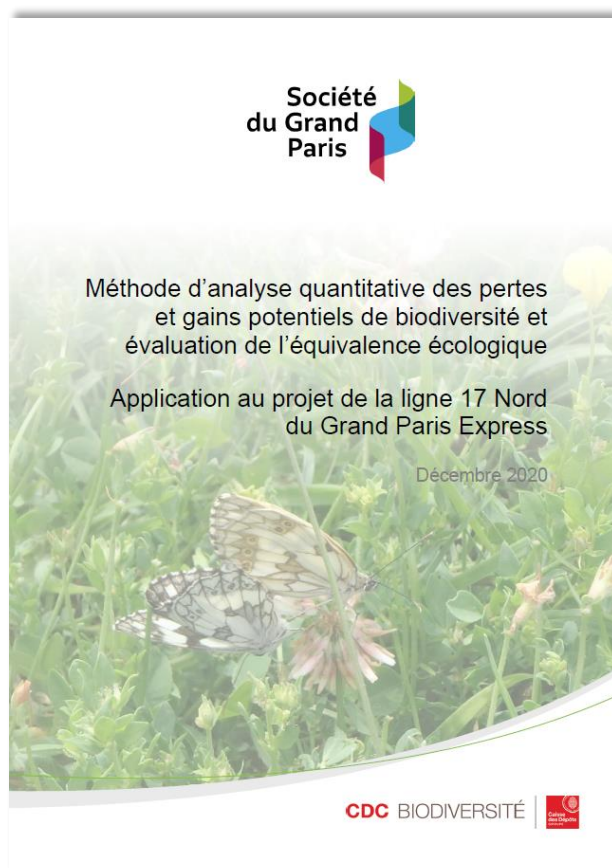


GRAND PARIS EXPRESS

Développement d'une méthode d'évaluation de l'équivalence écologique pour le dimensionnement des mesures de compensation du projet du Grand Paris Express

Cas d'application à la Ligne 17 Nord

Février 2021



Titre du document : Développement d'une méthode d'évaluation de l'équivalence écologique pour le dimensionnement des mesures de compensation du projet du Grand Paris Express

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

Sommaire

PROPOS INTRODUCTIFS	3
1. LES ORIGINES DE LA METHODE	4
1.1. La séquence ERC et les principes d'absence de perte nette de biodiversité et d'équivalence écologique	4
1.2. La Ligne 17 Nord et ses mesures de compensation	5
1.3. Etat des lieux en matière de dimensionnement des mesures de compensation écologique	8
1.4. Eléments de cadrage de la méthode	8
2. ARCHITECTURE ET PRESENTATION DE LA METHODE	11
2.1. Schéma et formule générale de l'équivalence écologique	11
2.2. Notions préalables	12
2.3. Les deux niveaux d'analyses	13
2.4. Architecture et présentation générale de la méthode	14
3. POINTS DE METHODE DEVELOPPES ET CAS D'APPLICATION ILLUSTRES	16
3.1. Calcul de la variation théorique des effectifs et évaluation de l'équivalence écologique sur la composante « espèces »	16
3.2. Calcul de la variation théorique de la qualité des habitats et évaluation de l'équivalence écologique sur la composante « habitats »	24
4. CHAMPS D'APPLICATION ET LIMITES	32
REFERENCES	33

PROPOS INTRODUCTIFS

L'évolution du cadre réglementaire, notamment à travers la loi pour la reconquête de la biodiversité de 2016, a renforcé les dispositions relatives à la mise en œuvre de la compensation écologique.

En conformité avec la doctrine ERC, la définition des mesures de compensation doit respecter un certain nombre de principes règlementaires, dont notamment l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité.

Dans ce contexte, l'évaluation de l'équivalence entre les pertes de biodiversité engendrées par les impacts et les gains apportés par les mesures de compensation suscite des questions scientifiques et techniques quant aux concepts et connaissances à mobiliser et aux méthodes d'évaluation à développer et mettre en œuvre pour pouvoir justifier du bon dimensionnement des mesures de compensation.

De ce constat et des problématiques soulevées lors de l'instruction des demandes d'autorisation environnementales conduites dans le cadre du projet de Grand Paris Express, c'est donc posé la question suivante :

Comment quantifier les pertes et les gains potentiels de biodiversité et évaluer l'équivalence écologique pour justifier l'atteinte de l'objectif d'absence de perte nette dans le cadre du projet du Grand Paris Express ?

Ces questions ont mis en exergue l'absence de cadre méthodologique existant à l'échelle nationale, ce qui a conduit la Société du Grand Paris à engagé le développement d'une méthode spécifique, adaptée aux caractéristiques du projet du Grand Paris Express, avec pour objectif de proposer une méthode d'analyse quantitative qui permette de comparer les pertes de biodiversité engendrées par les impacts du projet et les gains potentiels apportés par les mesures de compensation écologique pour évaluer l'équivalence entre pertes et gains et justifier de l'atteinte de l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité. Il s'agissait de pouvoir proposer une méthode permettant de justifier le bon dimensionnement des mesures de compensation sur la base d'une évaluation quantitative comparative des pertes et des gains potentiels de biodiversité, qui aille au-delà de la logique surfacique classiquement appliquée, et qui s'attache à intégrer des critères écologiques fondamentaux.

Le développement de cette méthode a été confié à CDC Biodiversité, qui en a défini les contours et principes fin 2019. La méthode a ensuite été développée sur le 1^{er} semestre 2020, avec une application opérationnelle au projet de la Ligne 17 Nord et des ajustements apportés sur le second semestre 2020.

Le présent rapport propose une présentation synthétique des travaux réalisés dans le cadre du développement de cette méthode et de son application au projet de la Ligne 17 Nord. Il ne constitue pas la méthode à part entière, mais en présente le contexte, l'architecture générale et en développe quelques points méthodologiques spécifiques, illustrés par des résultats d'application opérationnelle.

1. LES ORIGINES DE LA METHODE

1.1. La séquence ERC et les principes d'absence de perte nette de biodiversité et d'équivalence écologique

La préservation du patrimoine biologique est un impératif majeur des politiques environnementales de sauvegarde de la biodiversité. Le Code de l'environnement précise ainsi que la connaissance, la protection, la mise en valeur, la restauration, la remise en état, la gestion, la préservation de sa capacité à évoluer et la sauvegarde des services que la biodiversité fournit sont d'intérêt général et concourent à satisfaire les besoins de développement et la santé des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.

1.1.1. La séquence ERC « éviter, réduire, compenser »

Le Code de l'environnement fixe en particulier des objectifs de restauration et de maintien l'état de conservation des espèces, habitats naturels et fonctions écologiques notamment en appliquant le principe de prévention défini par son article L.110-1 selon lequel l'action préventive et la correction des atteintes à l'environnement doivent, en priorité, porter sur la source et utiliser les meilleures techniques disponibles à un coût économique acceptable.

Tout projet pouvant porter atteinte à la biodiversité doit chercher en premier lieu à éviter les impacts, à défaut à les réduire. Si après mise en place des mesures d'évitement et de réduction, des impacts résiduels significatifs persistent, des mesures compensatoires doivent être engagées pour permettre de contrebalancer ces impacts.

Cette compensation doit se faire en respectant un certain nombre de principes fondamentaux, dont l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité et l'équivalence écologique.

« Le principe d'action préventive et de correction [...] implique d'éviter les atteintes à la biodiversité et aux services qu'elle fournit ; à défaut, d'en réduire la portée ; enfin, en dernier lieu, de compenser les atteintes qui n'ont pu être évitées ni réduites, en tenant compte des espèces, des habitats naturels et des fonctions écologiques affectées.

Ce principe doit viser un objectif d'absence de perte nette de biodiversité, voire tendre vers un gain de biodiversité » (article L. 110-1 du Code de l'environnement).

1.1.2. L'objectif d'absence de perte nette de biodiversité

L'objectif d'absence de perte nette de biodiversité est l'objectif selon lequel les pertes de biodiversité liées à un projet engendrant des impacts résiduels doivent se voir apporter des gains au moins équivalents via la mise en œuvre de mesures compensatoires.

Il a été conforté dans la loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages (article L. 163-1 du Code de l'environnement) :

« Les mesures de compensation des atteintes à la biodiversité sont les mesures prévues au 2° du II de l'article L. 110-1 et 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 occasionnées par la réalisation d'un projet de travaux ou d'ouvrage ou par la réalisation d'activités ou l'exécution d'un plan, d'un schéma, d'un programme ou d'un autre document de planification.

Les mesures de compensation des atteintes à la biodiversité visent un objectif d'absence de perte nette, voire de gain de biodiversité. »

1.1.3. L'équivalence écologique

Le concept d'équivalence écologique est d'autant plus difficile à appréhender qu'il n'existe pas, à ce jour, de définition universelle.

La réglementation nationale et européenne amène ses propres interprétations, variables selon les textes de loi. La directive « Habitats », par exemple, aborde la compensation dans une optique de maintien de la cohérence globale du réseau Natura 2000 (article L.414 du Code l'environnement). La loi sur l'eau, dans le cadre des compensations pour les zones humides, introduit une équivalence fondée sur le fonctionnement écologique. La loi de protection de la nature de 1976 fait, elle, référence aux conséquences dommageables d'un projet sur l'environnement.

La définition de l'équivalence écologique reste donc une question stratégique d'autant qu'elle est nécessaire pour dimensionner la compensation.

L'objectif de la compensation, en tant qu'action intervenant après les mesures d'évitement et de réduction, et devant viser l'atteinte d'un « objectif d'absence de perte nette de biodiversité », permet cependant d'en définir les contours dans le cadre de l'étude.

En tant que corollaire de l'objectif d'absence de perte nette, l'équivalence écologique signifie que les mesures compensatoires « doivent être capables de rétablir, dans des proportions comparables tant sur le plan quantitatif que qualitatif, les éléments de la biodiversité ayant subi une atteinte ». Ce principe est codifié par l'article L. 163-1 du Code de l'environnement et développé dans les guides du Ministère de l'environnement sur la séquence ERC qui précisent que : « l'impact positif sur la biodiversité des mesures doit être au moins équivalent à la perte causée par le projet, plan ou programme » (« La séquence éviter, réduire et compenser : un dispositif consolidé », mars 2017, Ministère de l'environnement).

D'un point de vue théorique, l'équivalence écologique est le principe selon lequel la mesure compensatoire doit :

- Viser les mêmes composantes des milieux naturels (espèces, habitats, fonctions) que celles impactées par le projet ;
- Engendrer un gain de biodiversité au moins équivalent à la perte de biodiversité induite par le projet. La notion d'équivalence écologique ainsi formulée est celle d'une compensation où Gains \geq Pertes.

1.2. La Ligne 17 Nord et ses mesures de compensation

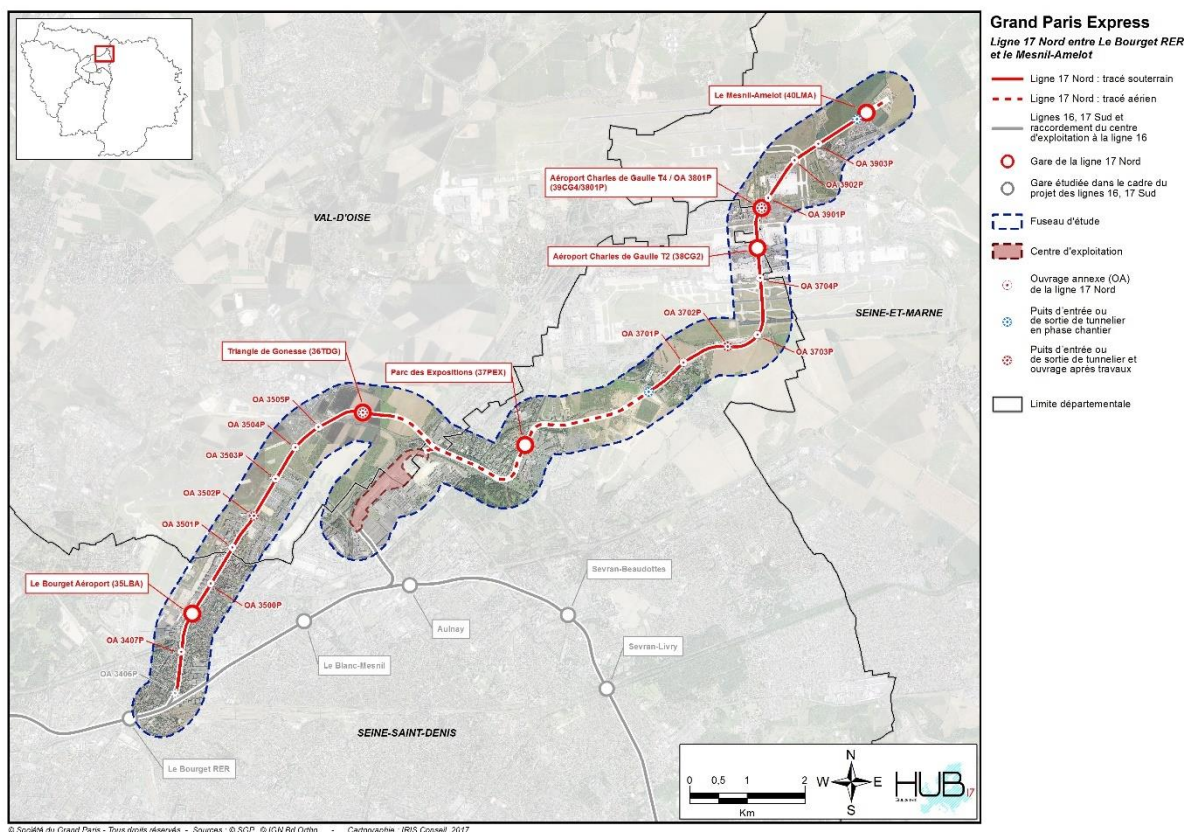
La Ligne 17 Nord s'intègre dans le cadre du réseau du Grand Paris Express, projet de métro automatique répondant aux grands objectifs suivants :

- Présenter une alternative à la voiture pour les déplacements de banlieue à banlieue ;
- Décongestionner les lignes de transport en commun traversant la zone centrale de l'agglomération par la création d'une offre de transport en rocade ;
- Favoriser l'égalité entre les territoires de la région capitale, en désenclavant les secteurs qui n'évoluent pas aujourd'hui au même rythme que la métropole et en permettant une meilleure accessibilité aux fonctions urbaines de la région, aux pôles de chalandise, d'études et d'emplois ;
- Soutenir le développement économique en mettant en relation les grands pôles métropolitains, vecteurs de développement économique et les bassins de vie ;
- Faciliter l'accès au réseau ferroviaire à grande vitesse et aux aéroports d'Orly, Le Bourget et Roissy-Charles de Gaulle, pour améliorer les échanges avec l'ensemble du territoire national et l'international ;
- Contribuer à préserver l'environnement et à répondre notamment aux enjeux de lutte contre le changement climatique, d'efficacité énergétique et de prise en compte du fonctionnement des écosystèmes, en favorisant un report de l'utilisation de la voiture particulière vers les transports en commun et en limitant l'étalement urbain.

Le tronçon nord de la ligne 17, communément appelée Ligne 17 Nord, est une ligne d'une vingtaine de kilomètre, entièrement nouvelle, qui reliera à terme les gares du Bourget RER au Mesnil-Amelot. Majoritairement souterraine, la ligne comporte une partie aérienne d'environ 5,4 km, limitée à la portion située sur les villes de Gonesse, Villepinte et Tremblay-en-France ainsi qu'un linéaire d'environ 600 mètres en aérien au Mesnil-Amelot.

Déclarée d'utilité publique, la Ligne 17 Nord permettra notamment :

- D'améliorer la desserte de pôles stratégiques d'envergure nationale ainsi que les liaisons entre ces pôles : aéroports du Bourget et de Roissy-Charles de Gaulle, zones d'activités et d'expositions comme le Parc des Expositions du Bourget, le Parc International des Expositions de Paris Nord Villepinte, les zones d'activités Paris Nord 2 et AeroliansParis (en cours de réalisation) ;
- D'assurer la desserte de territoires en mutation ou en développement ;
- D'assurer une correspondance avec d'autres infrastructures de transport (RER B et TGV notamment), améliorant ainsi l'accessibilité de ce secteur depuis Paris d'une part et le nord de l'Île-de-France et au-delà d'autre part.



Présentation générale de la Ligne 17 Nord

(Source : Dossier de demande d'autorisation environnementale de la Ligne 17 Nord, mars 2018)

Si les mesures d'évitement et de réduction prises dans le cadre de la réalisation du projet, et notamment le tracé souterrain de la ligne, permettent d'éviter un certain nombre d'atteintes à la biodiversité, la réalisation d'ouvrages dits émergents (gares, ouvrages de sécurité, tracé aérien, bases travaux, ...) peuvent induire des impacts sur la biodiversité et nécessiter la mise en œuvre de mesures de compensation écologique.

Dans le cadre du projet de la Ligne 17 Nord, les impacts et les mesures de compensation associées ont été définies dans le dossier de demande d'autorisation environnementale, dont l'instruction a abouti à l'obtention, en octobre

Titre du document : Développement d'une méthode d'évaluation de l'équivalence écologique pour le dimensionnement des mesures de compensation du projet du Grand Paris Express

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

2018, d'un arrêté inter-préfectoral autorisant la création et l'exploitation de la ligne. Cet arrêté encadre les mesures de compensation écologique à mettre en œuvre et permettant de répondre aux exigences de la réglementation en matière de préservation de la biodiversité.

Synthèse des impacts résiduels nécessitant des mesures de compensation

(Source : Dossier de demande d'autorisation environnementale de la Ligne 17 Nord, mars 2018)

Site d'aménagement	Espèces cibles	Milieux ouverts (ha)	Milieux semi-ouverts (ha)	Milieux boisés (ha)
OA 3502P	Linotte mélodieuse	-	0,21	-
OA 3503P	Linotte mélodieuse	-	0,33	-
OA 3505P	Conocéphale gracieux, Chardonneret élégant	-	0,19	-
Triangle de Gonesse	Grillon d'Italie	-	0,17	-
Paris Nord	Avifaune cortège des milieux boisés, Grillon d'Italie, Conocéphale gracieux, Ecureuil roux, Pipistrelle commune	-	2,48	10,40
Parc des Expositions	Avifaune cortège des milieux boisés, Gobemouche gris, Verdier d'Europe, Linotte mélodieuse, Mante religieuse	-	1,05	1,45
Tremblay-en-France	Tarier pâtre, Linotte mélodieuse, Chardonneret élégant, Verdier d'Europe	-	3,32	-
OA 3701P	Linotte mélodieuse	-	0,67	-
Le Mesnil-Amelot	Œdicnème criard, Chardonneret élégant, Serin cini, Verdier d'Europe	2,26 (directe) 10,8 (indirect)	-	-
Emprise chantier déportée 1	Avifaune cortège des milieux semi-ouverts, Pipistrelle commune	-	3,80	-
Emprise chantier déportée 2	Avifaune cortège des milieux semi-ouverts	-	0,31	-
Surface totale impactée		2,26 (directe) 10,8 (totale)	12,53	11,85

Synthèse des mesures de compensation écologique

(Source : Dossier de demande d'autorisation environnementale de la Ligne 17 Nord, mars 2018)

Site de compensation	Milieu	Espèces à compenser	Surface
Parc de Noisiel	Milieux boisés	Pipistrelle commune, Gobemouche gris, Verdier d'Europe, Serin cini, cortège de l'avifaune des milieux boisés	18 ha
Montagne de Chelles	Milieux semi-ouverts	Linotte mélodieuse, Chardonneret élégant, Tarier pâtre, cortège de l'avifaune des milieux semi-ouverts, Conocéphale gracieux, Grillon d'Italie, Mante religieuse	17,6 ha
Les Monts Gardés	Milieux ouverts	Œdicnème criard, cortège de l'avifaune des milieux ouverts	10,8 ha

Titre du document : Développement d'une méthode d'évaluation de l'équivalence écologique pour le dimensionnement des mesures de compensation du projet du Grand Paris Express

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

Toutefois, dans le cadre de l'instruction de ce dossier, le Conseil national de la protection de la nature (CNPN), instance d'expertise scientifique et technique, compétente en matière de protection de la biodiversité, chargé de donner un avis consultatif sur le projet dans le cadre de la procédure, a indiqué qu'il souhaitait que la SGP complète ses mesures de compensation par une évaluation quantitative des gains potentiels de biodiversité attendus sur les sites de compensation, cette évaluation devant porter sur des densités potentielles de populations.

Cette demande étant posée dans un contexte où, malgré les nombreux travaux réalisés sur le sujet, il n'existe pas de méthode opérationnelle, harmonisée et reconnue à ce jour pour l'évaluation quantitative des gains de biodiversité et le dimensionnement des mesures de compensation écologique, la SGP s'est engagée à « travailler sur le développement d'une analyse quantitative des gains potentiels apportés par les mesures de compensation, sur la base des données existantes et des résultats d'inventaires disponibles sur les sites de compensation » (*second mémoire en réponse à l'avis du CNPN - DDAE Ligne 17 Nord - volet G, Société du Grand Paris*).

1.3. Etat des lieux en matière de dimensionnement des mesures de compensation écologique

En 2017, le rapport Dantec publié par le Sénat notait que la France peinait 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 recommandait de « développer au niveau national les éléments d'une méthodologie permettant de disposer d'une approche plus fine du fonctionnement des écosystèmes » (DANTEC 2017).

Différentes méthodes ont été développées par le milieu de la recherche et les bureaux d'études, parfois ciblées sur des enjeux et/ou des milieux spécifiques. Néanmoins, à ce jour, aucune de ces méthodes n'emporte l'adhésion de l'ensemble des acteurs concernés. Cela s'explique notamment par la difficulté de conjuguer applicabilité opérationnelle et prise en compte de la complexité du sujet au niveau écologique, spatial et temporel. Les méthodes développées dans d'autres pays, pour des milieux spécifiques ou dans le cadre d'une réglementation différente de celle de la France ne semblent pas non plus apporter de solution idéale (QUETIER, QUENOUILLE, et al. 2012).

Afin d'avancer sur cette question du dimensionnement de la compensation écologique, un groupe de travail « Élaboration d'une méthode générique et harmonisée de dimensionnement de la compensation ex-ante des atteintes à la biodiversité », piloté par le Commissariat général au développement durable (CGDD), avec l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) et le Cerema a été mis en place par le Ministère de l'écologie en 2018. Ce groupe travaille ainsi sur l'élaboration d'un guide pour la mise en œuvre d'une démarche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique qui doit paraître en 2021.

Cependant, au regard des engagements pris par la SGP et en l'absence de méthodologie existante en 2020, la SGP a engagé, dès 2019, le développement d'une méthode visant à quantifier les pertes et les gains potentielles de biodiversité adaptée aux caractéristiques du projet du GPE et à réaliser une analyse comparative pour évaluer l'équivalence écologique sur le cas précis du projet de la Ligne 17 Nord. Cette méthode a été développée par CDC Biodiversité en 2019/2020.

1.4. Eléments de cadrage de la méthode

1.4.1. Objectif et contraintes

Il s'agissait donc pour CDC Biodiversité de proposer une méthode innovante qui réponde autant que possible aux critères d'opérationnalité et d'acceptabilité (fondements scientifiques, conformité réglementaire, ...) et adaptée aux enjeux du projet, et ce, dans un délai contraint.

Cette méthode a été développée en tenant comptes des contraintes associées à Ligne 17 Nord, telles que :

- L'utilisation des données d'inventaires naturalistes existantes, collectées pour l'établissement de l'étude d'impact du projet ; ainsi que des plans de gestion des sites de compensation retenus pour répondre aux impacts résiduels. Le calendrier ne permettant pas de réaliser des inventaires naturalistes complémentaires ;
- L'intégration d'un grand nombre de sites concernés (11 sites d'impacts et 4 sites de compensation), avec des surfaces et milieux variés, potentiellement difficiles à comparer (boisements, friches, vergers, etc.).

Au regard des travaux en cours et des méthodes déjà existantes, l'ambition n'était pas de développer la méthode idéale répondant à tous les critères d'opérationnalité et de rigueur scientifique pour tous les types de milieux, mais de proposer une méthode robuste, adaptées aux enjeux et contraintes du projet du GPE, qui s'inscrit en milieu fortement urbanisé.

Un certain nombre de risques ont été identifiés dans le cadre de la réalisation de cette étude. Il s'agit d'une part des risques généraux liés au développement d'une méthode d'évaluation de l'équivalence écologique sous la conduite d'un maître d'ouvrage (risque d'être inapplicable sur le terrain, d'être non reproductible ou non scientifiquement valide, de ne pas être acceptée par les services de l'Etat). Et d'autre part de risques techniques pouvant impacter la robustesse et la fiabilité de la méthode (qualité des données d'entrée, insuffisance des connaissances concernant les métriques de la biodiversité, fiabilité des prédictions).

La fiabilité des prédictions

Dans le cadre de l'application de la méthode, les pertes et gains potentiels de biodiversité sont calculés en comparant un état initial (avant impact ou avant compensation) avec un état final prédictif (après impact ou après compensation).

Il a donc été nécessaire de faire des prédictions à la fois sur les sites d'impact et sur les sites de compensation. Cette description d'un futur possible pour un site, prédisant l'avenir d'un système donné selon certaines hypothèses, correspond à des prédictions anticipatrices. Les prédictions anticipatrices visent à appliquer des connaissances. Elles supposent la validité des théories ou des modèles. Mais en cas de connaissances lacunaires, manque de données ou modèles (lien incertain entre un indicateur et l'état de la biodiversité, lien hypothétique entre une action et son impact sur la biodiversité, incertitude de l'évolution des écosystèmes face au changement climatique, etc.), l'intérêt de réaliser des prédictions anticipatrices est sensiblement réduit. Les obstacles à la prédiction dans le cadre de l'équivalence écologique sont nombreux, parmi lesquels :

- Les écosystèmes sont des entités complexes, au sein desquelles les relations causales s'enchevêtrent à différents niveaux d'organisation ;
- Certains phénomènes écologiques sont non-linéaires et l'extrapolation des tendances passées peut donc être un guide trompeur ;
- Les systèmes auxquels s'intéresse l'écologie sont le plus souvent des entités hybrides au sein desquelles les processus écologiques sont largement influencés par les activités humaines, qui posent elles-mêmes des difficultés spécifiques à la prédiction.

Afin de limiter ces risques, une méthodologie de travail spécifique a été mise en place.

1.4.2. Méthodologie de travail

La méthodologie de travail mise en place pour le développement et l'application de la méthode s'est basée sur les trois démarches suivantes :

- **Une recherche bibliographique exhaustive et la valorisation des travaux existants sur la question du dimensionnement de la compensation**

Comme vu précédemment, de nombreux travaux ont été réalisés sur la question de l'équivalence écologique et du dimensionnement de la compensation. De la même manière, l'évaluation de l'état de conservation d'un site, de sa diversité, de sa fonctionnalité a aussi donné lieu à de nombreuses méthodes et publications.

La démarche a été de s'appuyer sur l'ensemble de ces travaux, issus à la fois du monde de la recherche et des secteurs plus opérationnels de la gestion et restauration des habitats naturels, pour retenir les éléments les plus adaptés aux objectifs et aux enjeux de l'étude.

- **Un appui auprès de spécialistes du milieu scientifique**

Afin de s'assurer du développement d'une méthode qui puisse être acceptée par les services instructeurs et répliquable à d'autres projets, CDC Biodiversité a consulté différentes instances scientifiques et développé des partenariats afin d'assurer une pertinence des choix qui ont été faits et une robustesse scientifique. Ont notamment été réalisés :

- Un partenariat avec OGE (Office de Génie Ecologique) pour collecter et consolider des données sur l'écologie des espèces ;
- Des échanges avec le MNHN, via l'UMS PatriNat notamment, le CEREMA, et l'ARB ;
- La participation de CDC Biodiversité au groupe de travail sur le dimensionnement de la compensation écologique, permettant de collecter et s'appuyer sur les données les plus à jour en matière de dimensionnement de la compensation écologique ;
- La participation de CDC Biodiversité au club 1 de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB) intitulé : « Conservation de la biodiversité dans les territoires : comment appréhender les dynamiques ? » ; lequel a notamment organisé des journées : « indicateurs et métriques » de la biodiversité, « séquence ERC » et « naturalité » ;
- La collaboration avec la Direction Recherche et Innovation de CDC Biodiversité travaillant notamment sur l'outil Global Biodiversity Score (GBS) lequel permet d'évaluer l'empreinte biodiversité des entreprises en travaillant sur les questions de métrique de la biodiversité.

- **Des tests et ajustements de la méthode grâce à une application au cas concret du projet de la Ligne 17 Nord**

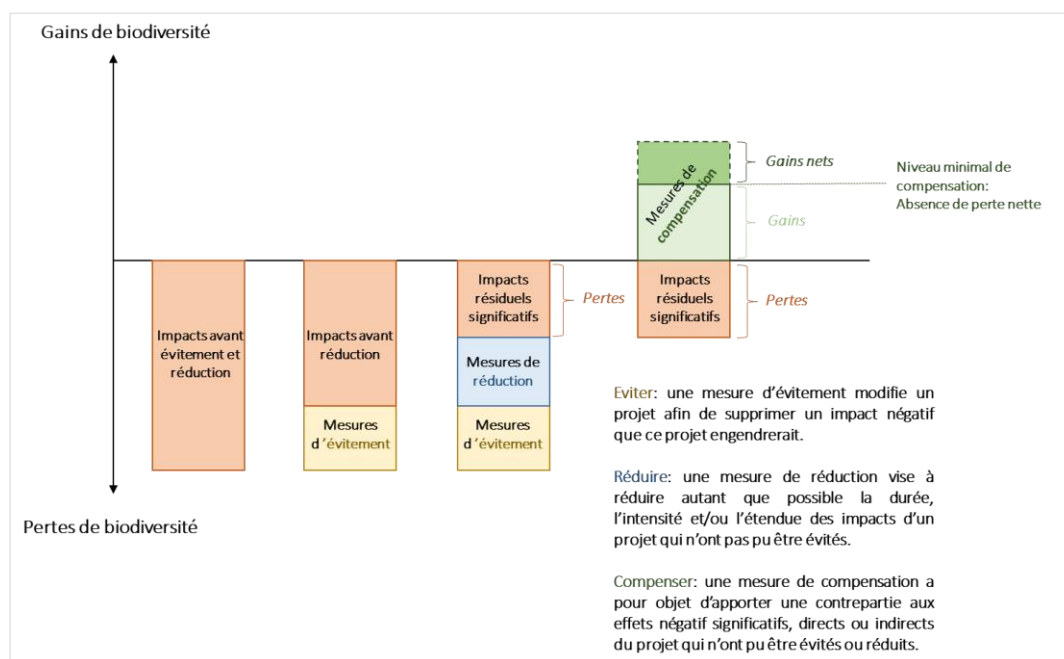
Le développement de la méthode s'est appuyé sur une approche itérative et la réalisation d'ajustements qui ont été permis grâce à une application sur les 11 sites concernés par les impacts résiduels et les quatre sites de compensation de la ligne 17 Nord. Cette application a permis de tester la méthode (plus particulièrement le choix des indicateurs et leur étalonnage), de l'adapter et de mieux appréhender les limites de l'exercice.

2. ARCHITECTURE ET PRESENTATION DE LA METHODE

2.1. Schéma et formule générale de l'équivalence écologique

La méthode doit permettre de quantifier les pertes potentielles engendrées sur les sites d'impacts et les gains potentiels apportés par les mesures de compensation, puis de réaliser une analyse comparative entre ces pertes et ces gains afin d'évaluer l'équivalence écologique et l'atteinte de l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité.

Le solde (gain ou perte) net de biodiversité peut se définir comme étant le résultat effectif de l'addition des impacts résiduels significatifs et des gains de biodiversité apportés par la compensation.



Représentation schématique du bilan écologique de la séquence ERC

(Source : adapté du THEMA Evaluation environnementale : guide d'aide à la définition des mesures ERC (MTE 2018))

La formule utilisée pour vérifier l'équivalence écologique entre les pertes et les gains est la suivante :

$$(\sum_{sites\ d'impacts} pertes) \times coefficient \leq (\sum_{sites\ de\ compensation} gains) \times coefficient$$

Toutefois, il est nécessaire de définir d'une part la métrique qui permet de quantifier les pertes et les gains de biodiversité, une métrique commune étant nécessaire, et d'autre part les coefficients qui interviennent dans l'évaluation de l'équivalence écologique.

Le travail de CDC Biodiversité a consisté à développer une métrique adaptée au projet, à ces enjeux, et au contexte francilien.

2.2. Notions préalables

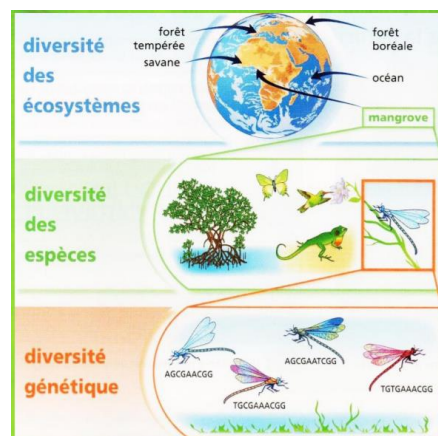
La biodiversité est définie comme « la variabilité des êtres vivants de toute origine incluant entre autres, les écosystèmes terrestres et aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie : cela comprend la diversité au sein des espèces, ainsi que celle des écosystèmes¹ ».

Trois niveaux d'organisation principaux doivent être pris en considération dans la biodiversité :

- La diversité écologique : celle des écosystèmes
- La diversité spécifique : celle des espèces
- La diversité génétique : celle des gènes

Se pose donc la question :

Pour quelle(s) composante(s) de la biodiversité la quantification des pertes et des gains de biodiversité doit-elle être faite ?



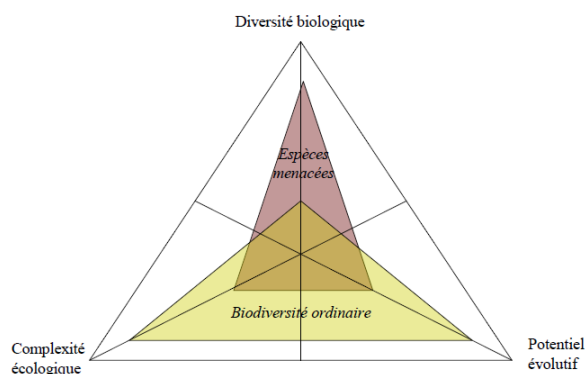
Les trois niveaux de la biodiversité (source : Académie Nancy-Metz)

Dans le cas du projet de la Ligne 17 Nord, la question s'intéresse aux espèces concernées par des impacts résiduels significatifs et à leurs habitats.

Parmi ces habitats, peuvent se trouver des espèces à fort enjeu écologique, considérées comme menacées, et des espèces à moindre enjeu. Ces espèces constituent ce que l'on nomme généralement la biodiversité ordinaire.

La préservation des espèces menacées permet le maintien de la diversité biologique (fortement représentée par les espèces menacées). Celle de la biodiversité ordinaire permet le maintien de la complexité écologique et du potentiel évolutif.

La figure ci-contre illustre la complémentarité entre préservation des espèces menacées et de la biodiversité ordinaire.



Complémentarité des espèces menacées et de la biodiversité ordinaire quant aux trois critères normatifs des sciences de la conservation (VANDEVELDE 2014)

¹ Article 2 de la Convention sur la diversité biologique, CBD, signée à l'occasion du sommet de la Terre de Rio de Janeiro, 1992

2.3. Les deux niveaux d'analyses

Au regard de ce constat, deux niveaux d'analyse ont été retenus dans le cadre du développement de la méthode :

- 1- Le niveau « espèces à enjeux modéré et fort », incluant les espèces cibles de la compensation ;
- 2- Le niveau « biodiversité ordinaire », intégrant notamment les espèces de moindre enjeu et ayant une certaine plasticité écologique.

2.3.1. Analyse au niveau des espèces à enjeux modéré et fort

Le premier niveau d'analyse s'intéresse aux espèces menacées, ou espèces protégées à enjeux modéré et fort.

A ce niveau, le gain potentiel étudié correspond à l'augmentation potentielle de la capacité d'accueil d'un site pour une espèce via la mise en œuvre de mesures de compensation (variation de la capacité d'accueil pour une espèce). L'analyse est donc menée sur la composante « espèces ».


La capacité d'accueil d'un site pour une espèce donnée se définit par le nombre maximal d'individus d'une population (effectif) qui peuvent y vivre (pour un habitat favorable et fonctionnel incluant l'ensemble des composantes nécessaires à la réalisation de son cycle de vie). Elle dépend :

- Du domaine vital de l'espèce : le domaine vital regroupe les éléments paysagers nécessaires à l'accomplissement du cycle biologique complet d'une espèce (nourriture, abri, repos, nidification, etc.) ;
- Du territoire (le cas échéant) : le territoire correspond à l'espace que s'arroge un individu (ou couple) en y interdisant l'accès à ses congénères ;
- De la densité : la densité correspond aux effectifs des populations maintenues dans des limites compatibles avec les possibilités du milieu, par unité de surface.

L'analyse menée à ce niveau consiste à vérifier que, via la réalisation de mesures adaptées, les sites de compensation peuvent voir les effectifs des espèces concernées augmenter à minima à hauteur des pertes qui sont estimées sur les sites d'impacts (évaluation de l'équivalence écologique au niveau des espèces).

Dans le cadre où l'espèce considérée n'aurait pas été observée sur le site de compensation (non identifiée lors des inventaires ou si aucune donnée naturaliste n'atteste de sa présence sur le site au cours des 4 dernières années), la méthode prévoit, au préalable, de vérifier qu'il lui est possible de coloniser le site par réalisation d'une modélisation de l'aire de migration simulée de l'espèce.

Pour des raisons de coûts et en vertu du principe de proportionnalité, cet exercice n'est réalisé que pour les espèces à enjeux modéré et fort, ou pour les espèces parapluies qui ont été identifiées lors de la définition des impacts résiduels significatifs.

 Les pertes et gains de biodiversité potentiels ainsi quantifiés à ce niveau restent des estimations d'un potentiel non assimilable à un objectif. En effet, les trajectoires écologiques des sites et les estimations de pertes ou de gains écologiques dépendent de facteurs externes (activités autour des sites, urbanisation, artificialisation du territoire, changement climatique, etc.) et donc non maîtrisables. Néanmoins, l'exercice permet d'assurer qu'à l'instant T, le gain écologique pour l'espèce est faisable.

2.3.2. Analyse au niveau de la biodiversité dite ordinaire

L'analyse menée à ce niveau vise à prendre en compte les espèces plus communes ou à moindre enjeu (qui peuvent aussi, si elles sont nombreuses et associées à un même habitat, être regroupées sous l'appellation « cortège d'espèces ») ainsi que la biodiversité dite ordinaire.

En partant du principe que la diversité en espèces et donc la biodiversité d'un site est positivement corrélée à la qualité des habitats (principe utilisé notamment dans l'indice de qualité écologique du MNHN : IQE (DELZONS

2015)), il est considéré que l'amélioration de la qualité des habitats permet d'augmenter leurs capacités d'accueil pour l'ensemble des espèces qui dépendent de ces habitats, y compris la biodiversité dite ordinaire. Cette augmentation de la capacité d'accueil pour la biodiversité dite ordinaire correspond aussi à un gain de fonctionnalité.

En définitive, l'évaluation des pertes et des gains potentiels pour les espèces protégées à enjeu faible et la biodiversité dite ordinaire passe par l'analyse de la qualité des habitats. L'analyse est donc menée sur la composante « habitats ».

Pour évaluer l'équivalence écologique sur la biodiversité dite ordinaire, la méthode prévoit de comparer à l'échelle de chaque site les caractéristiques propres des habitats entre un état initial et un état futur prédictif.

Cette variation théorique est évaluée grâce au renseignement d'indicateurs, choisis de manière à ce qu'ils soient, autant que possible, pertinents, simples et adaptés. La pertinence et le calibrage des valeurs des indicateurs pouvant être spécifiques au type de milieu concerné, une série d'indicateurs a été étudiée et retenue par type de milieu (boisement, milieu ouvert, milieu semi-ouvert).

Il s'agit également sur ce niveau d'analyse, de pouvoir prendre en compte, à l'échelle de chaque site, le contexte paysager et les connectivités écologiques. En effet, la qualité d'un habitat dépend à la fois de ses caractéristiques propres, mais également du contexte écologique dans lequel il se situe (le « paysage écologique »). Ce dernier dépend notamment de la taille, de la forme et de la connectivité des patchs d'habitats favorables, et de leur complémentarité (Q. S. QUETIER F. 2012), c'est-à-dire de son contexte paysager et de ses connectivités écologiques.

2.4. Architecture et présentation générale de la méthode

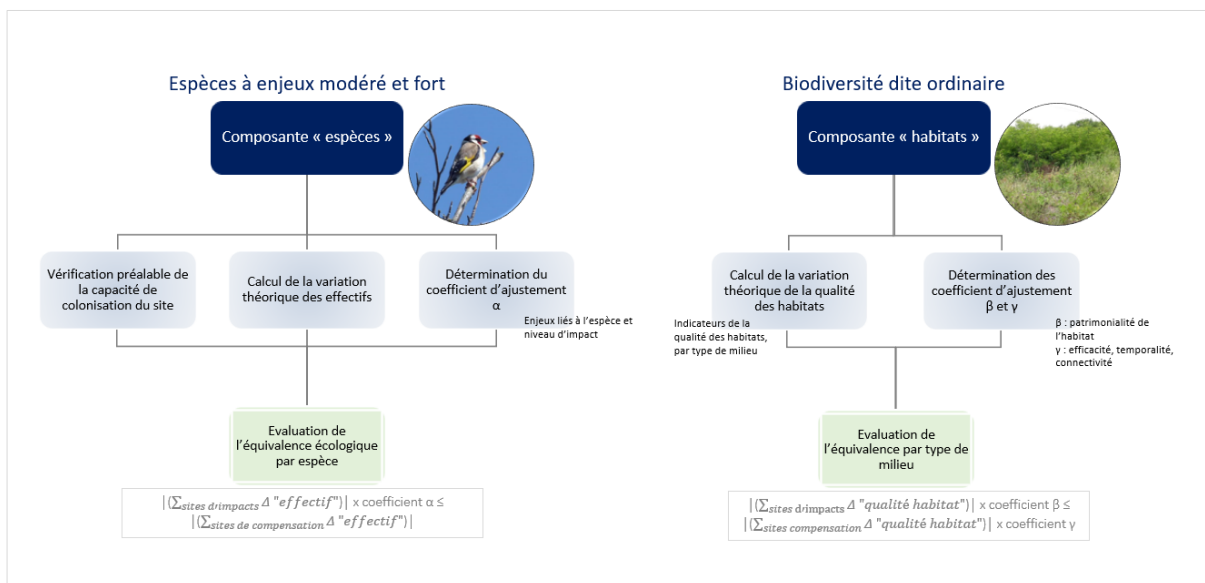
La méthode développée intègre donc l'analyse des pertes et des gains potentiels de biodiversité à 2 niveaux :

- Le premier, qui est celui des espèces à enjeux modéré et fort : il s'agit de comparer des variations théoriques d'effectifs des espèces concernées, en s'appuyant sur l'analyse de la capacité d'accueil des sites. Ce niveau d'analyse vise donc la **composante « espèces »** ;
- Le deuxième, qui est celui de la biodiversité dite ordinaire : il s'agit de comparer des variations théoriques de qualité des habitats en utilisant des indicateurs indirects de la qualité des milieux. Ce niveau vise donc la **composante « habitats »**.

Les variations sont établies entre un état initial (avant impact / avant compensation) et un état futur prédictif (après impacts / après compensation).

Pour chaque niveau d'analyse des coefficients d'ajustement sont appliqués afin de tenir compte des contraintes et enjeux spécifiques (niveau d'enjeu local des espèces, patrimonialité des habitats, efficacité et temporalité des mesures de compensation, enjeux de connectivité, ...)

L'approche ainsi développée permet de vérifier l'équivalence écologique sur deux des composantes des milieux naturels : les espèces et les habitats. L'équivalence étant évaluée au sein de chaque composante.



Représentation schématique de l'architecture de la méthode d'évaluation de l'équivalence écologique
(Source : Société du Grand Paris)

3. POINTS DE METHODE DEVELOPPES ET CAS D'APPLICATION ILLUSTRÉS

3.1. Calcul de la variation théorique des effectifs et évaluation de l'équivalence écologique sur la composante « espèces »

Cette partie détaille la manière dont est évaluée la variation théorique des effectifs d'une espèce donnée.

Pour rappel, si l'espèce n'a pas été observée sur le site de compensation (non identifiée lors des inventaires ou si aucune donnée naturaliste n'atteste de sa présence sur le site au cours des 4 dernières années), la méthode prévoit, au préalable, de vérifier qu'il lui est possible de coloniser le site. Cette étape préliminaire est présentée ci-après.

3.1.1. Vérification préalable de la possibilité de coloniser le site

Si certains guides précisent que « quel que soit le site [de compensation] retenu, une population de [l'espèce à compenser] devra déjà y être présente ou y avoir été recensée par le passé (si le site présente les conditions nécessaires à un possible retour de l'espèce considérée) ou à défaut y être considérée comme très probable » (CGDD et CEREMA 2018), il a été considéré dans le cadre de la méthode, qu'il est possible pour une espèce, sous certaines conditions, de coloniser de nouveaux sites. Cette approche est particulièrement intéressante pour pouvoir mettre en œuvre la compensation écologique sur des friches industrielles à reconverter.

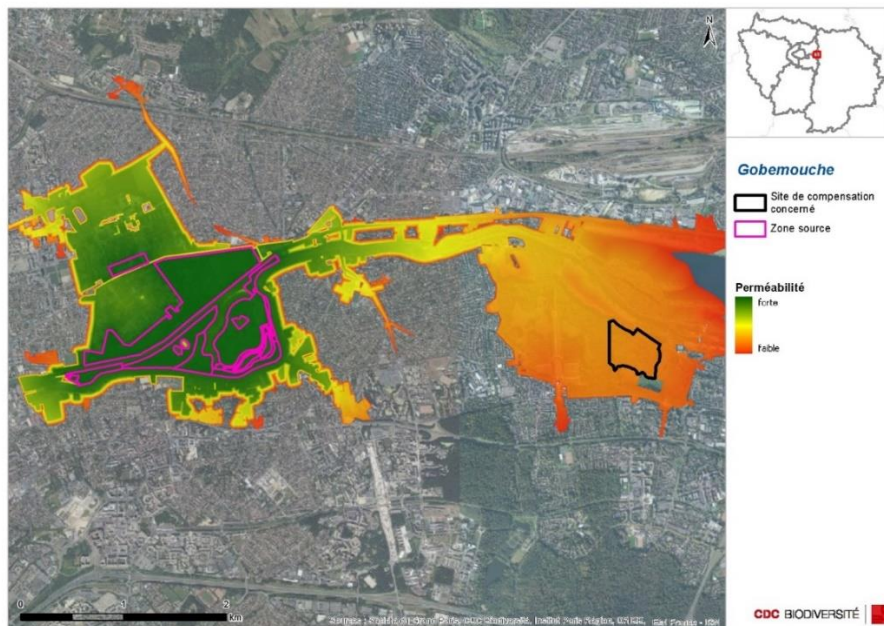
Les conditions pour qu'un site rendu favorable par la mise en œuvre de mesures de compensation puisse être colonisé, sans se lancer dans une modélisation de la dynamique des populations dans et entre leurs habitats, sont :

- L'existence d'une population source (ou métapopulation) à proximité (à une distance inférieure aux distances de dispersion de l'espèce considérée) ;
- L'existence de continuités écologiques fonctionnelles entre le site de compensation et les populations sources².

Pour ce faire, la méthode propose de modéliser les capacités de dispersion des espèces concernées par une modélisation des aires de migration simulées des espèces, utilisant la « perméabilité des milieux ».

Le résultat de cette modélisation prend la forme d'une carte comme celle présentée ci-après. Dans le cadre de cet exemple, la carte présente l'aire de migration simulée du Gobemouche gris, espèce d'oiseau compensée sur le site de compensation du parc Noisiel dans le cadre du projet de la ligne 17 Nord. Elle cartographie l'aire totale atteignable pour un jeune en dispersion postnuptiale depuis un site source où l'espèce a été observée ces dernières années (zone source identifiée dans les bases de données naturalistes régionales).

² Les questions de « population minimum viable » et « d'effectif efficace » ne sont pas abordées ici, il s'agit uniquement de vérifier que les habitats rendus favorables grâce aux mesures de compensation écologique pourront être colonisés par les espèces concernées par la compensation.



Modélisation de la dispersion des juvéniles Gobemouche gris autour de la zone source

(Source : méthode d'analyse quantitative des pertes et gains potentiels de biodiversité et évaluation de l'équivalence écologique - application au projet de la Ligne 17 Nord, CDC Biodiversité / Société du Grand Paris, décembre 2020)

Plus la couleur est "chaude" (rouge) plus l'individu a consommé son capital de déplacement. La succession des habitats non favorables, voire très résistants ou bloquants, ponctionne dans le capital de départ et le modèle arrête la migration lorsque le capital de déplacement est épuisé.

Dans cet exemple, pour le Gobemouche gris, dont la distance de dispersion des juvéniles est de 10 km, la modélisation montre que le site de compensation est accessible aux jeunes situés dans la zone source, même si le trajet nécessite la consommation de la plus grande partie du capital de déplacement des jeunes.

Limites et commentaires

Il est ici précisé que cet exercice de modélisation de la capacité de dispersion des espèces vers le site de compensation n'a pas pour objet de vérifier que les individus présents au niveau des sites d'impacts ont la capacité de rejoindre les sites de compensation, l'enjeu étant de s'assurer que l'état de conservation des populations n'est pas menacé.

3.1.2. Formules de calcul

Pour chaque espèce concernée, les pertes et les gains potentiels correspondent à la somme des variations théoriques (Δ) des effectifs pour chacun des sites, les pertes correspondant à une variation négative, les gains à une variation positive. Pour une meilleure lisibilité, la formule utilise des valeurs absolues.

Pour chaque site, la variation théorique est évaluée en comparant un effectif initial à un effectif théorique futur (après impact ou après compensation).

$$|(\sum_{sites\ d'impacts} \Delta "effectif")| \times \text{coefficient } \alpha \leq |(\sum_{sites\ de\ compensation} \Delta "effectif")|$$

Dans cette formule, le coefficient α permet la prise en compte des enjeux spécifiques liés à l'espèce étudiée. Appliqué aux pertes, il s'agit d'un coefficient de dimensionnement qui permet de tenir compte :

- De la rareté, de la patrimonialité et de la tendance évolutive de l'espèce étudiée ;
- Du type et de l'intensité de l'impact sur l'espèce (destruction d'habitat ou d'individus, altération de l'habitat ou dérangement, etc.).

Le calcul des variations théoriques des effectifs d'une espèce donnée (ϵ) correspond à la somme des pertes ou gains potentiels obtenus sur chacun des sites.

$$\sum_{\text{sites d'impacts}} \Delta \text{"effectifs } \epsilon" = (\Delta \text{"effectifs } \epsilon" A) + (\Delta \text{"effectifs } \epsilon" B) + (\Delta \text{"effectifs } \epsilon" C) + \text{etc.}$$

$$\sum_{\text{sites de compensation}} \Delta \text{"effectifs } \epsilon" = (\Delta \text{"effectifs } \epsilon" X) + (\Delta \text{"effectifs } \epsilon" Y) + \text{etc.}$$

Où A, B et C sont les sites d'impacts et X et Y les sites de compensation

3.1.3. Détermination des effectifs théoriques d'une espèce sur un site

Détermination des effectifs théoriques

La détermination des effectifs théoriques nécessite en premier lieu l'élaboration d'un référentiel sur les domaines vitaux, territoires et densités des espèces concernées. Dans le cadre de la méthode développée pour la Ligne 17 Nord, ce référentiel a été élaboré pour les espèces cibles de la compensation, sur la base de la littérature existante, et, lorsque nécessaire, de dires d'experts pour compléter cette littérature. Un tableau a été ainsi élaboré, indiquant, pour chaque espèce, des densités potentiellement atteignables ou surface de territoires théoriques de référence.

Exemple de référentiel élaboré dans le cadre de la méthode pour son application à la Ligne 17 Nord

(Source : méthode d'analyse quantitative des pertes et gains potentiels de biodiversité et évaluation de l'équivalence écologique - application au projet de la Ligne 17 Nord, CDC Biodiversité / Société du Grand Paris, décembre 2020)

Espèce	Domaine vital	Territoire	Habitat favorable	Densité moyenne
Gobemouche gris	1 ha minimum (Mc Collin, 1993)	De 0,24 ha à 1 ha (Cramp et al, 2006)	Boisements clairs et âgés, plus ou moins humides, de préférence feuillus mais également de pins, les lisières des forêts, les bords de chemins et de cours d'eau, les parcs, les jardins, les tourbières	1 à 20 couples pour 100 ha et jusqu'à 6 couples pour 10 ha (Rogeeon & Sordello, 2013)
Tarier pâtre	1-2 ha	-	Milieux ouverts à végétation basse ou maigre : haies, coteaux, friches, landes, talus au bord des routes	De 0,25 couple/10 ha à 10 couples /10 ha moyenne à 3 couples/10 ha (Issa & Muller, 2015)

Détermination des effectifs initiaux

L'effectif initial d'un site peut être obtenu de différentes manières :

- Si la population a été dénombrée (notamment pour l'avifaune ou certains mammifères) ou si une densité a été estimée lors des inventaires d'état initial permettant d'avoir une idée de la population en place, ces données peuvent être utilisées pour définir l'effectif initial ;
- Si les inventaires initiaux ne donnent aucune donnée quantifiée sur les populations présentes, les densités théoriques ou tailles théoriques des territoires peuvent être utilisés pour estimer une population initiale potentielle, selon la formule ci-après ;

Titre du document : Développement d'une méthode d'évaluation de l'équivalence écologique pour le dimensionnement des mesures de compensation du projet du Grand Paris Express

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

- Enfin, en cas d'absence de l'espèce sur le site (de compensation), l'effectif initial est fixé à zéro.

*Effectif initial théorique = densité théorique * surface d'habitats favorables (avant impact / compensation)*

ou

Effectif initial théorique = surface d'habitats favorables (avant impact / compensation) / tailles des territoires théoriques

Formules utilisées lorsque les inventaires d'état initial ne donnent pas d'information quantifiée sur les populations présentes ou lorsqu'il est souhaité s'affranchir des données d'inventaire

A noter que sur des sites d'impacts éloignés dont les surfaces sont inférieures à la taille théorique des territoires des espèces considérées, et même si la somme des surfaces reste inférieure à la surface d'un territoire, un individu ou couple pourra être comptabilisé par site impacté étant donné le risque de désertion du site, majorant ainsi les effectifs impactés. Cette hypothèse a été appliquée dans le cadre du projet de la Ligne 17 Nord.

Détermination des effectifs théoriques finaux

Au niveau des sites d'impacts, l'effectif théorique final est considéré comme nul (les impacts sont considérés comme des pertes permanentes d'habitat).

Au niveau des sites de compensation, le postulat considéré est le suivant : dans la limite des densités théoriques définies dans le référentiel, qui sont considérées comme des densités maximales, plus on augmente la surface et la qualité des habitats favorables à l'espèce, plus on augmente la quantité potentielle d'individus sur le site.

L'effectif théorique final est déterminé en s'appuyant sur ces données de densités théoriques, selon l'une des 2 formules suivantes :


*Effectif final théorique = densité théorique * surface d'habitats rendus favorables par la compensation*

ou

Effectif final théorique = surface d'habitats rendus favorables par la compensation / taille des territoires théoriques

Il est donc nécessaire de définir la surface foncièrement maîtrisée qui, grâce à la mise en œuvre des mesures de compensation, deviendra (plus) favorable pour les espèces visées. Cette définition doit être accompagnée de la justification de l'impact (positif) des mesures sur le niveau d'intérêt de l'habitat pour l'espèce concernée. Cette justification permettra notamment de vérifier que l'ensemble des compartiments nécessaires à l'espèce (reproduction, hivernage, repos, alimentation, etc.) sont effectivement améliorés en qualité et/ou en quantité.

On vérifie également à cette étape que la surface rendue favorable est supérieure au domaine vital de l'espèce. En effet, le domaine vital regroupe les éléments paysagers nécessaires à l'accomplissement du cycle biologique complet d'une espèce (nourriture, abri, repos, reproduction, etc.). Il est donc important de s'assurer que le site de compensation a une surface supérieure au domaine vital de l'espèce, ou a minima que des éléments du paysage environnant le site et ne risquant pas de disparaître (à cause de l'urbanisation ou d'autres pressions) permettront d'atteindre la surface minimale nécessaire à l'espèce. Si ce n'est pas le cas, la compensation n'est pas pertinente.

 Les effectifs théoriques finaux des espèces sur les sites de compensation ne sont pas une prédiction, mais uniquement un calcul théorique de ce qu'il est possible d'atteindre au regard des données existantes dans la littérature et des habitats favorables créés ou restaurés dans le cadre de la compensation. **Ces effectifs théoriques ne doivent pas être considérés comme des objectifs à atteindre étant donné les nombreux facteurs extérieurs au site pouvant influencer les populations et métapopulations au niveau local et même régional.**

Dans le cadre de l'étude réalisée sur la Ligne 17 Nord, les résultats obtenus ont été présentés pour chacune des espèces sous la forme d'une fiche telle que celle présentée ci-après.

Titre du document : Développement d'une méthode d'évaluation de l'équivalence écologique pour le dimensionnement des mesures de compensation du projet du Grand Paris Express

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

Exemple de présentation de l'analyse de la variation théorique des effectifs de Gobemouche gris

(Source : méthode d'analyse quantitative des pertes et gains potentiels de biodiversité et évaluation de l'équivalence écologique - application au projet de la Ligne 17 Nord, CDC Biodiversité / Société du Grand Paris, décembre 2020)

1 GOBEMOUCHE GRIS (MUSCICAPA STRIATA)	
<p>Description de l'espèce et impact</p> 	<p>L'espèce est protégée sur le territoire national. La population nicheuse est considérée comme étant quasi-menacée (NT) mais stable en France et en Ile-de-France, où elle est considérée comme étant rare ou localisée par l'OROC.</p> <p>En Ile-de-France, l'espèce est considérée comme une migratrice commune.</p> <p>Le Gobemouche gris est avant tout un oiseau forestier. On le trouve aussi bien en feuillus qu'en conifères ou en peuplement mixte, la condition est que le boisement ne soit pas trop fermé.</p> <p>Il apprécie les clairières, chablis et allées forestières où pénètre le soleil. Il s'est bien adapté secondairement aux milieux arborés d'origine anthropique comme les parcs, les arboretums, les courts urbains avec leurs alignements d'arbres, les bosquets d'agrément, etc.</p> <p>Le Gobemouche gris se reproduit à partir de fin avril ou début mai. Il construit son nid à une hauteur moyenne, dans la végétation ou dans une cavité, dans des arbres recouverts de lierre... La ponte a lieu en mai et les juvéniles quittent le nid dès le mois de juillet voire jusqu'à mi-août. Une seconde nichée peut parfois avoir lieu.</p> <p>C'est un oiseau vif, qui chasse à l'affût depuis un perchoir et capture ses proies au vol. Il se nourrit surtout d'insectes volants, diptères et hyménoptères tout particulièrement, mais aussi de papillons, punaises, odonates, etc. Il ne descend que rarement au sol.</p> <p>L'impact résiduel sur le Gobemouche gris est de 1,45 ha, correspondant aux impacts sur son habitat (alimentation et reproduction) au niveau du secteur du Parc des Expositions (boisement ornemental entrecoupé de clairières) sur la commune de Villepinte.</p> <p>L'espèce est compensée sur le site de compensation du Parc de Noisiel.</p>
<p>Capacité de colonisation du site de compensation</p>	<p>L'espèce n'a pas été contactée sur le site du Parc de Noisiel lors des inventaires réalisés en 2017-2018. Aussi, une modélisation de l'aire de migration simulée a été réalisée. L'analyse détaillée est jointe en annexe.</p> <p>La zone source de biodiversité utilisée pour la modélisation se situe sur la plaine de la Haute Ile à Neuilly-sur-Marne.</p> <p>Résultat :</p>  <p style="text-align: center;"><i>Figure 37 : Carte de dispersion du Gobemouche gris (pour les juvéniles) depuis la plaine de la Haute Ile</i></p> <p>Les résultats de la modélisation montrent que, au regard de l'occupation actuelle du sol (données MOS et ECOMOS 2017), il est possible pour les jeunes de se disperser et de coloniser le site de compensation du parc de Noisiel notamment via les berges de la Seine.</p>
<p>Variation théorique des effectifs sur le site de compensation</p>	<p>En raison de son absence sur le site de compensation, la variation théorique des effectifs de Gobemouche gris sur site correspond à l'effectif théorique final.</p> <p>Celui-ci est calculé en multipliant la densité potentiellement atteignable par la surface d'habitats rendus favorables par la compensation écologique.</p>

Tableau 31 : Données écologiques pour le Gobemouche gris ¹⁶			
Habitat favorable	Densité	Territoire	Domaine vital
Boisements clairs et parcs boisés comportant des arbres à cavités	1 couple pour 8,5 ha de parc urbain en IdF, inférieure à 2 couples pour 10 ha en dehors de l'IdF	n.d.	8-10 ha

Sur le site de compensation, le milieu sera amélioré pour l'espèce grâce aux mesures suivantes :

Tableau 32 : Actions visant l'amélioration de la capacité d'accueil pour le Gobemouche gris

Compartiments	Etat initial	Mesures améliorant ou augmentant l'habitat favorable
Zones de reproduction	Boisement relativement dense mais parsemé de chemins pédestres, avec quelques arbres ornementaux de belle taille, mais peu de cavités, et dendro-microhabitats.	Restauration de lisières fonctionnelles, coupes d'éclaircies. Conservation d'arbres d'intérêt faunistique (avec microhabitats) et vieillissement des peuplements.
Zones d'alimentation/ chasse	Boisement assez dense, peu de lisières fonctionnelles (internes ou externes, pas de clairières), mais des milieux ouverts alentours en partie gérés de façon intensive (pelouse urbaine).	Restauration de lisières fonctionnelles, création de clairières, mise en lumière des plans d'eau, coupes d'éclaircies.
Surface	Restauration sur 17 ha	

La littérature spécialisée et les données bibliographiques concernant l'espèce en Ile de France indiquent qu'il pourrait être possible d'accueillir jusqu'à 2 couples dans un boisement de la taille du parc de Noisiel.

Variation théorique des effectifs sur les sites d'impacts	Impact au niveau du Parc des Expositions : 1,45 ha. La densité de l'espèce sur site n'est pas connue, néanmoins, cette surface étant inférieure à la surface du territoire d'un couple, il est considéré qu'au maximum, 1 couple est impacté, avec un risque de désertion du secteur si le domaine vital devient trop petit.
Conclusion	Pour le Gobemouche gris, dont l'habitat est impacté à hauteur de 1,45 ha, soit 1 couple impacté au maximum, les mesures de compensation permettent de restaurer un habitat favorable sur 17 ha, soit une surface correspondant à 2 couples compensés.

3.1.4. Application d'un coefficient

La méthode intègre la définition d'un coefficient, qui, appliqué à la variation théorique des effectifs sur les sites d'impacts, s'apparente à un coefficient de dimensionnement.

Le coefficient de dimensionnement retenu dans le cadre de la méthode est constitué d'un facteur unique associé au qui vise à prendre en compte la rareté, la patrimonialité et la tendance évolutive de l'espèce étudiée ainsi que le type et de l'intensité de l'impact sur l'espèce.

Ce type de coefficient est utilisé dans différentes méthodes de dimensionnement écologique parmi lesquelles : le guide de réparation des dommages écologiques graves (CGDD et CEREMA 2018), la méthode MERClé (MECHIN et PIOCH 2016) et la méthode ECOMED (CETE 2014).

Dans le cadre du développement de la méthode et de son application au projet de la Ligne 17 Nord, il a été choisi de se base sur l'évaluation du niveau des impacts résiduels significatifs du projet, issue des études et analyses menées dans le cadre du dossier de demande d'autorisation environnementale de la ligne 17 Nord.

Tableau croisé de définition du niveau d'enjeu utilisé pour la détermination du coefficient de dimensionnement
 (Source : méthode d'analyse quantitative des pertes et gains potentiels de biodiversité et évaluation de l'équivalence écologique - application au projet de la Ligne 17 Nord, CDC Biodiversité / Société du Grand Paris, décembre 2020)

		Niveau d'enjeu écologique de l'espèce				
		Très fort	Fort	Modéré	Faible	Nul
Intensité de l'impact résiduel évalué après évitement et réduction	Très fort	Très fort	Très fort	Fort	Modéré	Faible
	Fort	Très fort	Fort	Modéré	Faible	Nul
	Modéré	Très fort	Fort	Modéré	Faible	Nul
	Faible	Fort	Modéré	Faible	Faible	Nul

Les valeurs associées et retenues pour la détermination du coefficient sont les suivantes. Elles ont été définies en tenant compte de différentes valeurs pouvant être utilisées dans d'autres méthodes.

Valeurs du coefficient « enjeu écologique » retenues dans le cadre de l'étude

Niveau d'enjeu local	Enjeu local nul ou faible	Enjeu local modéré	Enjeu local fort	Enjeu local très fort
Valeur du coefficient	1	1,5	2	3

3.1.5. Résultats et limites

Les gains en termes d'augmentation potentielle des effectifs sur les sites de compensation pour chaque espèce étudiée sont ainsi mis en regard des pertes attendues sur les sites d'impacts, en appliquant le coefficient.

L'avantage de cette approche réside dans les éléments suivants :

- Les impacts résiduels, même de faible surface, doivent être compensés à minima à hauteur de la surface du territoire d'un couple de l'espèce concernée ;
- Un site de compensation sur lequel l'espèce étudiée est déjà présente à une densité proche de la densité maximale théorique (selon les données disponibles dans la littérature) ne pourra apporter des gains de biodiversité pour l'espèce concernée et ne sera donc pas retenu comme site de compensation pour cette espèce ;
- Un site pour lequel la capacité de colonisation pour l'espèce considérée n'est pas vérifiée, ne sera pas retenu comme site de compensation pour l'espèce.

Par application de ces éléments méthodologiques, la faisabilité de la compensation et son dimensionnement sont ainsi raisonnés et écologiquement argumentés afin de ne pas nuire au maintien des populations d'espèces.

Il apparaît néanmoins important de préciser que si l'exercice consiste à vérifier que le projet ne nuit pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces, cet état de conservation des populations dépend de nombreux autres facteurs externes (activités autour du site, urbanisation, artificialisation du territoire, changement climatique, etc.) non maîtrisables par le maître d'ouvrage du projet considéré. Si les mesures de compensation permettent de maîtriser la gestion in situ, elle-même permettant d'orienter l'évolution des habitats

naturels et des populations d'espèces dans une trajectoire souhaitée, elles ne permettent pas cependant de pouvoir contrôler précisément leur dynamique à l'échelle du paysage, ou au niveau des métapopulations. Dès lors, les résultats écologiques sur le long terme ne peuvent être totalement garantis, même si l'évaluation et l'adaptation des mesures tout au long de la durée des engagements du maître d'ouvrage permettront de renforcer les probabilités de réussite.

Le tableau ci-après illustre les résultats théoriques obtenus concernant l'évaluation de l'équivalence écologique sur la composante « espèces » par application de la méthode au projet de la Ligne 17 Nord.

Résultats théoriques sur la composante « espèces » et évaluation de l'équivalence écologique

(Source : méthode d'analyse quantitative des pertes et gains potentiels de biodiversité et évaluation de l'équivalence écologique - application au projet de la Ligne 17 Nord, CDC Biodiversité / Société du Grand Paris, décembre 2020)

Espèce étudiée	Variation théorique sur les sites d'impacts	Coefficient α	Variation théorique sur les sites de compensation	Résultat
Gobemouche gris	1 couple	1,5	2 couples	Atteinte de l'équivalence Gain théorique et potentiel
Serin cini	1 couple	1	2 couples	Atteinte de l'équivalence Gain théorique et potentiel
Verdier d'Europe	7 couples	1,5	15 couples	Atteinte de l'équivalence Gain théorique et potentiel
Pipistrelle commune	Perte de 6,3 ha	1	Gain d'une dizaine d'ha	Atteinte de l'équivalence Gain théorique et potentiel
Linotte mélodieuse	2 couples	1,5	3 couples	Atteinte de l'équivalence
Chardonneret élégant	2 couples	1,5	2 couples	Non atteinte de l'équivalence
Tarier pâtre	1 couple	1,5	2 couples	Atteinte de l'équivalence Gain théorique et potentiel
Œdicnème criard	1 couple	1	1 couple	Atteinte de l'équivalence
Conocéphale gracieux	Perte de 2,7 ha	1	Gain de 13 ha	Atteinte de l'équivalence Gain théorique et potentiel
Grillon d'Italie	Perte de 2,6 ha	1	Gain de 13 ha	Atteinte de l'équivalence Gain théorique et potentiel
Mante religieuse	Perte de 1,05 ha	1	Gain de 13 ha	Atteinte de l'équivalence Gain théorique et potentiel

Analyse et discussion des résultats

Etant donné la complexité du vivant, il apparaît important de pouvoir analyser et ouvrir des discussions sur les résultats théoriques obtenus. En effet, même si la méthode doit permettre de fournir des données quantifiées s'appuyant sur des référentiels chiffrés, une analyse d'expert complémentaire apparaît toujours nécessaire pour confronter ces résultats avec les connaissances et contextes spécifiques qui peuvent être rencontrés.

Dans le cadre des résultats théoriques obtenus pour le projet de la ligne 17 Nord, ce type d'analyse et de discussion a notamment été réalisé pour le Chardonneret élégant. En effet, pour cette espèce, les résultats théoriques de l'application de la méthode montrent qu'avec l'application du coefficient, l'équivalence n'est pas obtenue. Les éléments d'analyse et de discussion ont porté sur le contexte géographique des sites d'impacts et le contexte écologique de l'espèce sur ces sites, qui ont conduit, par application de la méthode, à majorer les pertes par rapport aux gains potentiels apportés par les mesures de compensation. Ces éléments d'analyse et de mise en contexte ont permis l'acceptation des résultats théoriques.

Eléments d'analyse et de discussion menés sur les résultats théoriques de l'atteinte de l'équivalence écologique pour le Chardonneret élégant dans le cadre de l'application de la méthode au projet de la Ligne 17 nord :

Titre du document : Développement d'une méthode d'évaluation de l'équivalence écologique pour le dimensionnement des mesures de compensation du projet du Grand Paris Express

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

« Toutefois, l'impact ayant lieu sur plusieurs sites, il est considéré dans le cadre de l'étude que plusieurs couples peuvent être impactés alors même que les surfaces impactées sont bien inférieures à celle d'un territoire. L'hypothèse retenue pour la densité de référence est de 1 à 2 couples sur 10 ha. Or, l'impact résiduel total est de 5,77 ha, correspondant aux impacts sur son habitat sur trois sites distincts. En outre, le Chardonneret élégant n'est considéré comme nicheur probable qu'au sein ou à proximité immédiate de l'emprise travaux de l'OA 3505P, ainsi que dans le petit bois situé au nord-ouest du Mesnil-Amelot (mais non impacté dans le cadre des travaux).

Ainsi, l'application du calcul théorique amène à majorer les pertes potentielles sur les sites d'impacts par rapport aux gains potentiels apportés par les mesures de compensation. »

Limites

Des limites ont pu être mis en évidence dans le cadre du développement de la méthode pour le calcul des pertes et des gains potentiels sur la composante « espèces » :

- Pour une même espèce, la littérature peut présenter des densités très variables entre différentes régions et habitats. Dans le cadre de la méthode développée, le référentiel a été établi pour la région Ile de France sur la base de la littérature et des dires d'experts nombreux dans la région. En l'absence de données spécifiques à la région, il est possible de s'appuyer sur les données existantes dans les autres régions, voire dans les autres pays, mais en prenant d'autant plus de précautions ;
- Cette approche peut encore nécessiter la définition de méthodes de dénombrement pour certaines espèces (difficulté particulière pour dénombrer les insectes, les amphibiens ou les chiroptères sur la base de « contacts » notamment).

3.2. Calcul de la variation théorique de la qualité des habitats et évaluation de l'équivalence écologique sur la composante « habitats »

Cette partie détaille la manière dont est évaluée la variation théorique de la qualité des habitats d'un site donné.

3.2.1. Formules de calcul

Pour ce niveau, l'équivalence est analysée par type de milieu (boisés, ouverts, semi-ouvert), sur la base d'indicateurs décrivant la qualité de l'habitat.

Pour chaque site, les pertes et les gains potentiels correspondent à la variation théorique de la qualité de l'habitat entre l'état initial et un état futur prédictif (après impacts ou après compensation).

$$\left| \left(\sum_{\text{sites d'impacts}} \Delta \text{"qualité habitat"} \right) \right| \times \text{coefficient } \beta \leq \left| \left(\sum_{\text{sites compensation}} \Delta \text{"qualité habitat"} \right) \right| \times \text{coefficient } \gamma$$

Dans cette formule :

- Le **coefficient β** est un coefficient de dimensionnement appliqué aux pertes, qui permet de tenir compte de la patrimonialité des habitats impactés. La valeur de ce coefficient peut varier de 1 à 4 en fonction du niveau d'enjeu des habitats considérés.
- Le **coefficient γ** appliqué aux gains est un coefficient d'ajustement composé de plusieurs facteurs permettant de tenir compte de certains principes fondamentaux de la compensation :
 - o Un facteur T (temporalité), lié au décalage temporel entre les impacts et l'effectivité des mesures de compensation ;
 - o Un facteur E (efficacité), lié à l'efficacité des mesures, au degré d'incertitude associé aux trajectoires écologiques ;

- Un facteur C (connectivité), lié à la différence des enjeux de connectivité entre les sites d'impacts et les sites de compensation, permettant de tenir compte de l'importance du contexte paysager dans lequel s'inscrit chaque site.

Coefficient d'ajustement $\gamma = 1 / (1 + E + T + C)$

Sa valeur peut varier de 1 à 0,25, chaque facteur pouvant varier entre 0 et 1.

La méthode permet ainsi une approche hybride, s'appuyant à la fois sur une évaluation de « l'écart de l'état des milieux » et sur des ratios via l'utilisation de coefficients de dimensionnement et d'ajustement.

L'application des deux coefficients β et γ équivaut à la mise en place d'un ratio pouvant aller de 1 à 16.

Le calcul de la variation théorique de la qualité des habitats sur les sites d'impacts comme sur les sites de compensation correspond à la somme des variations de la qualité des habitats de chaque site, rapporté à leur surface

$$(\sum_{\text{sites d'impacts}} \Delta \text{"qualité habitats"}) = (\Delta \text{"qualité habitat"}A \times \text{surface A}) + (\Delta \text{"qualité habitat"}B \times \text{surface B}) + \text{etc.}$$

$$(\sum_{\text{sites de compensation}} \Delta \text{"qualité habitats"}) = (\Delta \text{"qualité habitat"}Y \times \text{surface Y}) + (\Delta \text{"qualité habitat"}Z \times \text{surface Z}) + \text{etc.}$$



où A et B sont les sites d'impacts, Y et Z les sites de compensation

3.2.2. Détermination de la qualité des habitats

La qualité des habitats est évaluée grâce à une sélection d'indicateurs, choisis de manière à ce qu'ils soient, autant que possible, pertinents, simples et pragmatiques. Le choix des indicateurs retenus dans le cadre de la méthode a fait l'objet d'un travail de recherche et d'analyse approfondi sur les indicateurs de qualité des milieux déjà existants, notamment dans le cadre des méthodes de dimensionnement de la compensation française ainsi que sur les méthodes d'évaluation de l'état de conservation des sites ou du potentiel de biodiversité.

Parmi les nombreux indicateurs existants, il a été pris le parti d'utiliser des indicateurs indirects ou structurels, qui bénéficient déjà d'un fort consensus, y compris parmi la communauté scientifique (LEVREL 2007) (MACIEJEWSKI, et al. 2016).

Définition des indicateurs directs et indirects (REGNERY 2012), (LEVREL 2007)

Indicateurs directs ou taxonomiques	Indicateurs indirects ou structurels
<p>Les indicateurs taxonomiques de biodiversité sont des indicateurs qui se focalisent sur le suivi de certains taxons - plantes, oiseaux, insectes, mammifères, etc. Ils cherchent à renseigner l'état de santé de la biodiversité de manière directe en s'intéressant aux différentes entités du vivant (exemples : abondance, richesse spécifique)</p> 	<p>Les indicateurs structurels de biodiversité sont à mettre en relation avec l'idée qu'il existe des structures paysagères - biologiques, physiques et sociales - qui ont un effet important sur la biodiversité et qui permettent donc de renseigner sur l'état de cette dernière de manière indirecte (exemples : corridors, bois mort, micro-habitats).</p> 

Plus faciles à mesurer, les données liées à ces indicateurs indirects ont pu être collectées dans les délais imposés pour le développement et l'application de la méthode au projet de la Ligne 17 Nord, et selon un même protocole permettant ainsi d'effectuer une comparaison pertinente entre les résultats sur les différents sites. Ce type d'indicateur présente par ailleurs un certain nombre d'avantages :

- La possibilité pour des non spécialistes de pouvoir renseigner ces indicateurs à moindre coût ;

- Ils sont moins tributaires de la variabilité des résultats d'inventaires liés notamment aux conditions climatiques (ex : rareté des insectes en cas de sécheresse) ;
- En s'appuyant sur des caractéristiques physiques ou biologiques du milieu (REGNERY 2012), ils permettent de limiter l'effet d'observateur, de quantifier des potentialités écologiques, de renseigner sur les pressions qui pèsent sur la biodiversité et d'aider à prédire l'état futur de la biodiversité.

Parmi les indicateurs indirects connus et utilisés, une sélection a été faite selon ceux qui sont apparus les plus adaptés aux milieux étudiés, les plus simples et les plus sensibles. Ils ont été définis pour chaque type de milieu (8 indicateurs pour les milieux boisés et 7 pour les milieux ouverts/semi-ouverts dans le cadre du projet de la Ligne 17 Nord).

Pour chacun de ces indicateurs, un étalonnage a été défini, s'appuyant, le cas échéant sur ceux déjà existants et développés dans d'autres méthodes (étalonnage de référence). En l'absence d'étalonnage existant, un calibrage a été proposé et justifié sur la base des informations recueillies dans la littérature.

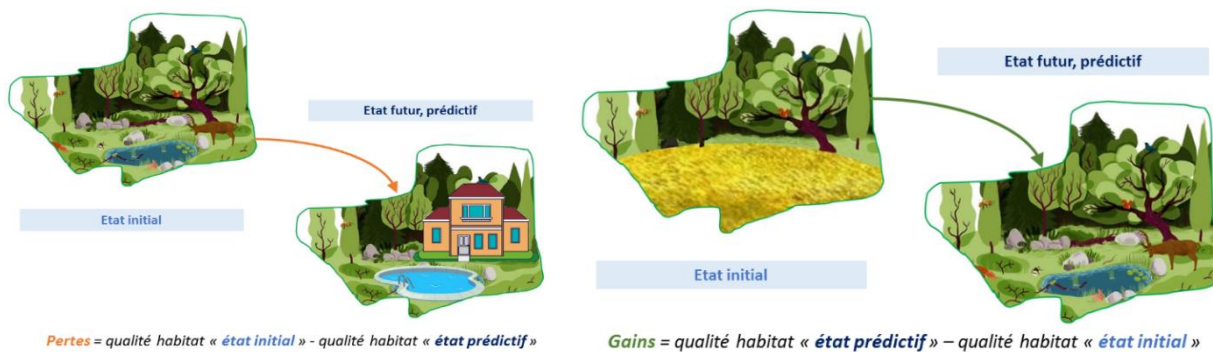
Exemples d'indicateurs retenus pour évaluer la qualité des habitats ouverts et semi-ouverts

(Source : méthode d'analyse quantitative des pertes et gains potentiels de biodiversité et évaluation de l'équivalence écologique - application au projet de la Ligne 17 Nord, CDC Biodiversité / Société du Grand Paris, décembre 2020)

Indicateurs	Référence	Etalonnage retenu	Commentaires
1 - Taux de recouvrement en ligneux			
Taux de recouvrement surfacique d'espèces ligneuses (arborescentes et arborescentes de plus de 30 cm). Le recouvrement par les ligneux indique une fermeture du milieu, augmente le risque d'incendie, et réduit le réservoir de graines herbacées contenues dans le sol.	ECOVAL / Maciejewski 2015 (état de conservation habitat d'intérêt communautaire)	Pour les milieux ouverts : Moins de 10% : 5 Entre de 10 et 20% : 2 Plus de 20% : 0 Pour les milieux semi-ouverts, l'étalonnage doit être adapté en fonction des besoins des espèces ou type de milieu à atteindre, mais globalement : Entre 30 et 50% : 5 Entre 20 et 30 ou entre 50 et 60% : 3 Entre 10 et 20% ou entre 60 et 70% : 2 Moins de 10% ou plus de 70% : 0	Etalonnage basé sur celui de (MACIEJEWSKI, SEYTRE, et al. 2015) pour les milieux ouverts et adapté pour les milieux semi-ouverts
2 - Présence d'espèces eutrophiles (au choix avec indicateur 2')			
Présence d'espèces eutrophiles, ou rudérales (en % par rapport à la composition floristique globale) : nombre d'espèces observées/nombre d'espèces de la liste.	Maciejewski 2015 (état de conservation habitat d'intérêt communautaire)	Moins de 10% : 5 Entre 10 et 30% : 2 Plus de 30% : 0	Choisir avec l'indicateur "prairies fleuries"
2' Indicateur "prairie fleurie" (au choix avec l'indicateur 2)			
Nombre de plantes de la liste nationale 2011 des espèces indicatrices des prairies fleuries	Maciejewski 2015 (état de conservation habitat d'intérêt communautaire)	>13 plantes : 5 8-13 plantes : 3 3- 7 plante : 1 0-2 plantes : 0	Choisir avec l'indicateur espèces eutrophiles
3 - Densité et complexité des haies			
Densité de haie Le linéaire de haies (<10 mètres de large), et d'arbres d'alignement par type (haie arborée, haie arbustive, arbres d'alignement, etc.) pour le calcul de la densité de haie L'indice « Densité » caractérise la longueur des linéaires de haies par unité de surface.	ECOVAL / (Dover & Fry 2001 ; Gayet et al. 2016)/ IFN/ Vadoine E	Densité des haies 70 et plus = 4 ; 54-69 = 3 ; 38-53 = 2 ; 18-35 = 1 ; 1-17 = 0 ; 0 = 0	En Ile de France, la densité de haies est très réduite, en moyenne 5 m linéaires par hectare, alors que la densité optimale pour la majorité des oiseaux agricoles est de 70 m linéaires par hectare (ZUCCA, et al. 2019). Cet optimum est utilisé comme note maximum pour cet indicateur.
Composition et structure de la végétation des haies La structure de la végétation : des strates de végétations multiples, du fond du fossé à la cime des grands arbres et sa composition floristique (flore diverse, selon les lieux et les saisons, permettant tous les régimes alimentaires herbivores, puis toutes les chaînes trophiques qui s'en suivent), sont des facteurs influençant la composition faunistique.	http://www.polebocage.fr/ Facteurs-influencant-la-07.html	Complexité des haies : Haie pluristratifiée et diversifiée en espèces = +1 Haie très simplifiée et peu diversifiée = -1	

3.2.3. Détermination de la variation théorique de la qualité des habitats

Pour chaque site, et par type de milieu, les indicateurs sont renseignés avec une valeur initiale (état initial du site considéré) et une valeur projetée correspondant à l'état futur prédictif (après impact ou après compensation). La variation de la valeur entre les deux états permettant d'évaluer les pertes et les gains potentiels au niveau de la composante « habitats ».



Représentation schématique de la variation des pertes et des gains potentiels de biodiversité au niveau de la composante « habitats » (Source : CDC Biodiversité)

Pour ce qui concerne les projections à l'état futur :

- Au niveau des sites d'impacts et dans le cadre de l'application de la méthode au projet de la Ligne 17 Nord, des valeurs de 0 ont été retenues pour chaque indicateur, étant pris en compte comme hypothèses une destruction totale et permanente sur les habitats considérés ;
- Au niveau des sites de compensation, chaque valeur retenue est étayée par un argumentaire la justifiant au regard : des mesures de compensation qui sont prévues, de la dynamique des milieux qui peut être attendue ; des connaissances actuelles et retours d'expériences en matière de génie écologique.

3.2.4. Résultats intermédiaires

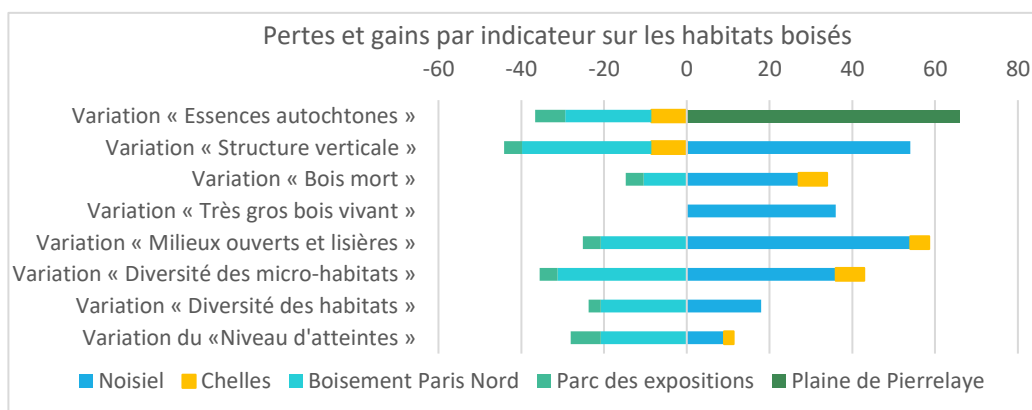
A ce stade, des premiers résultats, par type de milieu et par indicateur peuvent être mis en exergue, par application de la formule suivante.

$$\Delta \text{"indicateur 1"} = (\Delta \text{"indicateur 1"}^A \times \text{surface A}) + (\Delta \text{"indicateur 1"}^B \times \text{surface B}) + (\Delta \text{"indicateur 1"}^C \times \text{surface C}) + \text{etc.}$$

(où A, B et C sont des sites d'impacts ou de compensation)

Exemple de résultats obtenus pour le calcul des pertes et des gains de biodiversité, par indicateur, dans le cadre de l'application de la méthode au projet de la Ligne 17 Nord

(Source : méthode d'analyse quantitative des pertes et gains potentiels de biodiversité et évaluation de l'équivalence écologique - application au projet de la Ligne 17 Nord, CDC Biodiversité / Société du Grand Paris, décembre 2020)



Les résultats obtenus à ce stade ne sont pas agrégés. Ces résultats restent néanmoins très intéressants pour une analyse semi-quantitative et qualitative des pertes et des gains potentiels de biodiversité.

A noter qu'il n'est pas recherché (et qu'il est même illusoire) à obtenir une équivalence entre les pertes et les gains au niveau de chaque indicateur.

Agrégation des indicateurs

La question de l'agrégation des indicateurs est complexe. Si elle permet d'obtenir une note synthétique, la valeur de cette note peut être discutable et n'a pas de signification scientifique. Elle agrège artificiellement différents résultats, calculés selon des échelles de valeurs différentes, avec des unités différentes.

Toutefois, dans le cadre d'un exercice d'évaluation de l'équivalence écologique et de dimensionnement de la compensation pour un projet donné, il apparaît nécessaire d'obtenir cette donnée.

Dans le cadre de la méthode développée, la mise en place d'une pondération des indicateurs est apparue pertinente afin de mieux représenter l'information. Pour agréger les indicateurs par site, la méthode prévoit que les différentes variations de notes soient additionnées en appliquant à chacune un poids spécifique. Ces pondérations ont été définies selon le type de milieu considéré, au regard notamment d'une analyse sur les enjeux écologiques et contextuels que chaque indicateur peut représenter dans le cadre de l'évaluation de l'équivalence écologique.

Les résultats de cette agrégation donnent deux valeurs au niveau de chaque site étudié :

- La perte ou le gain potentiel(le) à l'hectare ;
- La perte ou le gain potentiel(le) total(e), une fois multiplié(e) par la surface du site considéré.

Exemple de résultats agrégés obtenus pour le calcul des pertes et des gains de biodiversité, par site, dans le cadre de l'application de la méthode au projet de la Ligne 17 Nord sur les milieux boisés

(Source : méthode d'analyse quantitative des pertes et gains potentiels de biodiversité et évaluation de l'équivalence écologique - application au projet de la Ligne 17 Nord, CDC Biodiversité / Société du Grand Paris, décembre 2020)

Site	Noisiel	Chelles	Forêt de Pierrelaye	Boisement Paris Nord	Parc des Expositions
Note globale	+288	+3,5	+65,9	-176,8	-37,7
Note à l'ha	+16	+0,8	+2	-17	-26

3.2.5. Détermination et application des coefficients

Dans le cadre du développement de la méthode, la définition des coefficients a été un exercice périlleux dans un contexte où il n'existe pas de prescriptions ou lignes directrices officielles sur le sujet.

La plupart coefficients et des facteurs retenus sont issus et adaptés des éléments utilisés dans les différentes méthodes de dimensionnement, pour in fine proposer un calibrage allant de 1 à 4 pour le coefficient β (appliqué aux pertes) et de 0,25 à 1 pour le coefficient γ (appliqué aux gains).

La véritable nouveauté dans la méthode développée réside dans l'application d'un facteur « connectivité » (intégré dans le calcul coefficient γ), qui permet de prendre en compte l'importance du contexte paysager dans lequel s'inscrit chaque site.

Facteur connectivité

Les écologues du paysage ont montré depuis les années 80 l'importance, pour la survie des espèces, de la présence de réseaux écologiques formés de corridors entre les taches d'habitat répartis dans une matrice plus ou moins perméable (Région de Lorraine 2015).

Titre du document : Développement d'une méthode d'évaluation de l'équivalence écologique pour le dimensionnement des mesures de compensation du projet du Grand Paris Express

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

Or, les impacts engendrés par les projets d'aménagement peuvent non seulement détruire des habitats d'espèces, mais également fragiliser ces interactions entre la biodiversité comprise au sein du périmètre impacté, et celle située à l'extérieur. Dès lors, l'évaluation des pertes et des gains de biodiversité ne peut seulement se baser sur une liste d'espèces ou d'habitats observés, indépendamment des enjeux écologiques de fonctionnement à l'échelle du paysage (REGNERY, QUETIER, et al. 2013) (BERGES, et al. 2019).

Sur la base de cette constatation, des schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE) ont été mis en place pour faciliter la prise de décision face à l'érosion continue et accélérée de la biodiversité, en définissant des zones naturelles à fort potentiel - les « réservoirs de biodiversité » - ainsi que les liaisons entre elles - les « corridors écologiques » - permettant le déplacement des espèces. Néanmoins, les travaux récents du groupe de travail de l'ORENAF³ (Observatoire régional des espaces naturels agricoles et forestiers) portant sur l'observation de la consommation des espaces naturels, agricoles et forestiers dans le cadre de l'Observatoire régional du foncier en Ile de France, ont mis en évidence, au niveau de la région, une artificialisation croissante de points identifiés au SRCE comme les principaux enjeux de connectivité du territoire : les connexions multi-trames (ZUCCA 2020). Ces éléments sont les « nœuds stratégiques de continuités correspondant à différentes trames, et dont l'urbanisation viendrait affecter de manière significative la fonctionnalité ».

Il est donc apparu particulièrement intéressant d'intégrer ces notions d'insertion paysagère et de connectivité dans la méthode d'évaluation de l'équivalence écologique, via le facteur C intervenant dans le coefficient de la formule de calcul des gains.

Cette approche apparaît particulièrement adaptée au cas de la ligne 17 Nord, qui est située dans une zone où les milieux semi-naturels sont relativement morcelés ; et pour lequel une dizaine de sites d'impacts sont étudiés ainsi que plusieurs sites de compensation. En réponse à cette multiplicité des sites, doit être mise en place une approche territoriale visant la mutualisation des compensations et le renforcement des continuités écologiques d'intérêt local et régional.

Le facteur croise deux caractéristiques de chaque site : sa surface (permettant de valoriser les effets bénéfiques de la mutualisation) et sa connectivité.

Deux types d'indicateurs existent pour évaluer la connectivité des sites :

- Des indicateurs structuraux (renseignés grâce à l'outil SIG) ;
- Un indicateur intégrant les deux types de connectivité (structurelle et fonctionnelle) en utilisant la théorie des graphes (et donc la modélisation), laquelle permet de hiérarchiser les éléments d'un paysage en fonction de leur importance relative dans la connectivité globale. Il s'agit de l'indice de connectivité dIIC.

Le choix des indicateurs à appliquer doit s'appuyer sur le principe de proportionnalité, en fonction des enjeux liés aux corridors écologiques notamment. Dans le cadre de situations peu complexes (un site d'impact / un site de compensation), la modélisation n'est pas forcément nécessaire. Il peut alors être décidé d'utiliser des indicateurs structurels qui permettront d'évaluer le gain ou la perte en termes de connectivité.

Dans le cadre de la méthode développée pour son application au projet de la Ligne 17 Nord, 4 indicateurs ont été utilisés pour évaluer la connectivité des sites étudiés.

Indicateurs retenus dans le cadre de la méthode développée pour évaluer la connectivité des sites

Indicateur	Description
Place dans les réseaux écologiques	Nombre de zonages réglementaires ou d'inventaire
Présence de corridor écologique	Présence d'une fonctionnalité corridor écologique

³ Intégré à l'ORF en 2016, il est animé par la DRIEA. L'objectif du groupe de travail est double :

- D'une part, il s'agit d'actualiser périodiquement l'analyse quantitative multi-sources de la consommation des Espaces naturels, agricoles et forestiers (ENAF) et de documenter de manière plus approfondie l'approche régionale en lien avec les travaux engagés à l'échelle nationale, notamment sur le nouvel indicateur de mesure de l'artificialisation des sols.
- D'autre part, une dimension qualitative et prospective est à développer afin de mieux apprécier l'incidence sur les territoires de la consommation des ENAF.

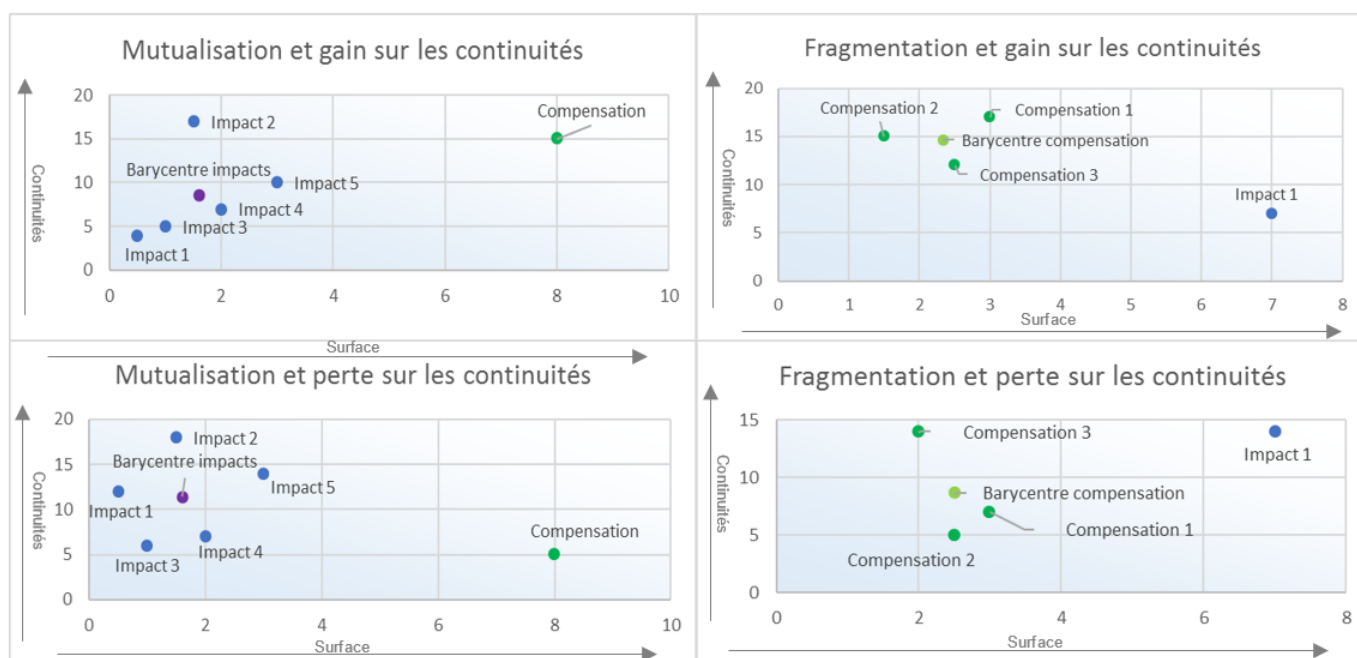
Fragmentation, perméabilité du site	Densité de linéaire des éléments fragmentant dans la zone tampon (routes, voies ferrées, etc.) autour du site (zone tampon de 1 000 m de rayon)
Habitats favorables à proximité	Pourcentage de la surface totale d'habitats analogues (même type) au site étudié dans la zone tampon (1000m de rayon)

Les sites sont caractérisés d'une part par la note de connectivité, d'autre part par leur taille et sont représentés sous forme de nuage de points qui permet d'observer la situation de chaque site en termes de connectivité et de surface.

Lorsqu'il y a plusieurs sites d'impacts et/ou plusieurs sites de compensation, la comparaison peut être faite entre les barycentres des sites de compensation d'une part et des sites d'impacts d'autre part.

Illustration de la comparaison des sites des critères « connectivité » et « taille »

(Source : méthode d'analyse quantitative des pertes et gains potentiels de biodiversité et évaluation de l'équivalence écologique - application au projet de la Ligne 17 Nord, CDC Biodiversité / Société du Grand Paris, décembre 2020)



La valeur du facteur C est alors déterminée en fonction des résultats de la comparaison entre la situation des sites d'impacts et des sites de compensation selon la grille suivante.

Valeurs du facteur C retenu dans le cadre de la méthode

Comparaison des connectivités et tailles entre sites d'impact et de compensation	Pas de perte de continuité, pas de morcellement de la compensation, voire gain et mutualisation	Morcellement avec gain de connectivité ou perte de connectivités mais avec mutualisation	Perte de continuité sans morcellement ou morcellement de la compensation sans perte de continuité	Perte de connectivité et morcellement de la compensation
Valeur du facteur	0	0,25	0,5	1

L'exercice sur le contexte paysager et la connectivité des sites ne vise pas à remplacer les mesures d'évitement et de réduction devant être mises en œuvre en cas d'atteinte à la fonctionnalité d'un corridor écologique. L'exercice ne permet pas non plus de comparer la perte de fonctionnalité d'un corridor impacté à un gain de fonctionnalité restaurée sur un autre corridor.

L'objectif de cet exercice est de donner un outil permettant de valoriser la mutualisation de la compensation et la planification territoriale en favorisant la mise en connexion des sites de compensation avec d'autres espaces naturels fonctionnels.

Les limites à l'exercice sont nombreuses, à commencer par l'étalonnage des indicateurs, pour lesquels il n'a pas été trouvé de référence et qui devra être totalement réadapté pour des sites qui seraient en zones moins urbanisées.

3.2.6. Résultats et limites

L'analyse de l'équivalence écologique est réalisée par comparaison entre les pertes et les gains potentiels, au niveau de chaque type de milieux, après application des coefficients.

Illustration des résultats théoriques des pertes et des gains potentiels sur la composante « habitats » obtenus pour le projet de la Ligne 17 Nord

(Source : méthode d'analyse quantitative des pertes et gains potentiels de biodiversité et évaluation de l'équivalence écologique - application au projet de la Ligne 17 Nord, CDC Biodiversité / Société du Grand Paris, décembre 2020)

Sites d'impacts	Sites de compensation
Milieux boisés	
Pertes = $-214,5 \times 1 = -214,5$	Gains = $(+288+3,5)/1,5 + 65,9/2,5 = +220,7$
Milieux ouverts et semi-ouverts	
Pertes = $-214,6 \times 1 = -214,6$	Gains = $(+203,8+64,8)/1,25 = +214,9$

Limites

Les indicateurs proposés apparaissent aujourd'hui les plus opérationnels au regard des objectifs visés. Toutefois, après application au projet de la ligne 17 Nord, il ressort que les indicateurs liés aux milieux semi-ouverts restent assez limités dans la qualification de la qualité de ce type de milieu, qui couvre une large gamme d'habitats très variés dont le potentiel d'accueil ne sera pas systématiquement proportionnel à la valeur des indicateurs sélectionnés (la pertinence de l'indicateur « taux de recouvrement » et son étalonnage se pose par exemple pour des habitats tels que le maquis).

4. CHAMPS D'APPLICATION ET LIMITES

La méthode développée permet d'évaluer l'équivalence écologique entre des pertes potentielles de biodiversité sur des sites d'impacts et des gains potentiels de biodiversité sur des sites de compensation déjà identifiés. Elle intègre une évaluation au niveau des compartiments « espèces », « habitats » et « fonctionnalité ».

Cette méthode vise une application « ex-ante » des mesures de compensation, et se base donc sur une approche prédictive et théorique des pertes et des gains potentiels de biodiversité, visant à consolider la justification du dimensionnement des mesures de compensation et l'atteinte de l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité. Il est néanmoins noté que cet objectif d'absence de perte nette ne peut être justifiée par la seule équivalence écologique. En effet, l'ensemble des principes fondamentaux de la compensation doivent également être pris en compte et justifiés afin de pouvoir conclure sur l'atteinte de cet objectif. Par ailleurs, au regard de la nature de la méthode, qui vise une application « ex-ante », l'atteinte de l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité sera considérée comme potentielle (portant sur des prédictions) et théorique (dans la mesure où la méthode se base sur des référentiels, des indicateurs et des hypothèses). La notion d'atteinte potentielle et théorique de l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité apparaît donc la plus appropriée dans le cadre des résultats d'application de la méthode.

La méthode a été développée spécifiquement pour le projet du Grand Paris Express, en tenant compte de ses caractéristiques spécifiques : nombreux sites d'impacts et plusieurs sites de compensation, et donc un nombre important de sites à étudier et comparer ; plusieurs types de milieux impactés et compensés ; milieu fortement anthropisé ; pas de besoin compensatoire associés à des impacts résiduels sur des fonctionnalités (fonctionnalités de zones humides, corridor écologique ou autre), seulement sur les espèces protégées et leurs habitats.

Elle peut être applicable à d'autres projets, toutefois, des adaptations devraient être apportées de manière à la rendre la plus pertinente possible au regard des enjeux écologiques et économiques du projet en question (en particulier pour des projets localisés en zone plus rurale).

Les indicateurs mobilisés dans le cadre de l'étude tiennent compte du fait que le projet du Grand Paris Express est situé en Ile de France, qu'il n'impacte pas d'habitats d'intérêt communautaire ou de zones protégées. Si tel était le cas, des indicateurs complémentaires devraient être utilisés (ou l'étalonnage adapté). De la même manière, il n'y a pas d'indicateurs pour les zones humides. Si tel devait être le cas, les indicateurs de la méthode nationale pour les zones humides (GAYET, et al. 2016) pourraient être intégrés.

La méthode et son application au projet de la Ligne 17 Nord ont été présentés au Comité scientifique de CDC Biodiversité et ont fait l'objet d'un avis de l'OFB (Office Français de Biodiversité) et du CGDD (Commissariat Général au Développement Durable).

Les avis indiquent notamment que :

- « La méthode proposée est globalement cohérente avec la future Approche Standardisée du dimensionnement de la compensation » (CGDD) ;
- « Les enjeux de biodiversité sont appréhendés correctement au regard de l'état actuel des connaissances. Les paramètres et indicateurs choisis sont pertinents pour la plupart et adaptés pour ce type de projet en milieu péri-urbain » (OFB).

Un élément reste toutefois source de discussion : il s'agit de la valeur de certains coefficients et notamment du facteur de temporalité considéré comme trop faible. L'absence de prescriptions ou lignes directrices sur ces coefficients ne permet pas, aujourd'hui, d'apporter de solution consensuelle sur ce sujet.

Enfin, même si les indicateurs « niveau d'atteintes » et « diversité des habitats » permettent d'appréhender les pertes d'espaces naturels et semi-naturels, la méthode ne permet pas, à ce stade de développement, de tenir compte des questions d'imperméabilisation des sols, laquelle, cumulée à l'échelle du territoire, impacte inévitablement la biodiversité ordinaire.

Le développement d'un indicateur propre à l'état du sol pourrait permettre de limiter ce biais. Cela nécessite néanmoins une étude approfondie de tous les travaux en cours sur ce sujet.

REFERENCES

- BERGES, L., et al. «Intégrer la connectivité paysagère dans la séquence ERC : une approche par la quantité d'habitat atteignable.» *Vertigo, la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, volume 19 numéro 2, octobre 2019.
- BEZOMBES, L. *Développement d'un cadre méthodologique pour l'évaluation de l'équivalence écologique : Application dans le contexte de la séquence "Éviter, Réduire, Compenser" en France*. Grenoble: Université de Grenoble Alpes, 2016.
- CARNINO, N. *Méthode d'évaluation de l'état de conservation des habitats forestiers à l'échelle d'un site, version 1.0.*. MNHN/ONF, 2009.
- CETE, Centre d'Études Techniques de l'Équipement du Sud-Ouest. *Bilan bibliographique sur les méthodes de définition de l'équivalence écologique et des ratios des mesures compensatoires*. DREAL Midi-Pyrénées, 2014, N°ISRN : CEREMADTERSO-14-201-FR.
- CGDD, et CEREMA. *Comment réparer des dommages écologiques graves?* Service de l'économie, de l'évaluation, et de l'intégration, 2018.
- CHAILLOUX, M, et J AMSALLEM. *Méthode de perméabilité des milieux - Concepts et principe.*. Irstea – UMR TETIS., s.d.
- DANTEC, R. *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*. Paris: Senat, 2017.
- DEHOUK, H., et J. AMSALLEM. *Analyse des méthodes de précision des continuités écologiques à l'échelle locale en France*. Irstea MR TETIS, Centre de ressources Trame verte et bleue, 2017, 96.
- DELZONS, O, et al. *Indice de Qualité Ecologique (IQE), Indice de Potentialité Ecologique (IPE) - Guide méthodologique – Version 2.0*. Paris: UMS Patrinat Centre d'expertise et de données (OFB-CNRS-Muséum national d'Histoire naturelle), 2020.
- DELZONS, O. *L'indicateur de Qualité Ecologique (IQE) et l'Indicateur de Potentialité Ecologique (IPE) – Méthodologie*. 63 pages. Paris: SPN/ MNHN, 2015, 63 pages.
- GAYET, G., et al. *Guide de la méthode nationale d'évaluation des zones humides - Version 1.0*. ONEMA, 2016.
- LARRIEU, L., et P. GONIN. «L'indice de Biodiversité Potentielle (IBP) : une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers.» *Rev. For. Fr. 06-2008*, 2008: p. 727-748,.
- LEVREL, H. *Quels indicateurs pour la gestion de la biodiversité?* Paris: Institut Français de Biodiversité, 2007.
- MACIEJEWSKI, L., L. SEYTRÉ, J. VAN ES, et P. DUPONT. *État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Guide d'application. Version 3*. Rapport SPN 2015 - MNHN, 2015, 194 pp.
- MACIEJEWSKI, LEPAREUR, VIRY, BENSETTITI, et PUISSAUVE. «État de conservation des habitats : propositions de définitions et de concepts pour l'évaluation à l'échelle d'un site NATURA 2000.» *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, Vol. 71, 2016: 3-20.
- MECHIN, A, et S PIOCH. «Séquence ERC : comment améliorer l'utilisation des méthodes de dimensionnement de la compensation écologique ?» décembre 2019.
- MECHIN, A, et S PIOCH. *Une méthode expérimentale pour évaluer rapidement la compensation en zone humide; La méthode MERCLe : principes et applications*. ONEMA, Centre d'Ecologie Fonctionnelle, 2016.
- PASCUAL-HORTAL, L, et S SAURA. «Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation.» *Landscape Ecology* 21, 2006: 959–967.
- QUETIER, F, B QUENOUILLE, E SCHWOERTZIG, S. GAUCHERAND, S LAVOREL, et P THIEVENT. *Les enjeux de l'équivalence écologique pour la conception et le dimensionnement de mesures compensatoires d'impacts sur la biodiversité et les milieux naturels*. Sciences Eaux & Territoires , IRSTEA, 2012.
- RECORD. *Mesure de la biodiversité et évaluation des services écosystémiques des milieux restaurés. Méthodes et retours d'expériences*. 142 p, n°17-1021/1A, RECORD, 2018.
- Région de Lorraine. *Schema régional de cohérence écologique : Elaboration de la trame verte et bleue*. Region de Lorraine, 2015.

- REGNERY, B. *Les mesures compensatoires pour la biodiversité, Conception et perspectives d'application*. Paris: L'UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE ÉCOLE DOCTORALE DIVERSITÉ DU VIVANT, MNHN, 2013.
- REGNERY, B. «Les mesures de biodiversité pour évaluer des pertes et gains écologiques : Exemple des micro-habitats d'arbre en milieu forestier.» Montpellier, 2012.
- REGNERY, B, et al. *Mesures compensatoires pour la biodiversité : comment améliorer les dossiers environnementaux et la gouvernance ?* Sciences Eaux & Territoir, 2013.
- VANDEVELDE, JC. *Les instruments d'évaluation des impacts sur la biodiversité : entre aménagement du territoire et conservation*. Orléans: ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE L'HOMME ET DE LA SOCIÉTÉ, Université d'Orléans, 2014.
- ZUCCA, M. *L'artificialisation des espaces de continuités écologiques en Île-de-France*. ORENAF, OFB, non encore publié, 2020.