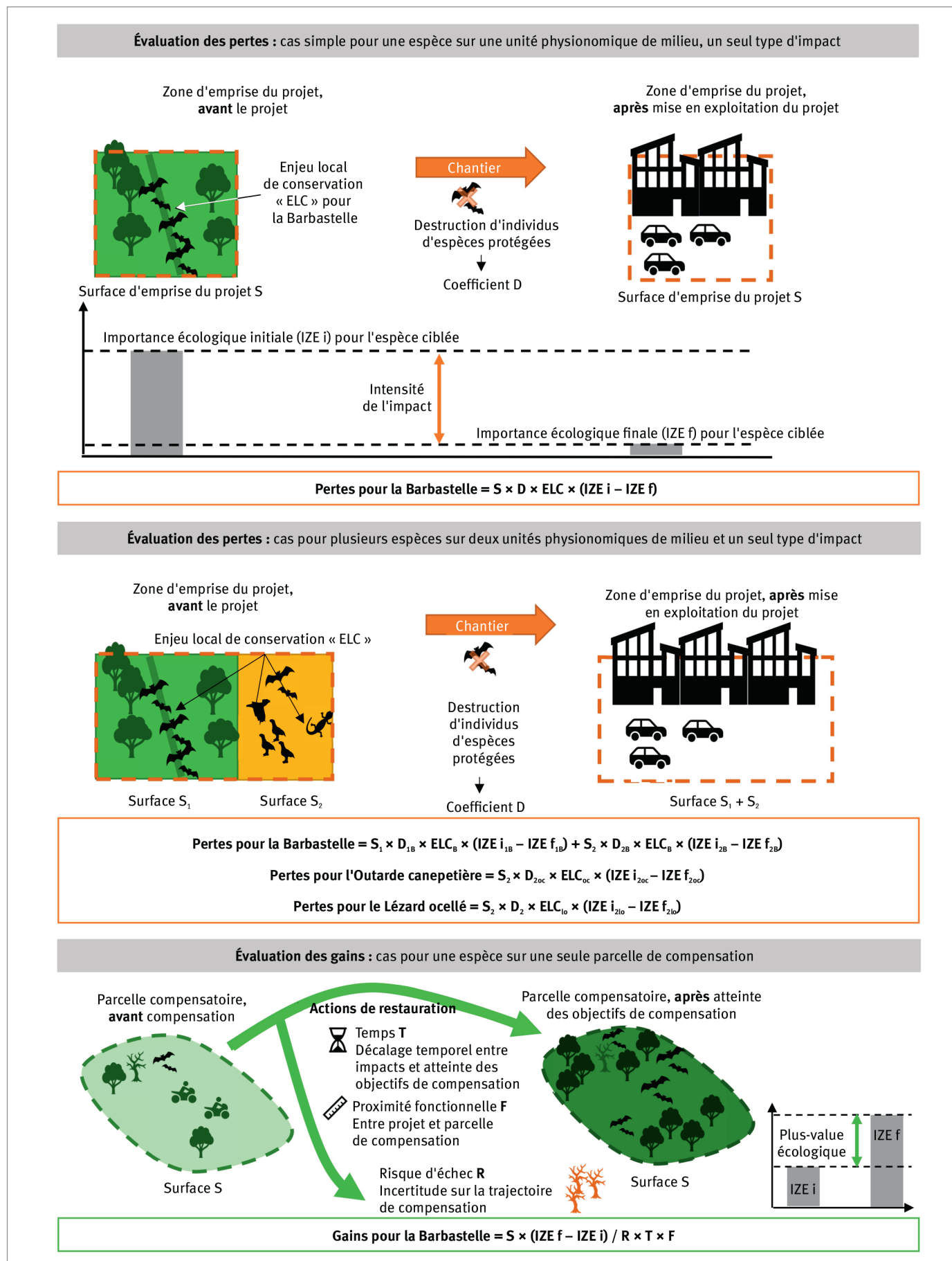
Deux coefficients permettent de donner plus de poids aux pertes en fonction du niveau d'enjeu local de conservation des espèces impactées (coefficient ELC), et dans le cas où le projet entraînerait des destructions d'individus (coefficient D), en cohérence avec la procédure de dérogation à la réglementation sur les espèces protégées.

L'estimation des pertes aboutit à un chiffrage en « unités écologiques » ou « unités compensatoires ». Ces unités n'ont pas de signification tangible sur le terrain. L'objectif est uniquement de pouvoir comparer l'intensité des pertes et des gains pour s'approcher de l'exigence d'« absence de perte nette ».

Démarche d'évaluation des gains

La plus-value des mesures compensatoires doit être évaluée selon les mêmes principes que les pertes écologiques. Elle repose sur la différence d'IZE pour l'espèce considérée entre l'état initial de la parcelle compensatoire et l'état final attendu après atteinte théorique des objectifs de compensation. L'évaluation des gains prend en compte des paramètres supplémentaires par rapport aux pertes, comme illustré sur la figure 2. Ces

Figure 2 – Principes et formules d'évaluation des pertes et des gains par espèce.



paramètres ont pour effet d'amoindrir les gains par rapport à ce qui est théoriquement attendu. Il s'agit d'un coefficient de risque R, traduisant l'incertitude sur les trajectoires écologiques de restauration des milieux. Le coefficient T permet de tenir compte du décalage temporel existant entre la survenue des pertes et l'atteinte des objectifs de restauration. Il incite à ne pas détruire ou altérer des écosystèmes aux dynamiques temporelles lentes. Enfin, le coefficient F tient compte de la proximité géographique et fonctionnelle de la zone de compensation afin de favoriser le choix de parcelles au plus près de la zone aménagée, conformément aux exigences réglementaires.

Si nous reprenons notre exemple d'infrastructure de transport, le besoin compensatoire concernera notamment les habitats de la Pipistrelle commune. Il devra cibler des habitats naturels de même type ou appartenant à la même trajectoire écologique et jouant le même rôle fonctionnel pour l'espèce.

L'évaluation des gains pourra se dérouler en deux temps successifs correspondant à l'avancement du projet au cours de la demande d'autorisation environnementale. Dans un premier temps, il sera nécessaire de déterminer un besoin compensatoire pour guider la prospection foncière de parcelles candidates pour la compensation. Les parcelles compensatoires n'étant à ce stade, par définition, pas connues, leur IZE initiale et leur IZE finale et les coefficients d'ajustement devront reposer sur des hypothèses, optimistes (fort gain écologique) et pessimiste (gain écologique minime) pour donner une fourchette de surface compensatoire à prospecter.

Dans un second temps, lorsque les parcelles compensatoires auront été choisies et les mesures compensatoires complètement définies, les gains pourront être évalués sur la base de l'état initial des parcelles et des objectifs d'état écologique à atteindre vis-à-vis de l'espèce ciblée.

L'objectif d'absence de perte nette sera théoriquement satisfait si la valeur des pertes est égale (ou inférieure) à la valeur des gains.

Les valeurs des IZE et des différents coefficients d'ajustement sont, au stade actuel du développement de la méthode, fixés à dire d'expert selon des critères et des barèmes de notation présentés en annexe 2.

Limites et précautions d'usage

La méthode a été conçue de façon à satisfaire des exigences réglementaires et d'opérationnalité et à respecter les recommandations de standardisation établies par le CGDD dans son guide paru en 2021 (tableau 1). La méthode présente cependant plusieurs limites. Nous avons expliqué en quoi l'approche « Pertes-Gains » par écart d'état des milieux était discutable en réduisant l'infinie complexité du vivant à des grandeurs uniques. De plus, évaluer l'état d'un milieu soulève difficultés et débats notamment en raison de sa portée normative ou politique (Lackey, 2001 ; Turnhout *et al.*, 2007).

En outre, malgré l'étendue du périmètre d'analyse requise par le contexte réglementaire et le contexte d'application, la méthode repose sur les connaissances actuelles (forcément partielles) de la biodiversité et des mécanismes en œuvre, notamment pour les impacts et pour la restauration écologique.

Ces limites imposent de traiter les résultats de l'évaluation « Pertes-Gains » avec une grande prudence et de ne jamais les considérer de façon isolée. Il est impératif de ne jamais oublier la vision simplificatrice véhiculée par une telle méthode et d'appréhender les résultats fournis par les calculs avec du recul et un œil critique, en les accompagnant des données qualitatives et des analyses écologiques complémentaires nécessaires.

Enfin, la méthode MERCI-EHF est appliquée dans un cadre réglementaire contraignant, la procédure de déro-

Tableau 1 – Respect des exigences et recommandations pour le dimensionnement des mesures compensatoires.

Recommandations issues du guide CGDD 2021	Méthode MERCI-EHF
Approche pertes et gains	Oui.
Même méthode pour évaluer les pertes et pour évaluer les gains	Oui.
Prendre en compte l'état initial de la zone aménagée	Oui.
Prendre en compte la totalité de l'aire impactée par le projet	Oui.
Prendre en compte la connectivité entre site impacté et site de compensation	Coefficient de proximité fonctionnelle F
Prendre en compte le contexte paysager dans lequel s'insèrent les sites impactés et de compensation	Fait partie des critères d'évaluation de l'IZE (importance écologique de la zone d'étude pour l'espèce considérée)
Considérer espèces, habitats et fonctions	Font partie des critères d'évaluation de l'IZE
Tenir compte du statut juridique, de l'état de conservation et du zonage	Font partie des critères d'évaluation de l'IZE
Tenir compte de la diversité, du fonctionnement écologique, des dynamiques d'évolution pour l'état du milieu	Font partie des critères d'évaluation de l'IZE et pris en compte au travers du coefficient de décalage temporel T
Tenir compte des éléments écologiques affectés, de la nature et l'intensité de l'impact, de ses conséquences	Expression des pertes par espèce et type de milieu. Pris en compte au travers de l'évaluation de l'IZE et de l'écart entre IZE initiale et IZE finale après impact.
Tenir compte des éléments écologiques ciblés par la compensation, de la nature des mesures, leur intensité et leurs effets	Expression des pertes par espèce et type de milieu. Pris en compte au travers de l'évaluation de l'IZE et de l'écart entre IZE initiale et IZE finale après impact.

gation à la réglementation sur les espèces protégées (R411-1 et suivant du Code de l'environnement). Cela impose un raisonnement centré sur les espèces protégées, excluant de fait, les espèces dites « ordinaires », non protégées, alors qu'un écosystème est le fruit d'interactions complexes entre toutes les espèces qui le composent et leur biotope (Guillet *et al.*, 2019). Cette limite renforce la recommandation d'accompagner le dimensionnement d'un diagnostic écologique plus global, pour que les mesures compensatoires soient profitables à tout le cortège d'espèces occupant un même biotope.

Par ailleurs, les différents indicateurs et en particulier ceux permettant d'attribuer une valeur à l'IZE, sont renseignés à dire d'expert. C'est à ce jour la solution retenue pour être en mesure de faire face à la multiplicité des espèces qui peuvent être concernées par la méthode. Il existe en effet plus de mille huit cents espèces protégées en France. De plus, comme le nécessite le mécanisme des méthodes « Pertes-Gains », il est nécessaire d'évaluer la qualité d'un habitat pour une espèce donnée, par rapport à un état de référence. Or, si cela existe en milieu aquatique sous l'impulsion de la directive cadre sur l'eau qui a imposé de définir le bon état écologique des cours d'eau et les protocoles associés, il n'existe pas, à notre connaissance, d'équivalent en milieu terrestre. Les protocoles existants se rapprochant le plus de notre besoin sont les protocoles d'évaluation de l'état de conservation d'habitats d'intérêt communautaire décliné habitat par habitat. Ils ne sont malgré tout pas opérationnels pour l'approche espèce centrée. La majorité des protocoles existants vise à déterminer la présence d'une espèce ou bien à faire des suivis d'évolution de population par exemple et ne cible pas la question posée dans le cadre de notre approche méthodologique.

Cette limite est contournée par une grille d'aide à la notation (voir annexe 2) et par la retranscription, dans les dossiers d'autorisation, des valeurs retenues pour les IZE et des explications associées, en lien avec le descriptif de l'état initial de la zone d'étude et du projet d'aménagement ou du projet compensatoire permettant la vérification par des tiers.

Toutefois, une piste envisagée est d'associer indicateurs, critères de notation et protocoles définis pour une espèce particulière à partir des connaissances bibliographiques et permettant de conclure de façon plus robuste que le dire d'expert sur l'IZE d'un site ou d'un habitat. Cela ne pourrait être réalisé cependant que pour les espèces les plus étudiées comme par exemple l'Outarde canepetière ou la Tortue d'Hermann.

Une autre limite est liée au choix des bornes des intervalles de variation des coefficients d'ajustement. Les valeurs de ces coefficients influent directement sur la valeur des ratios compensatoires calculées avec la méthode et ont un effet de calibrage sur la méthode. Les bornes des intervalles ont été définies de façon à ce que les ratios moyens obtenus correspondent aux ratios observés dans les autorisations des projets évalués comme respectant les principes de la séquence ERC (exclusion des projets dont les mesures compensatoires n'engendrent aucune plus-value écologique par exemple). Cela constitue une référence, à notre sens, légitime mais discutable, il est vrai.

Ces limites étant clairement posées, elles permettent d'esquisser de premières pistes d'amélioration de la méthode.

Intérêt de la méthode MERCI-EHF

La méthode MERCI-EHF a suivi un mode de développement croisant recherche et expérience pratique afin de trouver un compromis relativement satisfaisant entre exigence scientifique et opérationnalité.

L'architecture de la méthode et la simplicité des formules de calculs rendent tangible pour le maître d'ouvrage la priorité à donner à l'évitement et la réduction sur la compensation, ainsi que la priorité à donner à une compensation générant une importante plus-value écologique. En effet, à partir de l'expression Pertes = Gains, la formule de calcul du ratio compensatoire est la suivante :

$$(S \text{ compensation}) / (S \text{ impactée}) = D \times ELC \times R \times T \times F \times (\Delta IZE \text{ impact}) / (\Delta IZE \text{ compensation})$$

Ainsi, le ratio compensatoire sera d'autant plus élevé que :

- la surface impactée est importante,
- des individus sont détruits,
- le projet impacte des espèces à fort enjeu,
- l'impact global est important,
- le succès des mesures compensatoires est incertain,
- l'écosystème ciblé met du temps à se restaurer,
- le site compensatoire est éloigné du site impacté.

Au contraire, des mesures compensatoires à forte plus-value écologique ont un effet inverse sur le ratio. Cela incite donc à privilégier pour la compensation, des sites très dégradés plutôt que des sites naturels.

De plus, cette simplicité d'architecture et de formules alliée à la nécessaire explication des valeurs des indicateurs données à dire d'expert ouvre la possibilité d'un dialogue argumenté entre parties prenantes (aménageurs, bureaux d'études, services de l'État, associations, etc.). Ce dialogue permet dans une certaine mesure de pallier les limites exposées plus haut car les évaluations des pertes et des gains réalisées peuvent ainsi être discutées sur une base connue et partagée de critères à prendre en considération.

Un autre point d'intérêt est la flexibilité de la méthode. Elle peut être déclinée sur la diversité des projets, des impacts, et des cas écologiques qui peuvent se rencontrer. Elle guide le raisonnement à mener pour appréhender la diversité des cas d'application et tenir compte des différentes notions imposées par la réglementation. En particulier, l'approche générique de la notion d'IZE permet de l'appliquer à la diversité des espèces rencontrées sur le terrain, sous réserve de l'expertise de l'utilisateur. Elle permet également d'appréhender les différents types d'impacts que peuvent subir les habitats. Dans l'exemple cité plus haut, nous avons vu qu'il était possible d'évaluer les pertes écologiques engendrées par les effets indirects de l'aménagement comme l'émission de bruit et ainsi de ne pas limiter le besoin compensatoire à la zone d'emprise propre au projet, ou uniquement à la destruction d'habitat.

La flexibilité de la méthode s'apprécie également en ce qu'elle est applicable dès les stades « amont » des projets (phase d'étude d'opportunité), alors que les relevés de

terrain peuvent être encore incomplets. Cela permet de faire des évaluations de cadrage très tôt dans le développement et la conception des projets pour les faire évoluer de manière itérative vers l'alternative de moindre impact ou d'intégrer aux documents de planification les résultats afin de favoriser l'évitement (zone de plus fortes pertes écologiques potentielles). Le choix de parcelle de compensation peut aussi être facilité, en estimant le gain écologique potentiel à partir d'une première visite de terrain, en complément d'outil existants comme la GEPE³ développée par INRAE et la méthode POGEIS⁴. Dans la majorité des cas, notons que les données manquantes peuvent être remplacées par des hypothèses permettant ainsi de réaliser des premiers calculs et d'envisager divers scénarios. Les réponses rapides obtenues peuvent permettre d'aider à la décision et d'écarter les solutions les plus impactantes pour la biodiversité.

En termes de données nécessaires, MERCI-EHF nécessite les données d'état initial classiques conformément aux pratiques et recommandations des services de l'État, dans le cadre des études réglementaires actuelles (CGDD, 2013).

Concernant son efficacité, le nombre de jours à mobiliser pour un cycle d'application complet sur un projet d'aménagement varie selon la taille, la complexité du projet et les données disponibles. Un cycle d'application complet comprend l'estimation des pertes, l'estimation du besoin compensatoire sur la base d'hypothèse, l'évaluation des gains sur les parcelles compensatoires identifiées. À titre d'exemples : pour un projet simple, c'est-à-dire ne générant qu'un seul type de pression sur une surface réduite (moins de 10 ha environ) et ne comportant qu'un seul type d'écosystème, un jour d'équivalent temps plein est nécessaire ; cinq jours d'équivalent temps plein ou plus sont nécessaires pour des projets complexes, impliquant plusieurs types d'écosystèmes, de nombreuses espèces et deux ou trois types de pressions.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les relecteurs pour leurs commentaires qui ont permis d'améliorer très significativement l'article.

RÉFÉRENCES

- Andreidakis, A., Bigard, C., Delille, N., Sarrazin, F., & Schwab, T. (2021). *Approche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique*. CGDD. <https://side.developpement-durable.gouv.fr/Default/doc/SYRACUSE/794609/approche-standardisee-du-dimensionnement-de-la-compensation-ecologique-guide-de-mise-en-oeuvre>
- Bas, A., Jacob, C., Hay, J., Pioch, S., & Thorin, S. (2016). Improving marine biodiversity offsetting : A proposed methodology for better assessing losses and gains. *Journal of Environmental Management*, 175, 46-59. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.03.027>
- Bezombes, L., Gaucherand, S., Spiegelberger, T., Gouraud, V., & Kerbiriou, C. (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. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.027>
- Borges Matos, C., Maron, M., & Metzger, J. (2023). A Review of Condition Metrics Used in Biodiversity Offsetting. *Environmental Management*, 72(4), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s00267-023-01858-1>
- CGDD. (2013). *Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire, et compenser les impacts sur les milieux naturels*. Commissariat général au développement durable.
- 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.
- Fennessy, M. S., Jacobs, A. D., & Kentula, M. E. (2007). An evaluation of rapid methods for assessing the ecological condition of wetlands. *Wetlands*, 27, 543-560. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2007\)27\[543:AEORMF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2007)27[543:AEORMF]2.0.CO;2)

Conclusion

Cette méthode est destinée avant tout à être utilisée par les bureaux d'études, dans le cadre de l'élaboration des dossiers réglementaires d'autorisation environnementale. Appliquée dès les phases d'études d'opportunité, elle devient un véritable outil d'aide à la conception de projets d'aménagement. Le profil des utilisateurs est un profil d'expert de la biodiversité maîtrisant les connaissances nécessaires sur la biologie des espèces et des populations d'espèces ciblées par les mesures compensatoires. Pour autant, la lecture des résultats et la démonstration d'équivalence entre pertes et gains est facilitée pour les aménageurs et les services instructeurs ou toute autre partie prenante d'un projet.

La méthode permettant de calculer des unités écologiques par espèce, générées par la restauration d'un habitat dans son ensemble, elle semble *a priori* utilisable pour le calcul de crédits de compensation pour la compensation par l'offre ou SNCRR (UCRR)⁵. Une réflexion plus approfondie reste toutefois nécessaire afin d'envisager les éventuelles adaptations à prévoir pour le fonctionnement spécifique des SNCRR (suivi des UCRR vendues, etc.).

Les perspectives d'amélioration concernent en priorité l'association de métriques plus robustes et adaptées à chaque espèce ou groupes d'espèces, pour évaluer l'importance écologique d'une zone et restreindre le dire d'expert.

Les limites de la méthode étant posées, sa mise en œuvre, respectant les préconisations du CGDD (2021) pour un dimensionnement plus ambitieux des mesures compensatoires, et facilitant la compréhension des enjeux et le dialogue entre les acteurs de l'aménagement, nous apparaît comme pouvant contribuer à une meilleure application de la séquence ERC et à la diminution des impacts sur la biodiversité. ■

3. Grille d'évaluation de la pertinence écologique.

4. Méthode d'évaluation du potentiel de gain écologique de sites terrestres.

5. SNCR : site naturel de compensation, de restauration et de renaturation ; UCRR : unité de compensation, de restauration et de renaturation.

RÉFÉRENCES

- Guillet, F., Lefloch, C., & Julliard, R. (2019). Séquence Éviter-Réduire-Compenser: quelle biodiversité est visée par les mesures d'évitement ? *Sciences Eaux & Territoires*, (Articles hors-série 2019), 1-8. <https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2019.HS.07>
- Jacob, C., Quétier, F., Aronson, J., Pioch, S., & Levrel, H. (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*, 3 (14). <https://doi.org/10.4000/vertigo.15385>
- 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(6), 437-443. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0437:VPAEH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0437:VPAEH]2.0.CO;2)
- Mechin, A., & Pioch, S. (2016). Une méthode expérimentale pour évaluer rapidement la compensation en zone humide. *La méthode MERcle : Principes et applications*. Onema. <https://shs.hal.science/halshs-02920324v1>
- Mechin, A., & Pioch, S. (2019). Séquence ERC : Comment améliorer l'utilisation des méthodes de dimensionnement de la compensation écologique ? *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 19(3). <https://doi.org/10.4000/vertigo.27310>
- Pioch, S., Barnaud, G., & Coïc, B. (2015). Méthodes de dimensionnement des mesures compensatoires pour les zones humides. Dans H. Levrel, N. Frascaria-Lacoste, J. Hay, G. Martin, S. Pioch (dirs), *Restaurer la Nature pour atténuer les impacts du développement : analyse des mesures compensatoires pour la biodiversité* (pp. 220-223). Éditions Quae.
- Quétier, F., Moura, C., Menut, T., Boulnois, R., & Rufray, X. (2015). La compensation écologique fonctionnelle : Innover pour mieux traiter les impacts résiduels des projets d'aménagements sur la biodiversité. *Sciences Eaux & Territoires*, (17), 24-29. <https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2015.17.05>
- Quétier, F., & Lavorel, S. (2011). Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes : Key issues and solutions. *Biological Conservation*, 144(12), 2991-2999. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.09.002>
- Salès, K., Marty, P., & Frascaria-Lacoste, N. (2023). Tackling limitations in biodiversity offsetting? A comparison of the Peruvian and French approaches. *Regional Environmental Change*, 23(4), 145. <https://doi.org/10.1007/s10113-023-02143-x>
- Regnery, B., Couvet, D., & Kerbiriou, C. (2013). Offsets and Conservation of the Species of the EU Habitats and Birds Directives. *Conservation biology*, 27(6), 1335-1343. <https://doi.org/10.1111/cobi.12123>
- Turnhout, E., Hisschemöller, M., & Eijssackers, H. (2007). Ecological indicators: Between the two fires of science and policy. *Ecological Indicators*, 7(2), 215-228. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.12.003>
- Weissgerber, M., Roturier, S., Julliard, R., & Guillet, F. (2019). Biodiversity offsetting: Certainty of the net loss but uncertainty of the net gain. *Biological Conservation*, 237, 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.036>

ANNEXE ①

Considérons un projet d'élargissement d'infrastructure de transport en contexte périurbain dans le Sud de la France. Ce projet s'étend sur une longueur de 6,8 km pour une emprise totale de travaux de 119 ha environ. Après travaux, 8 ha seront restaurés et le projet s'étendra sur une emprise de 111 ha. Le projet s'implante sur une mosaïque de milieux agricoles plus ou moins abandonnés et sur un périmètre déjà anthropisé et imperméabilisé (infrastructure routière et zone commerciale et résidentielle). Les habitats présentant le plus d'intérêt écologique sont des ripisylves plus ou moins bien conservées.

La première étape du raisonnement consiste à décomposer les emprises selon leur destination finale (restauration écologique ou aménagement) et à décomposer les habitats naturels en grandes unités physiologiques de milieux (voir tableau ①). Chaque grande unité de milieu accueille un cortège d'espèce diversifiée qui y accomplit une partie ou la totalité de son cycle de vie.

Tableau ① – Surfaces d'habitats impactés.

Type de milieu	Emprise de l'aménagement final	Emprise restaurée après travaux
Habitats agricoles	8,3 ha	1,3 ha
Pelouses sèches et garrigues	33,2 ha	2,9 ha
Guarrigues, Fourrés tempérés et méditerranéo-montagnard, maquis, matorrals arborescents et fourrés thermo-méditerranéens	13,5 ha	1,9 ha
Alignements d'arbres, petits bois anthropiques, boisements récemment abattus et stades initiaux de boisements et taillis	14,9 ha	0,8 ha
Forêts riveraines méditerranéennes	2,6 ha	0,5 ha
Milieu artificialisé	38,6 ha	0,7 ha
Total	111,1 ha	8,1 ha
Surface totale d'habitats naturels impactés	72,5 ha	7,4 ha

Parmi celles-ci, nous pouvons nous intéresser par exemple à la Pipistrelle commune. Pour évaluer les pertes engendrées par le projet sur cette espèce, il est nécessaire de qualifier l'IZE de chaque secteur aménagé pour la Pipistrelle commune. S'agissant d'une infrastructure linéaire qui s'insère dans des contextes paysagers différents tout au long de son tracé, nous avons choisi de définir les IZE polygones d'habitat naturel par polygone d'habitat naturel, puis d'évaluer les pertes à l'échelle de chaque polygone d'habitat naturel, puis de les additionner pour obtenir les pertes par grand type de milieu. Le tableau ② illustre ces calculs pour quelques polygones d'habitats naturels.

Tableau ② – Exemples de calculs d'IZE initiale par polygone d'habitat naturel pour la Pipistrelle commune. Cf. figures ① et ② pour la localisation des polygones.

Habitat naturel	Surface impactée	Importance fonctionnelle	Rôle fonctionnel	Rareté	Naturalité	IZE i
Bois riverain dominé par les Frênes	0,234 ha (détruite)	5 Potentialité de gîte de reproduction, alimentation, corridor de transit important	4 Réservoir, transit mais petite partie	5 Contexte urbain, arbres de haut jet	2,5	4,12
Mosaïque de friches à graminées x bosquet de jeunes Pin d'Alep	2,070 ha (détruite)	2 Alimentation de faible qualité	1 Puit	2	2,5	1,87
Vigne	0,260 ha (détruite)	1 Transit simple	1	0	2,0	1,01
Bois riverain dominé par les Frênes	0,369 ha (restaurée)	5	4	5	2,18	4,05
Vigne	0,359 ha (restaurée)	1	3	0	2,25	1,56

L'évaluation des pertes nécessite de renseigner les deux coefficients ELC et D :

- ELC = 1,3, car l'enjeu local de conservation de l'espèce est modéré ;
- D = 1,25, aucun individu ne devrait être détruit au cours du chantier, en raison des mesures d'évitement et de réduction (respect du calendrier écologique et abattage de moindre impact). Cependant, des mortalités par collision routière pourront survenir en phase d'exploitation.

Les pertes pour les polygones étudiés sont calculées dans le tableau ③.

Tableau ③ – Évaluation des pertes sur l'emprise du projet sur les habitats de la Pipistrelle commune.

Habitat naturel	Surface détruite	IZE i	IZE f	ELC	D	Pertes unitaires
Bois riverain dominé par les Frênes	0,234 ha	4,12	0	1,3	1,25	1,56
Mosaïque de friches à graminées x bosquet de jeunes Pin d'Alep	2,070 ha	1,87	0	1,3	1,25	6,29
Vigne	0,260 ha	1,01	0	1,3	1,25	0,42
Bois riverain dominé par les Frênes	0,369 ha	4,05	0,25 % IZEi 1,01	1,3	1,25	1,82
Vigne	0,359 ha	1,56	75 % IZEi 1,17	1,3	1,25	0,23

ANNEXE ① (suite)

Tableau ③ – Évaluation des pertes sur l'emprise du projet sur les habitats de la Pipistrelle commune.

Habitat naturel	Surface détruite	IZE i	IZE f	ELC	D	Pertes unitaires
Bois riverain dominé par les Frênes	0,234 ha	4,12	0	1,3	1,25	1,56
Mosaïque de friches à graminées x bosquet de jeunes Pin d'Alep	2,070 ha	1,87	0	1,3	1,25	6,29
Vigne	0,260 ha	1,01	0	1,3	1,25	0,42
Bois riverain dominé par les Frênes	0,369 ha	4,05	0,25 % IZEi 1,01	1,3	1,25	1,82
Vigne	0,359 ha	1,56	75 % IZEi 1,17	1,3	1,25	0,23

En outre, la littérature scientifique montre que les différentes espèces de Pipistrelle s'éloignent des grosses infrastructures routières qui ont un effet fragmentant sur leur territoire (Claireau *et al.*, 2019)¹. Cet impact peut être pris en compte par l'évaluation de pertes sur une zone tampon. Sa fonctionnalité est ainsi altérée, ce qui se traduit par une dégradation de son IZE après mise en service de l'équipement.

Il reste cependant difficile de caractériser une distance seuil d'éloignement ou de perturbation, en l'absence de donnée de ce type dans la littérature scientifique. Afin d'illustrer notre raisonnement pour cet exemple, nous fixons arbitrairement à 100 m la distance de perturbation et le rayon de la zone tampon.

Pour évaluer l'écart d'IZE, il faut tenir compte qu'une infrastructure routière existe déjà, avec une fréquentation importante. Cet impact existant se retrouve dans la faiblesse des IZE initiales. L'infrastructure étant plus importante, cet impact sur la zone tampon sera cependant plus élevé que l'effet pré-existant. Aussi, de façon très simplificatrice, on peut traduire ce renforcement de l'impact par une légère baisse de l'IZE sur l'ensemble de la zone tampon (IZE initiale – IZE finale = 0,25). Ainsi, on n'évalue pas l'IZE polygone d'habitat naturel par polygone, mais on fait une estimation de la dégradation fonctionnelle traduite par le Delta IZE.

Sur cette zone, le coefficient D sera de 1 car ce n'est pas cette zone qui génère une éventuelle mortalité mais bien la zone d'emprise.

Les pertes engendrées par le projet sur la zone tampon sont évaluées dans le tableau ④.

Tableau ④ – Évaluation des pertes sur la zone tampon sur les habitats de la Pipistrelle commune.

	Surface	IZE i – IZE f	D	ELC	Pertes sur la zone tampon
Habitats agricoles	115 ha	0,25	1	1,3	37 unités
Pelouses sèches et garrigues	/	/	/	/	/
Garrigues, fourrés tempérés et méditerranéo-montagnard, maquis, matorrals arborescents et fourrés thermo-méditerranéens	7 ha	0,25	1	1,3	2 unités
Alignements d'arbres, petits bois anthropiques, boisements récemment abattus et stades initiaux de boisements et taillis	24 ha	0,25	1	1,3	8 unités
Forêts riveraines méditerranéennes	16 ha	0,25	1	1,3	5 unités
Milieu artificialisé	95 ha	/	/	/	/

Les pertes totales engendrées par le projet correspondent à la somme des pertes sur l'emprise et sur la zone tampon. Elles sont présentées sur le tableau ⑤.

Tableau ⑤ – Évaluation des pertes totales engendrées par le projet sur les habitats de la Pipistrelle commune.

	Pertes sur l'emprise	Pertes sur la zone tampon	Pertes totales
Habitats agricoles	0,42 + 0,23 + ... = 13 unités	37 unités	50 unités
Pelouses sèches et garrigues	... + ... = 42 unités	/	42 unités
Garrigues, fourrés tempérés et méditerranéo-montagnard, maquis, matorrals arborescents et fourrés thermo-méditerranéens	6,29 + ... + ... = 31 unités	2 unités	33 unités
Alignements d'arbres, petits bois anthropiques, boisements récemment abattus et stades initiaux de boisements et taillis	... + ... = 38 unités	8 unités	46 unités
Forêts riveraines méditerranéennes	1,56 + 1,82 + ... + ... = 18 unités	5 unités	23 unités

1. Claireau, F., Bas, Y., Pauwels, J., Barré, K., Machon, N., Allegrini, B., Puechmaille, S., & Kerbiriou, C. (2019). Major roads have important negative effects on insectivorous bat activity. *Biological Conservation*, (235), 53-62.

ANNEXE 1 (suite)

Pour la partie compensatoire, la première étape sera d'estimer un ordre de grandeur des surfaces requises pour guider la prospection des parcelles. En effet, d'après la formule Pertes = Gains, les surfaces compensatoires peuvent être calculées ainsi :

$$\text{Surface compensatoire} = \text{Pertes} \times R \times T \times F / \Delta \text{ IZE compensation}$$

Les parcelles compensatoires n'étant pas encore connues, nous faisons des hypothèses pour attribuer des valeurs aux différents termes de l'équation.

Dans un scénario compensatoire à plus-value écologique significative, nous pouvons imaginer que $\Delta \text{ IZE compensation} = 2$.

À l'opposé, dans un scénario à faible plus-value écologique, $\Delta \text{ IZE compensation} = 0,5$.

Ainsi, les prospections foncières peuvent se baser sur les fourchettes de surface suivantes, pour la Pipistrelle commune (tableau 6).

Tableau 6 – Estimation des surfaces compensatoires requises pour la Pipistrelle commune et le cortège d'espèces associées.

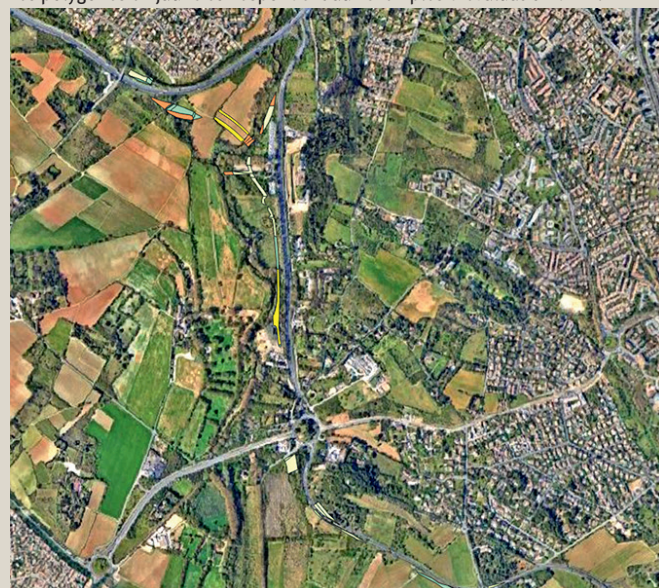
	T	R	F	IZE f – IZE i	Surface	IZE f – IZE i	Surface
Habitats agricoles	1	1	1,25	2	31 ha	0,5	125 ha
Pelouses sèches et garrigues	1	1	1,25	2	26 ha	0,5	105 ha
Garrigues, fourrés tempérés et méditerranéo-montagnard, maquis, matorrals arborescents et fourrés thermo-méditerranéens	1,25	1	1,25	2	26 ha	0,5	103 ha
Alignements d'arbres, petits bois anthropiques, boisements récemment abattus et stades initiaux de boisements et taillis	1,5	1,25	1,25	2	54 ha	0,5	216 ha
Forêts riveraines méditerranéennes	1,5	1,25	1,25	2	27 ha	0,5	107 ha
Surface totale tout habitat confondu					164 ha		656 ha

Ainsi, un projet impactant directement 80 ha constitués essentiellement d'habitats d'alimentation (de plus ou moins bonne qualité) pour la Pipistrelle commune, ainsi qu'en proportion moindre, d'un corridor écologique comportant des gîtes, nécessite une surface compensatoire de plus de 160 ha à près de 650 ha selon la plus-value écologique des mesures compensatoires. L'estimation de cette surface doit être accompagnée de critères écologiques pour guider la recherche compensatoire et correspondant au potentiel de restauration en faveur de la Pipistrelle commune et du cortège d'espèces associées.

Figure 1 – Polygones d'habitats naturels de l'emprise détruite.
Les polygones en jaune correspondent aux exemples d'évaluation d'IZE.



Figure 2 – Polygones d'habitats naturels de l'emprise restaurée.
Les polygones en jaune correspondent aux exemples d'évaluation d'IZE.



ANNEXE 2

Le coefficient T est déterminé à partir du nombre d'années entre le démarrage du chantier et l'année présumée d'atteinte des objectifs de compensation.

Tableau 1 – Valeurs possibles des coefficients d'ajustement.

Coefficient	Valeur égale à 1		Valeur égale à 1,25		Valeur égale à 1,5	
D	Toutes les mesures sont prises pour éviter la destruction d'individus en phase chantier.		Des mesures de réduction sont prises mais la destruction d'individus n'est pas exclue. La demande de dérogation porte notamment sur la destruction d'individus.		Le projet engendrera la destruction d'individus.	
R	Toutes les mesures sont prises pour éviter la destruction d'individus en phase chantier.		Des mesures de réduction sont prises mais la destruction d'individus n'est pas exclue. La demande de dérogation porte notamment sur la destruction d'individus.		Le projet engendrera la destruction d'individus.	
F	Zone de compensation connectée avec d'autres sous-populations de l'espèce ciblée : déplacement entravé ni par des obstacles ni par la distance et dont la proximité avec le site impacté ne génère pas un effet puit.		Zone de compensation connectée avec d'autres sous-populations de l'espèce ciblée mais déplacement modérément entravé par des obstacles et par la distance pour l'espèce ciblée et dont la proximité avec le site impacté ne génère pas un effet puit.		Zone de compensation faiblement ou pas connectée pour l'espèce ciblée et dont la proximité avec le site impacté ne génère pas un effet puit.	
T	Moins de 5 ans		Entre 5 et 30 ans		Plus de 30 ans	
ELC	Nul	Très faible	Faible	Modéré	Fort	Très fort
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

L'IZE est une évaluation à dire d'expert de l'intérêt écologique d'un site pour une espèce donnée. Elle varie d'un intérêt nul, c'est-à-dire que l'espèce ne peut y accomplir aucune des étapes de son cycle de vie, et est absente ou de passage occasionnel sur le site, à un intérêt maximal, correspondant à l'état de référence. Cet état de référence correspond à l'habitat de référence, l'habitat naturel d'origine ou le meilleur habitat historiquement connu pour l'espèce considérée.

Le tableau 2 constitue une aide à la notation. Les valeurs varient de 0,25 en 0,25.

Tableau 2 – Aide à la notation de l'IZE.

Critère	Importance fonctionnelle	Rôle fonctionnel à l'échelle paysage	Rareté	Naturalité
	<i>Est-ce que la zone d'étude constitue un habitat de plus ou moins grande qualité en termes de reproduction, repos, alimentation, transit pour l'espèce considérée ?</i>	<i>La zone d'étude est-elle incluse dans un réservoir, un corridor ou un puit pour l'espèce considérée ?</i>	<i>La zone d'étude est-elle composée d'habitats rares ou bien représentés à l'échelle de la population locale de l'espèce ? (Tenir compte du rayon de déplacement de l'espèce)</i>	Combinaison de l'intégrité biophysique de l'occupation du sol, de la spontanéité des processus écologiques sur le site et de la continuité spatio-temporelle, conformément à la définition proposée par Guetté <i>et al.</i> (2018). Le degré de naturalité est qualifié à l'aide de la cartographie de naturalité potentielle établie dans le cadre du projet CARTNAT piloté par l'UICN France (résolution 20 m).
[4,5 ; 5]	La zone d'étude permet la réalisation optimale de toutes les fonctions du cycle de vie de l'espèce	La zone d'étude est incluse dans un réservoir pour l'espèce considérée et constitue une grande partie de sa superficie	Habitat unique dans le rayon de déplacement de l'espèce considérée, à l'échelle de la population locale	Guetté, A., Carruthers-Jones, J., Godet, L., & Robin, M. (2018). « Naturalité » : concepts et méthodes appliqués à la conservation de la nature. <i>Cybergeo: European Journal of Geography</i> .
[3,5 ; 4,5]	La zone d'étude permet la réalisation de toutes les fonctions du cycle de vie de l'espèce, mais pas de façon optimale, ou bien la zone d'étude est une zone de reproduction très importante pour la survie de l'espèce, ou bien une zone d'alimentation d'importance, connectée à une zone de reproduction...	La zone d'étude est incluse dans un réservoir de l'espèce mais n'en occupe qu'une petite partie	Habitat très rare dans le rayon de déplacement de l'espèce considérée, à l'échelle de la population locale	
[2,5 ; 3,5]	La zone d'étude est une zone d'alimentation de très bonne qualité, mais pas une zone de reproduction ou l'inverse	La zone d'étude est fortement connectée à un réservoir de l'espèce	Habitat peu répandu dans le rayon de déplacement de l'espèce considérée, à l'échelle de la population locale	
[1,5 ; 2,5]	La zone d'étude est une zone d'alimentation de qualité non optimale, mais pas une zone de reproduction ou l'inverse	La zone d'étude est incluse dans un corridor principal pour l'espèce considérée	Habitat répandu mais les zones adjacentes (ou connectées) ne présentent pas ce type d'habitat	
[0,5 ; 1,5]	La zone d'étude est une zone de transit seulement, ou d'alimentation très occasionnelle	La zone d'étude est incluse dans un corridor secondaire pour l'espèce considérée	Habitat très répandu, les zones adjacentes (ou connectées) présentent (en partie) le même type d'habitat	
[0 ; 0,5]	La zone d'étude est une zone de transit très occasionnelle pour l'espèce ou n'est pas du tout fréquentée par l'espèce	La zone d'étude est un puit pour l'espèce considérée	Habitat extrêmement courant, ou artificialisé, ou sans aucun rôle fonctionnel pour l'espèce ciblée	

ANNEXE 2 (suite)

L'écart d'IZE entre l'état initial et l'état final (Delta IZE) pour la zone compensatoire, ou plus-value écologique d'une mesure compensatoire considérée sur une parcelle compensatoire est évaluée espèce par espèce. L'IZE peut varier théoriquement entre 0 et 5, 5 correspondant à l'importance écologique la plus élevée, il est dans la pratique impossible ou irréaliste de restaurer une parcelle de compensation avec un objectif d'importance écologique finale de 5, ou même de 4, tout en partant d'une IZE initiale nulle. Nous considérons que les valeurs possibles du Delta IZE pouvait varier entre 0,25 et 3,5 au maximum. Nous avons établi 3 classes, au sein desquelles le Delta IZE peut varier de 0,5 en 0,25 (tableau 5). À l'intérieur d'une classe, le choix d'une valeur entre les différents incréments de 0,25 dépend de :

- l'écologie de l'espèce et sa sensibilité aux améliorations de l'écosystème,
- de l'intensité des améliorations (c'est-à-dire du nombre de facteurs d'amélioration visant une même fonction. Par exemple : une zone d'alimentation améliorée par la diversification des faciès, la création de dépressions humides, la mise en place de pratiques de gestion favorables, etc.)
- du nombre d'étapes du cycle de vie de l'espèce touchées par la mesure.

Tableau 5 – Aide au choix du Delta IZE pour la compensation (plus-value écologique).

Valeur du Delta IZE	Plus-value écologique (Delta IZE)	Type d'effet des mesures compensatoires mise en œuvre dans la parcelle sur l'espèce ciblée
0.25 à 1.5	Faible à très faible	Amélioration d'une fonction existante Ex. : renforcement d'une haie ou d'une ripisylve existante Libre évolution d'un jeune boisement Et/Ou Limitation des pressions anthropiques par l'encadrement des pratiques, la mise en défens, etc. Ex. : limitation du pâturage, favorisation de la diversification de strates, dépressage
1.75 à 2.5	Modérée	Amélioration d'une fonction existante et développement d'une nouvelle fonction Ex. : entretien/amélioration d'un milieu ouvert (alimentation) et plantation d'une haie reproduction, ou corridor de transit) Ou Amélioration d'une fonction existante et restauration biologique des sols/dépollution des sols Ou Développement d'une nouvelle fonction et restauration biologique des sols/dépollution des sols Ou Amélioration de plusieurs fonctions existantes au moyen de plusieurs actions permettant une amélioration particulièrement significative de l'existant
2.75 à 3.5	Forte	Amélioration d'une ou plusieurs fonctions existantes Et Développement d'une nouvelle fonction Et Restauration biologique des sols / dépollution des sols