



HAL
open science

Analyse de la prise en compte de la biodiversité des projets d'infrastructures de transport en milieu urbain : exemple du Tram 12 express

Tiffany Poquet

► To cite this version:

Tiffany Poquet. Analyse de la prise en compte de la biodiversité des projets d'infrastructures de transport en milieu urbain : exemple du Tram 12 express. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-02087627

HAL Id: dumas-02087627

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02087627>

Submitted on 2 Apr 2019

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Année universitaire : 2017 - 2018

Spécialité :

Génie de l'Environnement

Spécialisation (et option éventuelle) :

PAMEQ

Mémoire de fin d'études

d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Analyse de la prise en compte de la biodiversité des projets d'infrastructures de transport en milieu urbain : exemple du Tram 12 express

Par : Tiffany POQUET



Soutenu à Rennes, le 19 septembre 2018

Devant le jury composé de :

Président : Ivan BERNEZ (Agrocampus Ouest)

Autres membres du jury : Adelaïde FICHE (Folk Paysage)

Maître de stage : Mireille FALQUE (Egis)

Enseignant référent : Jacques HAURY (Agrocampus Ouest)

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation
« Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France »
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



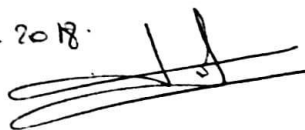
Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Confidentialité

Non Oui si oui : 1 an 5 ans 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible ⁽¹⁾.

Date et signature du maître de stage ⁽²⁾ : 12.10.2018



A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

Droits d'auteur

L'auteur⁽³⁾ Poquet Tiffany

autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif) accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-BY-NC-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'auteur : 21/10/2018



Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

Table des matières

Remerciements	
Préambule	
1. Introduction	1
2. Matériel et méthode	3
2.1 Présentation du site d'étude.....	3
2.1.1 <i>Situation géographique et aires d'étude du projet</i>	3
2.1.2 <i>Présentation du projet Tram 12 express</i>	3
2.1.3 <i>Enjeux naturels du site d'étude</i>	5
2.2 Méthodologie	7
2.2.1 <i>Les principaux documents consultés</i>	7
2.2.2 <i>Mise en place d'une méthode d'évaluation globale des projets d'infrastructures de transport</i>	8
2.2.3 <i>Analyse du suivi écologique et des mesures en phase travaux</i>	10
3. Résultats	11
3.1 Mise en place d'une méthode d'analyse globale de projet	11
3.2 Analyse du suivi écologique et des mesures en phase travaux.....	13
3.2.1 <i>Recommandations concernant les mesures en phase travaux</i>	13
3.2.2 <i>Objectifs et contraintes associés aux mesures en phase travaux</i>	14
3.2.1 <i>Évaluation des effets du non-respect des mesures</i>	15
3.2.2 <i>Vérification de la réalisation effective des mesures</i>	15
3.2.3 <i>Diagnostic du non-respect des mesures</i>	16
3.2.4 <i>Propositions d'adaptation des mesures suivant les observations du suivi</i> ...	17
3.2.5 <i>Capitaliser sur l'expérience de suivi écologique</i>	19
4. Discussion	22
4.1 Retour sur les résultats	22
4.1.1 <i>Mise en place d'une méthode d'analyse globale du projet</i>	22
4.1.2 <i>Analyse du suivi écologique et des mesures de réduction en phase travaux</i>	

4.1.3	<i>Limites de la méthodologie appliquée et propositions d'amendements.....</i>	23
4.2	Propositions de mesures de réduction en phase exploitation	24
4.2.1	<i>L'avis du CNPN</i>	24
4.2.2	<i>Éléments végétalisés</i>	24
4.2.3	<i>Hôtels et spirales à insectes.....</i>	25
4.3	Comment améliorer la prise en compte de la biodiversité dans les projets d'infrastructures de transport ?	26
4.3.1	<i>Vers une conception multi acteurs des projets</i>	26
4.3.2	<i>Mieux évaluer les impacts pour les éviter, réduire et compenser</i>	26
4.3.3	<i>Conforter la sensibilisation sur les chantiers.....</i>	28
5.	Conclusion.....	29
	Bibliographie	30
	Bibliographie juridique	33
	Bibliographie des documents d'orientation	33
	Annexes.....	I
	Annexe 1 : Carte des continuités écologiques du SRCE au sein de la zone d'étude (fond de carte : carmen.developpement.gouv.fr)	I
	Annexe 2 : Tableau récapitulatif des principales actions des documents d'orientation étudiés.....	II
	Annexe 3 : Dates de passage des visites de l'écologie dans le cadre du suivi écologique en phase travaux.....	V
	Annexe 4 : Tableau d'analyse globale du projet T12 express (EI : étude d'impact, CNPN : dossier « CNPN », NA : Non Applicable).....	VI
	Annexe 5 : Comparaison des différents types de toitures végétalisées (Source : ODBU <i>et al.</i> , 2011)	IX

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique et périmètre de la zone d'étude (Source : IGN IDF – BD IAURIF)	3
Figure 2 : Tracé du projet tram T12 express (Source : tramtrain-massyevry.fr)	4
Figure 3 : Carte des principales zones à enjeu écologique (fond de carte : carmen.developpement-durable.gouv.fr)	6
Figure 4 : Logigramme de l'élaboration et de l'application de la méthode d'évaluation globale de projet	9
Figure 5 : Talus du Parc du Séminaire (gauche) et secteur du bois de Saint-Eutrope avec évacuation (droite) (Source : Egis Environnement, 2018)	16
Figure 6 : Grenouille rieuse observée au sein des emprises (gauche) et endommagement des clôtures (droite) (Source : Egis Environnement, 2018)	17
Figure 7 : Renouée du Japon au bord de l'A6 (gauche) et Herbe de la pampa à Ris-Orangis (Source : T. Poquet et Egis Environnement, 2018).....	18

Liste des tableaux

Tableau 1 : Plan d'évaluation	8
Tableau 2 : Synthèse des résultats de la méthode d'analyse de projet pour le Tram 12 express	11
Tableau 3 : Méthodes de gestion des EEE appliquées en fonction du groupe d'espèces et du type d'emprise.....	19
Tableau 4 : Synthèse de l'application des mesures de réduction en phase travaux.....	20

Liste des acronymes

AE : Autorité Environnementale

CNPN : Conseil National de Protection de la Nature

CPER : Contrat de Plan État-Région

DCE : Dossier de Consultation des Entreprises

DRIEE : Direction Régionale Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie

DUP : Déclaration d'Utilité Publique

EEE : Espèces Exotiques Envahissantes

ENS : Espace Naturel Sensible

ERC : Éviter – Réduire – Compenser

FCM : Fuzzy Cognitive Map

FNTP : Fédération Nationale des Travaux Publics

LPO : Ligue pour le Protection des Oiseaux

PLU : Plan Local d'Urbanisme

RER : Réseau Express Régional

SDRIF : Schéma Directeur de la Région Île-de-France

SNCF : Société Nationale des Chemins de Fer

SRCE : Schéma Régional de Cohérence Écologique

STIF : Syndicat des Transports d'Île-de-France

TVB : Trame Verte et Bleue

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ma maîtresse de stage, Mireille Falque, pour m'avoir permis de réaliser ce stage, m'avoir suivie tout au long de ces six mois et m'avoir donné l'opportunité de continuer encore l'aventure. Je remercie également mon enseignant référent, Jacques Haury, pour sa relecture et ses conseils. Merci à Catherine Juhel, pour avoir répondu à mes sollicitations malgré un emploi du temps très chargé.

Merci à Catherine, la maman de tous, pour m'avoir accueillie à Montreuil. Merci également à toutes les personnes du plateau de Montreuil, pour la bonne ambiance, les goûters, les Olympiades et les discussions en tout genre. Merci aux collègues d'Egis que j'ai pu croiser à Saint-Quentin, et à ceux de toute la France avec qui j'ai travaillé, pour leur accompagnement.

Merci aux PAMEQ, pour cette fin d'études si plaisante à vos côtés, pour votre humour, votre soutien, les ballades dans la nature et les débats passionnés sur l'écologie.

Merci à ma famille, pour leur soutien tout au long de mes études.

Enfin, merci à Philippe, pour sa présence au quotidien.

Les racines enfoncées dans le sol, les branches protectrices des jeux de l'écureuil, du nid et des ramages des oiseaux, l'ombre accordée aux bêtes et aux hommes, la tête en plein ciel. Connais-tu une plus sage et plus bienfaitrice méthode d'exister ?

M. Yourcenar, *Écrit dans un jardin*

Préambule

Au cours des six mois de stage passés chez Egis Environnement, j'ai participé à de nombreux projets : étude d'impact, dossier loi sur l'eau, mise en compatibilité de PLU, dossier CNPN, suivi de la gestion différenciée d'espaces verts, diagnostic de patrimoine écologique, rédaction de fiches...

Le présent mémoire s'appuie sur l'un de ces projets.

1. Introduction

En France, la loi de 1976 relative à la protection de la nature et son décret d'application n°77-1141 du 12 octobre 1977 ont initié l'intégration des questions environnementales dans les projets d'aménagement, notamment via la notion d'étude d'impact et de la séquence Eviter-Réduire-Compenser (ERC). Cette loi fondatrice a fixé les bases de nombreux articles du Code de l'Environnement. Suite au Grenelle de l'Environnement de 2007, la réglementation a encore évolué pour améliorer la prise en compte de la biodiversité dans l'aménagement du territoire, bien que cela reste encore imparfait (Sétra 2011; Vanpeene-Bruhier *et al.*, 2013; Bigard *et al.*, 2018).

Le terme « biodiversité », créé en 1986 par Walter Rosen, occupe une place de plus en plus importante dans les débats publics et scientifiques depuis la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement, aussi appelée Sommet de Rio, et la signature de la Convention sur la diversité biologique en 1992. Cette appellation, qui a notamment servi de socle pour l'élaboration de l'Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire en 2001, reste complexe et est l'objet de plusieurs définitions (Bartkowski *et al.*, 2015). D'après Gaston (1996), la biodiversité correspond à la diversité biologique des gènes, des espèces et des écosystèmes dans l'espace et dans le temps, ainsi que les interactions au sein de ces niveaux d'organisation et entre eux. La définition issue de la Convention sur la diversité biologique y intègre les objectifs de conservation liés à la biodiversité. L'utilisation du terme « biodiversité » n'est donc pas anodine car elle dépend des valeurs que lui associent ceux qui l'emploient (Gaston & Spicer, 2004).

Le concept de biodiversité est ainsi intimement lié à sa protection. En France, l'intégration de la protection de la biodiversité dans la conception et la gestion des infrastructures de transport est soumise à un cadre réglementaire. Les études d'impact, imposées aux maîtres d'ouvrages dans la démarche d'évaluation environnementale sur certains aménagements, analysent l'état initial des milieux naturels, évaluent la nature et l'intensité des impacts (Fourès & Pech, 2015) et s'appuient sur la séquence ERC : proposer des mesures pour éviter les impacts sur l'environnement, puis les réduire et, lorsque c'est nécessaire, compenser les impacts résiduels du projet (CGDD, 2013; Bigard *et al.*, 2018). Ces études sont réalisées afin « de conserver globalement la qualité environnementale des milieux, et si possible d'obtenir un gain net, en particulier pour les milieux dégradés, compte tenu de leur sensibilité et des objectifs généraux d'atteinte du bon état des milieux» (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 2012; Bigard *et al.*, 2018).

Les aménageurs font appel à des bureaux d'études pour l'élaboration de ces documents. Des inventaires écologiques sont réalisés afin d'identifier les espèces présentes et éviter leur destruction. Différents taxons sont étudiés et le statut des espèces est spécifié (liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), rareté, état de conservation, protection...).

Dans l'aménagement du territoire, le secteur du transport joue un rôle prépondérant par son importance dans la croissance économique et sociale. Le développement de ces infrastructures répond aux enjeux d'urbanisation croissants : près des deux tiers de la population mondiale sera urbaine en 2050 (World Bank, 2017). Malgré les nombreux avantages qu'apportent ces réseaux de transport, leur impact sur l'environnement pose question. Les infrastructures linéaires de transport sont des éléments fragmentant du territoire causant des pertes d'habitat, des effets de barrière, augmentant l'artificialisation des sols, propageant certaines espèces invasives et favorisant les espèces ubiquistes au détriment des autres (Forman *et al.*, 2003; Vandeveld *et al.*, 2012; Mallard, 2014). Selon

Forman *et al.* (2003), les impacts sur l'environnement des routes et autoroutes représenteraient près de 20% de la superficie des pays industrialisés.

Le « roadkill » ou la mortalité des espèces par collision est un phénomène important, qui représenterait plusieurs dizaines de millions d'individus par an (Seiler, 2001). La mortalité par collision touche principalement les mammifères, les rapaces, les amphibiens, les reptiles et les insectes. Le roadkill dépend de l'activité des espèces et de l'intensité du trafic. Ainsi, le taux de mortalité des amphibiens sur les routes de plus de 60 véhicules par heure atteint presque 100% (Fourès & Pech, 2015). Même si la collision ne conduit pas à la mort de l'individu, ses blessures facilitent la prédation (Neumann *et al.*, 2012).

Les infrastructures de transport sont aussi responsables de la fragmentation des habitats, cause majeure de disparition de la biodiversité (Geneletti, 2004; Fourès & Pech, 2015), par leur « effet barrière », obstacle à la migration des individus et aux flux génétiques (Mallard, 2014). Afin d'intégrer les infrastructures de transport nouvelles ou existantes au sein du territoire, celles-ci doivent prendre en compte la Trame verte et bleue, réseau de continuités écologiques apparues dans le champ législatif et réglementaire pour donner suite au Grenelle de l'Environnement. Ces continuités écologiques, identifiables dans les Schémas Régionaux de Cohérence Écologique (SRCE), se retrouvent en milieu urbain avec les espaces verts, les parcs urbains et les friches (Rochard *et al.*, 2018).

Enfin, la pollution et les perturbations sonores et lumineuses induites par les infrastructures de transport ont des impacts indirects sur la flore et la faune. Le bruit et les sources lumineuses affectent la reproduction de certaines espèces. Coffin (2007) a montré que le dérangement sonore en phase travaux et en phase exploitation conduit à une sélection des oiseaux nichant dans les dépendances vertes. De plus, le chant des amphibiens mâles devient moins perceptible à proximité des infrastructures très fréquentées. Chez les insectes, la lumière artificielle a un pouvoir attractif et brouille leurs repères habituels (lune, étoiles). Ils se retrouvent piégés par la lumière des lampadaires. D'autres espèces à phototactisme négatif, comme les chiroptères, sont contraintes de modifier leurs déplacements. En outre, la lumière artificielle peut accentuer le risque de collision de nuit, malgré un trafic moins important (Sordello *et al.*, 2014). La pollution liée au trafic des véhicules et à l'entretien des bords de routes/voies dégrade la qualité des eaux et des milieux naturels (Forman *et al.*, 2003) et a des effets néfastes pour les espèces, dû au phénomène de bioaccumulation dans les chaînes alimentaires (Mallard, 2014). Lors des travaux, la poussière mise en suspension dans l'air par les engins de chantier inhibe la photosynthèse des plantes (Mallard, 2014).

Nous analyserons ici la prise en compte de la biodiversité dans les projets d'infrastructures de transport en milieu urbain à travers l'exemple du projet Tram T12 express. **Comment est prise en compte la biodiversité dans le cadre de ce projet ? Comment évaluer la démarche globale du projet vis-à-vis de la biodiversité ? Comment est mené le suivi écologique et la prise en compte des mesures en phase travaux ?**

Afin de répondre à ces questions, nous élaborerons une méthode d'évaluation de projet d'infrastructure de transport puis l'appliquerons au projet de Tram 12 express. Dans un second temps, nous analyserons la conduite du suivi écologique mené sur chantier dans le but de capitaliser sur l'expérience de ce projet. Cette vue d'ensemble du projet, complétée par un point sur la phase travaux, permettra d'identifier ses points forts et ses points faibles pour proposer des mesures et des pistes d'amélioration de l'intégration des questions écologiques dans les projets d'infrastructures de transport.

2. Matériel et méthode

2.1 Présentation du site d'étude

2.1.1 Situation géographique et aires d'étude du projet

Le site d'étude se situe en Essonne (91). Treize communes sont principalement concernées : Palaiseau, Massy, Champlan, Longjumeau, Chilly-Mazarin, Épinay-sur-Orge, Savigny-sur-Orge, Morsang-sur-Orge, Viry-Châtillon, Grigny, Ris-Orangis, Courcouronnes et Évry. Les communes de Villemoisson-sur-Orge, Morangis et Fleury-Mérogis ne sont pas traversées par le projet mais se situent dans l'aire d'étude de 500 m autour du tracé (Figure 1).

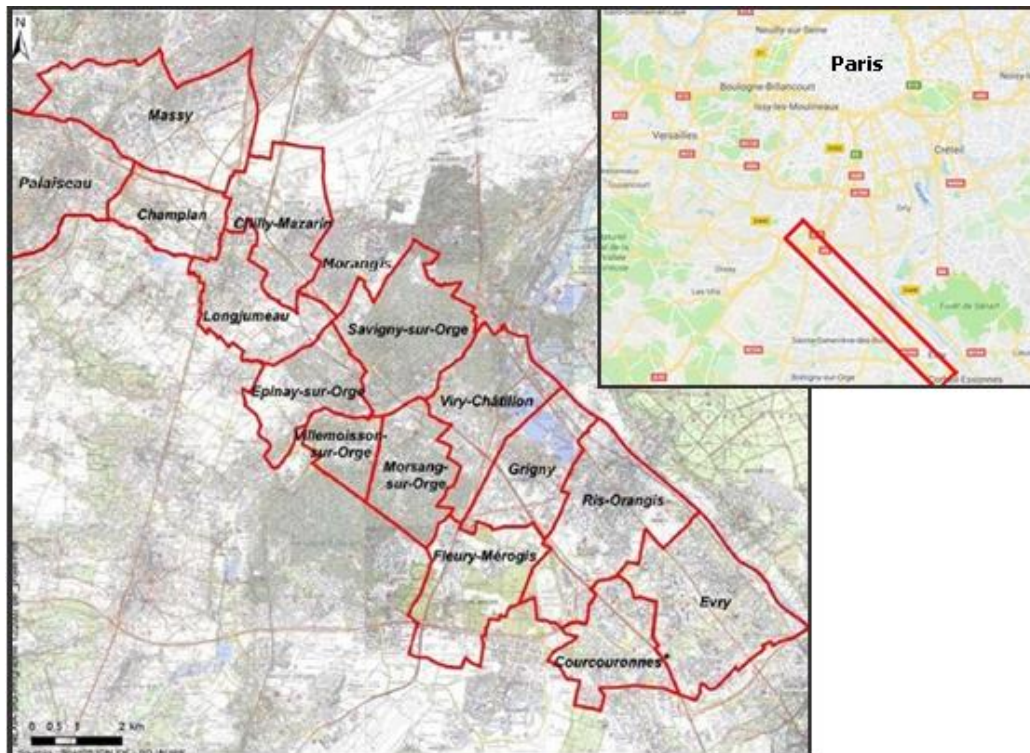


Figure 1 : Situation géographique et périmètre de la zone d'étude (Source : IGN IDF – BD IAURIF)

Ce territoire est situé en grande couronne d'Île-de-France sous l'influence de la capitale. Il s'agit d'un territoire hétérogène affecté par l'urbanisation progressive de la région parisienne. Le secteur de Massy-Palaiseau est caractérisé par un environnement ferroviaire dense et une activité tertiaire importante. Les secteurs autour de la vallée de l'Yvette sont essentiellement composés de zones urbaines pavillonnaires et de parcs. Les secteurs autour de la vallée de l'Orge jusqu'à Grigny sont dominés par des habitats collectifs et pavillonnaires. Entre Grigny et Évry, le territoire est plus ouvert avec la présence de grands espaces vides.

2.1.2 Présentation du projet Tram 12 express

Le projet Tram 12 express consiste en la réalisation d'une liaison ferrée de type tram-train entre la gare RER B Massy-Palaiseau et la gare RER D d'Évry en Essonne (91) ainsi que la création d'un atelier de maintenance et de remisage sur les communes de Massy et de Palaiseau (Île-de-France Mobilités, 2018).

L'origine de la ligne T12 s'inscrit dans le projet de Tangentielle Sud-Ouest ayant pour objectif de relier Versailles à Melun par RER, en passant par Massy et Évry. Jugé trop

coûteux, le projet a été abandonné. Un nouveau projet plus modeste a alors vu le jour : relier Massy et Évry par un tram-train, système de transport en commun permettant de circuler sur des voies de tramway et sur le réseau ferroviaire du RER. La Déclaration d'Utilité Publique a été obtenue le 22 août 2013. La mise en service de la ligne est prévue pour 2021-2022.

Le tracé se décompose en deux parties entre les pôles multimodaux de Massy-Palaiseau et Évry-Courcouronnes (Figure 2) :

- une section existante exploitée en mode ferroviaire entre Massy-Palaiseau et Épinay-sur-Orge où les dessertes tram-train se substituent à celles de l'actuel RER C ;
- une section urbaine exploitée en mode tramway entre Épinay-sur-Orge et Évry.

Le tracé, d'une longueur de 20,4 km, comporte 16 arrêts dont 5 existants et 11 à créer. La section urbaine comporte 10 stations. La section existante est sous la maîtrise d'ouvrage de SNCF Réseau, la section urbaine est sous la maîtrise d'ouvrage de Transamo mandaté par la société Île-de-France Mobilités (ex-STIF).

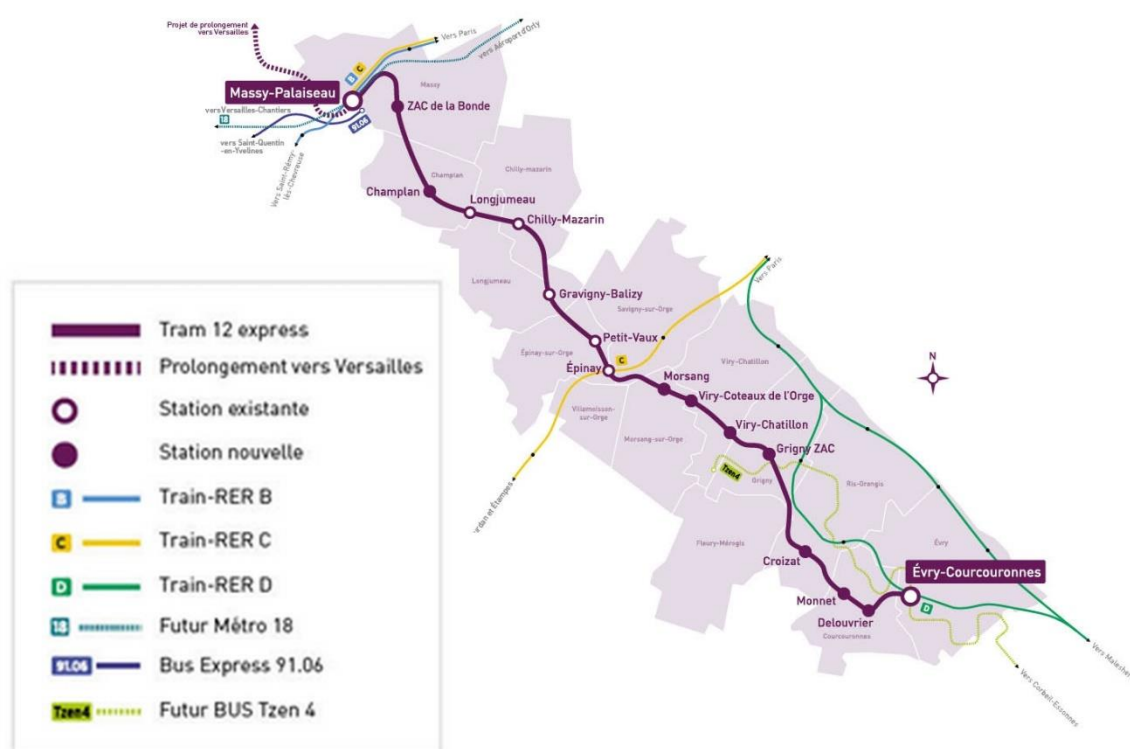


Figure 2 : Tracé du projet tram T12 express (Source : tramtrain-massyevry.fr)

Le projet T12 est inscrit au Contrat de Projet État Région (CPER) 2007-2013 et au Schéma directeur de la région Île-de-France (SDRIF). Il a pour but de répondre aux besoins de déplacements ferroviaires de banlieue à banlieue au sein de l'agglomération francilienne et d'offrir un vecteur de renouvellement urbain dans un secteur où le déséquilibre emploi/habitat est fort. L'arrivée du tram T12 participera à améliorer les liaisons intercommunales en transport en commun et offrira un moyen de transport attractif en lien direct avec les RER B, C et D. Le projet permettra de relier deux pôles d'emplois majeurs, Massy et Évry, en 39 minutes sans correspondance, avec un tram toutes les 10 min en heure de pointe. À sa mise en service, 40 000 voyageurs par jour sont attendus

sur la ligne (Île-de-France Mobilités, 2018). Le tram T12, en améliorant l'offre de transport en commun en Île-de-France, représente un projet d'intérêt public majeur. Le tramway s'intégrera dans la ville via des aménagements de l'espace urbain améliorant le cadre de vie et favorisant l'utilisation de modes de transport doux. Afin d'éviter toute coupure importante des espaces traversés, le tram-train s'insère le long d'infrastructures déjà existantes, à savoir la ligne du RER C et l'autoroute A6 (Île-de-France Mobilités, 2018).

Le projet de tram-train relie Massy à Évry en Essonne en s'intégrant au droit d'infrastructures existantes. Le tracé est composé d'une section ferroviaire déjà existante entre Massy et Épinay-sur-Orge et d'une section urbaine entre Épinay-sur-Orge et Évry.

2.1.3 Enjeux naturels du site d'étude

L'Essonne possède un fort patrimoine écologique, notamment avec ses 34 407 ha d'espaces boisés représentant 81% des milieux naturels du département. Cependant, l'urbanisation y est aujourd'hui très forte et de nombreuses infrastructures (voies ferrées, routes,...) fractionnent le territoire (Conseil Général de l'Essonne & Biotope, 2012). L'ensemble du projet de Tram 12 express se situe en milieu urbain. Néanmoins, certains périmètres de protection et d'inventaires sont identifiés à proximité du tracé.

Cinq Espaces Naturels Sensibles (ENS) sont identifiés (IGN & Conseil Départemental de l'Essonne, 2014) : sur la partie nord du domaine de Vilgénis à Massy, la butte Chaumont à Champlan, le Parc du Château du Séminaire à Morsang-sur-Orge, le Bois de Saint-Eutrope et les bois à proximité sur les communes de Ris-Orangis et Fleury-Mérogis.

Les sites Natura 2000 les plus proches sont « les marais d'Itteville et de Fontenay-le-Vicomte » (FR1110102) et « les marais des basses vallées de la Juine et de l'Essonne » (FR1100805) situés respectivement à 5,5 et 8 km du tracé. Compte tenu de la nature du projet et de son insertion au droit d'infrastructures déjà existantes, le projet n'aura pas d'impact sur les zones Natura 2000 à proximité (Egis, 2012).

Plusieurs Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de type I et II sont recensées à proximité du tracé : le Bois de Saint-Eutrope à Fleury-Mérogis, le Bassin de Saulx-les-Chartreux, les vallées de la Bièvre, de l'Yvette aval et de l'Orge de Dourdan à la Seine. Compte tenu du contexte urbain du territoire, ces espaces présentent un intérêt écologique et peuvent servir de refuges pour les espèces.

Des zones humides sont identifiées à Longjumeau et au Parc du Séminaire à Morsang-sur-Orge. Les vallées de la Seine, de l'Yvette et de l'Orge sont recensées en zones humides par l'étude de la Direction Régionale Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE). D'autres zones humides sont potentiellement présentes mais aucune étude complémentaire n'a été menée par Transamo et le Syndicat des Transports d'Île-de-France (STIF) désormais Île-de-France Mobilités.

Des trames vertes et bleues ont été identifiées dans le SRCE adopté par arrêté du préfet de la région Île-de-France en 2013 :

- l'Yvette et l'Orge sont des trames bleues ;
- la vallée de l'Orge au niveau du Parc du Séminaire, les aqueducs de la Vanne et du Loing et la ferme du Bois Briard sur la commune de Courcouronnes sont des trames vertes (*Annexe 1*).

Ainsi, les principales zones à enjeux écologiques sont (Figure 3) :

- Le Bassin de Saulx-les-Chartreux, réserve naturelle régionale et ZNIEFF de type I, située à 800 m du tracé, constituant un maillon important des zones humides régionales.
- Le Parc du Séminaire à Morsang-sur-Orge est géré par la Communauté d'Agglomération du Val d'Orge. Il s'agit d'un site classé au titre des sites et monuments naturels de caractère historique, artistique, scientifique, légendaire ou pittoresque (loi du 2 mai 1930). Le parc est une réserve de biodiversité du territoire et abrite des zones humides.
- Le Bois de Saint Eutrope, classé ZNIEFF de type I, est un espace boisé de 27 ha enclavé aux milieux d'infrastructures routières. Cette chênaie-charmaie aux arbres matures est favorable aux espèces des milieux boisés (avifaune et chiroptères). Ce site est intéressant pour sa richesse floristique avec la présence de trois espèces végétales rares (l'Etoile d'eau, la Dryopteris écaillée et le Polystic à aiguillons) et sa richesse entomologique.
- Les bords de l'Yvette et de l'Orge classés en ZNIEFF de type II. Ces espaces participent à la trame bleue du territoire. Ce sont des zones potentielles de gîtes pour les chiroptères.

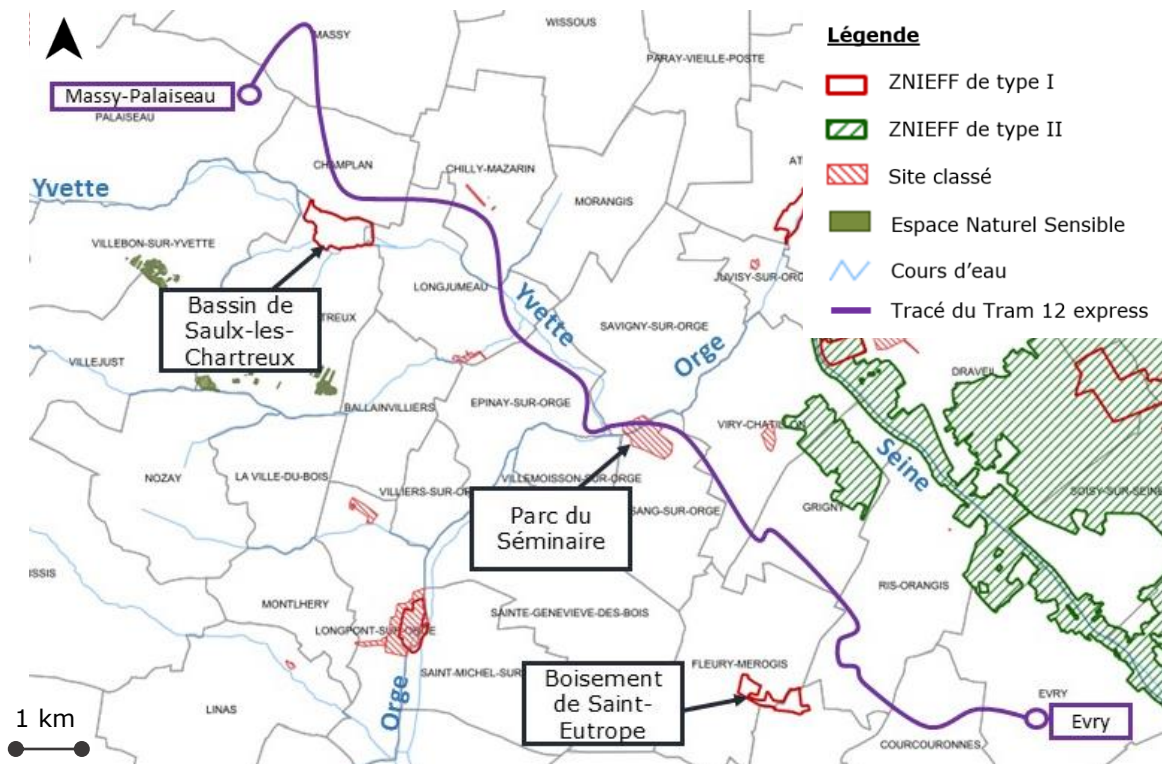


Figure 3 : Carte des principales zones à enjeu écologique (fond de carte : carmen.developpement-durable.gouv.fr)

Le site d'étude est fortement urbanisé. Les zones naturelles présentes n'ont pas un caractère exceptionnel mais sont remarquables compte tenu de l'aspect urbain de la zone d'étude. Le projet doit notamment prendre en compte la présence de ZNIEFF et le Parc du Séminaire de Morsang-sur-Orge au regard des enjeux environnementaux de ces sites (trames vertes et bleues, milieux humides, milieux boisés).

2.2 Méthodologie

2.2.1 Les principaux documents consultés

L'étude de la prise en compte de la biodiversité dans le cadre du projet T12 a reposé sur l'étude de plusieurs documents à caractère réglementaire :

- L'étude d'impact sur l'environnement valant document d'incidence Natura 2000 réalisée par INEXIA en 2012 dans le cadre du dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique (DUP). Ce document comporte notamment une description de l'état initial de l'environnement, des impacts du projet et des mesures envisagées pour éviter, réduire ou compenser ces impacts. Une expertise écologique partielle, sur 4 secteurs naturels a été réalisée par le bureau d'études Rainette entre avril et juin 2012. Tous les groupes n'ont pas été expertisés. Cet inventaire a été réalisé suite à l'avis de l'Autorité Environnementale (AE) sur l'étude d'impact.
- Le dossier de demande de dérogation exceptionnelle de destruction et/ou de déplacement d'espèces protégées au titre des articles L.411-1 et L.411-2 du Code de l'Environnement dit « dossier CNPN » (Conseil National de la Protection de la Nature), réalisé pour l'infrastructure nouvelle entre Épinay-sur-Orge et Évry par Egis Environnement en juin 2017. Les inventaires écologiques ont été réalisés par les bureaux d'études Rainette (données de 2012), OGE, Egis Environnement et Pedon Environnement et Milieux Aquatiques.
- L'avis du CNPN rendu le 27 octobre 2017. Le Conseil National de la Protection de la Nature a rendu un avis favorable sous conditions :
 - une consolidation du dossier autour du plan d'aménagement écologique, à travers une sécurisation des zones concernées au sein des documents d'urbanisme et un programme d'entretien en gestion écologique ;
 - une intégration des mesures de réduction en lien avec les aménagements liés à l'emprise du tram-train (parkings, plateforme, bâtiments) ;
 - des mesures compensatoires plus ambitieuses.
- La réponse à l'avis du CNPN datant de décembre 2017. Les différents points cités ci-dessus sont repris.
- Les comptes-rendus de visites terrain rédigés par l'écologue d'Egis dans le cadre du suivi écologique entre février et juillet 2018.

Les documents associés au projet de Tram 12 express possèdent un biais important : l'intégration des réflexions sur les milieux naturels a été tardive. Le Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) n'intégrait pas les enjeux écologiques. L'inventaire écologique a été effectué après la phase de DUP, suite à l'avis de l'AE. Seules 3 dates de prospections ont été programmées entre avril et juillet sur quatre secteurs à enjeux (la future implantation de l'atelier-garage à Massy-Palaiseau, le parc de Morsang-sur-Orge, le boisement de Saint-Eutrope à Ris-Orangis et quelques boisements le long de la RD446 à Courcouronnes). Tous les groupes n'ont pas été inventoriés, l'étude s'est concentrée sur la flore, les habitats, l'avifaune, l'herpétofaune, l'entomofaune et les chiroptères. Ce délai très court et le faible nombre de secteurs inventoriés ne permettent pas de bien appréhender les enjeux écologiques de l'ensemble du territoire. Il est recommandé d'effectuer un cycle annuel complet de prospections sur le terrain (Vanpeene-Bruhier *et al.*, 2013).

En 2016, Egis a repris les dossiers et a souhaité obtenir une réelle prise en compte de la biodiversité car les inventaires effectués et les emprises du tracé défini montraient des impacts sur les espèces et leurs habitats. Cette action a consisté en la réalisation de nouveaux inventaires écologiques puis l'établissement d'un dossier CNPN. Après une contre-expertise par la CDC Biodiversité demandée par le STIF, le dossier CNPN a été

élaboré, dans des délais courts. La rédaction de ce document a rallongé les procédures d'un an, décalant le début des travaux et augmentant les coûts financiers du projet.

2.2.2 Mise en place d'une méthode d'évaluation globale des projets d'infrastructures de transport

L'élaboration d'une méthode d'évaluation de projet a été menée afin d'évaluer la prise en compte de la biodiversité dans le cadre du Tram 12 express. L'étude a pour but de tester cette méthode dans le cadre du projet, tout en permettant son application à d'autres infrastructures de transport.

La méthode d'évaluation s'appuie sur l'élaboration d'un plan d'évaluation (Bond *et al.*, 1997; Zarinpoush & Imagine Canada, 2006).

Tableau 1 : Plan d'évaluation

Quel est le but de l'évaluation ?	Evaluer dans quelle mesure le projet prend en compte la biodiversité
Qui sont les intervenants ?	Maîtrise d'œuvre, maîtrise d'ouvrage, bureaux d'études, entreprises de travaux publics
Quel type d'évaluation ?	Auto-évaluation Evaluation intermédiaire
Quelles sont les questions d'évaluation ?	Questions d'évaluation liées aux processus, aux extrants ou aux impacts (liste complète au chapitre 3.1)
Quels sont les outils d'évaluation ?	Documents à caractère réglementaires et comptes-rendus (liste complète au chapitre 2.2.1) Entretiens ouverts avec les intervenants

L'évaluation est faite pour être réalisée par le bureau d'études, idéalement par plusieurs personnes connaissant bien le projet. Compte tenu des objectifs de l'évaluation, de l'évaluateur et des ressources à disposition, la méthode choisie est une auto-évaluation intermédiaire, analysant l'efficacité du projet et de ses réalisations à la fin de plusieurs étapes. Elle permet de vérifier que le projet se déroule selon les attentes fixées (Office fédéral du développement territorial (ARE), 2004; Zarinpoush & Imagine Canada, 2006; EVAL Centre de ressources en évaluation, 2018).

L'évaluation doit également répondre à un besoin, ici relatif à l'étude des points forts et des points faibles d'un projet concernant la biodiversité afin que le bureau d'études ou le maître d'ouvrage puisse identifier ce qui puisse être amélioré.

L'évaluation du projet est synthétisée dans un tableau. Elle est segmentée selon les phases d'un projet (conception, travaux, exploitation). Pour chaque phase, des critères sont définis. Ils correspondent aux objectifs qu'un projet doit remplir. Le choix de critères s'est basé sur les obligations réglementaires des projets d'infrastructures de transport et différents guides :

- Théma - Évaluation environnementale - Guide de lecture de la nomenclature des études d'impact (CGDD, 2017a) ;
- Théma - Guide d'aide à la définition des mesures ERC (CGDD, 2017b) ;
- Théma - Guide d'interprétation de la réforme du 3 août 2016 (CGDD, 2017c) ;
- Théma - Infrastructures de transport et urbanisation (CGDD, 2017d) ;
- Guide de la prise en compte des milieux naturels dans les projets d'aménagement du territoire en Seine-Saint-Denis (Conseil Général de la Seine-Saint-Denis & ECOTER, 2014).

Pour chaque critère, un ou plusieurs indicateurs sont définis. Les indicateurs sont ici des facteurs qualitatifs permettant d'apprécier le respect des critères. Ces indicateurs correspondent à des actions mises en œuvre dans le cadre du projet. Ils sont évalués de manière qualitative suivant une échelle à 5 niveaux : 1-Très bon, 2-Bon, 3-Moyen, 4-Mauvais, 5-Très mauvais. Cette évaluation prend en compte la qualité de mise en œuvre de l'action ainsi que le résultat attendu (Figure 4).

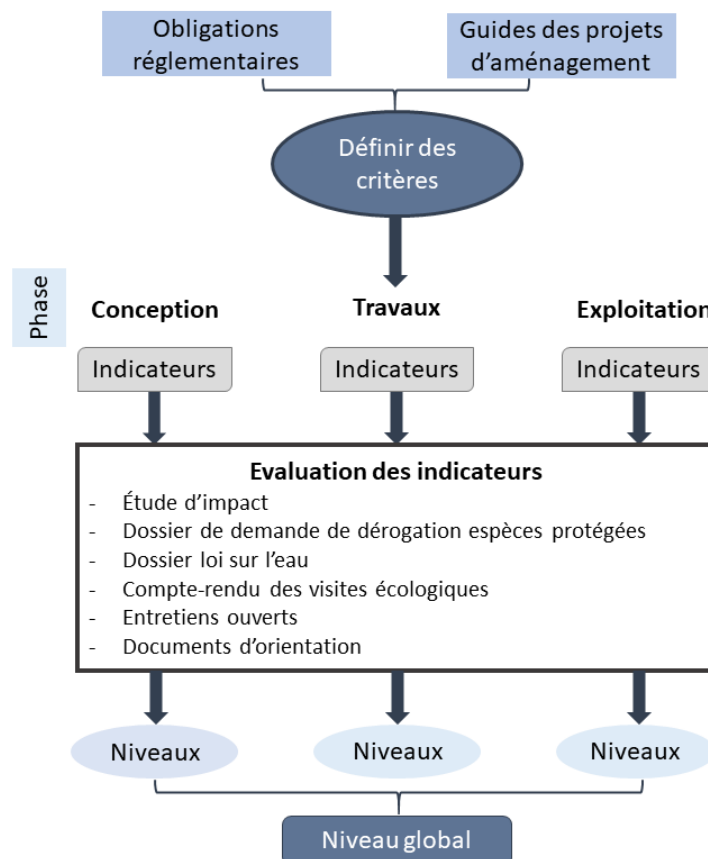


Figure 4 : Logigramme de l'élaboration et de l'application de la méthode d'évaluation globale de projet

Les points forts de cette méthode sont d'obtenir un état des lieux rapide et global, d'identifier facilement les éléments positifs et négatifs du projet, et de pouvoir comparer avec d'autres infrastructures de transport. Cependant, la construction d'une représentation égalitaire de tous les critères peut aboutir à des situations de sur ou de sous-représentation et l'évaluation comporte une part importante de subjectivité.

L'évaluation a été testée avec le projet de Tram 12 express. Le projet étant actuellement en phase travaux sur la partie urbaine du tracé, la méthode a été utilisée uniquement pour les deux premières phases. Une distinction est faite entre l'étude d'impact en amont et le dossier CNPN lancé suite à une alerte d'Egis sur la nécessité de prendre en compte le milieu naturel. On notera que l'évaluation de la phase travaux n'a pu se faire que sur le tracé de l'infrastructure nouvelle entre Épinay-sur-Orge et Évry, à partir des informations détaillées au chapitre 3.2. Les entretiens ouverts ont été conduits essentiellement avec l'écologue d'Egis. Les informations nécessaires à l'évaluation des différents critères sont issues des documents indiqués au chapitre 2.2.1.

Afin de replacer le projet dans un contexte plus général, les enjeux du territoire ont été intégrés comme un critère de la phase conception. L'évaluation des indicateurs associés s'est faite à travers l'étude des principaux documents d'orientation concernant la biodiversité et/ou les infrastructures de transport (cf Bibliographie des documents d'orientation) :

- le Plan d'action infrastructures de transports terrestres (2005) ;
- le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (2013) ;
- la Charte Régionale de la Biodiversité et des milieux naturels (2003) ;
- le Schéma Directeur de la région Île-de-France (2013) ;
- le Schéma Départemental des Espaces Naturels Sensibles (2012-2021) ;
- les Plans Locaux d'Urbanisme des communes concernées.

Ce critère a été évalué à partir d'une analyse plus approfondie à différentes échelles (nationale, régionale, départementale, communale). L'analyse complète est disponible en *Annexe 2*.

La méthode utilisée permet d'évaluer qualitativement un projet d'infrastructure de transport après les phases de conception, de travaux et d'exploitation. Elle est mise en application pour le projet T12. Une étude approfondie a été conduite sur la prise en compte de la biodiversité durant la phase travaux actuellement en cours.

2.2.3 Analyse du suivi écologique et des mesures en phase travaux

Les suivis en phase chantier

Dès le début de la phase travaux, un suivi des mesures environnementales est mis en place afin de s'assurer de la réalisation des mesures écologiques prévues et de leur efficacité. Le suivi permet, si besoin, de proposer des mesures correctives ou complémentaires qui n'ont pu être anticipées avant le début des travaux et qui n'empêchent pas la réalisation des mesures à venir.

Deux types de suivis sont réalisés :

- Le suivi environnemental de chantier, supervisé par le coordonnateur environnement (chargé d'études chez Egis). Le coordonnateur environnement assiste la maîtrise d'ouvrage dans le déroulement de la prise en compte de l'environnement du projet. Il peut proposer des adaptations des mesures. Durant les visites mensuelles, le coordonnateur environnement contrôle les installations de chantier, les aires de stockage, le bruit, la gestion des déchets, la gestion des eaux, la pollution, le respect des mises en défens,
- Le suivi écologique, effectué par l'écologue d'Egis dans le but de contrôler la mise en place des mesures écologiques sur le chantier et, le cas échéant, de proposer des adaptations. L'intervention de l'écologue (fréquence des visites et temps passé sur place) varie selon les enjeux écologiques identifiés et la période de travaux concernée (*Annexe 3*). Un intérêt particulier est porté aux espèces ayant fait l'objet d'une demande de dérogation et aux espèces exotiques envahissantes (EEE). L'écologue intervient en semaine lors des périodes d'activité.

Le suivi des mesures liées à la biodiversité étant essentiellement accompli par l'écologue, seul son suivi écologique sur la partie urbaine du tracé est ici analysé.

Retour du suivi écologique

Un reporting du suivi écologique sous forme de tableau Excel a été proposé par l'écologue d'Egis. Cependant, par manque de temps, il n'a pas été accompli. Pour pallier cette absence, un tableau de bord adapté du modèle d'Egis a été construit lors de cette étude afin de suivre le respect des engagements de la maîtrise d'ouvrage (*Tableau 4*). Les comptes-rendus de visites du suivi écologique décrivent la mise en place des mesures par les entreprises et proposent des actions correctives. Afin d'avoir une vision d'ensemble du suivi sur la période février-juillet 2018, toutes les mesures mises en place sur les zones de travaux en cours ont été analysées en suivant l'ordre des points suivants :

- recommandations concernant les principales mesures de réduction. Ces recommandations ont été définies au préalable, avant le début des travaux. Les recommandations explicitées concernent les principales mesures de réduction en phase travaux, celles très suivies lors des visites ;
- objectifs et contraintes associées aux mesures ;
- effets du non-respect des mesures ;
- vérification de la réalisation effective des mesures ;
- propositions d'adaptation des mesures suivant les observations du suivi ;
- capitaliser sur l'expérience.

Une analyse du suivi écologique a été menée pour la période février-juillet 2018 dans le but d'être intégrée dans l'évaluation globale et de capitaliser sur l'expérience acquise.

3. Résultats

3.1 Mise en place d'une méthode d'analyse globale de projet

La méthode d'analyse globale de projet d'infrastructure de transport, appliquée au projet de Tram 12 express, est détaillée dans l'*Annexe 4* et synthétisée dans le *Tableau 2*.

Tableau 2 : Synthèse des résultats de la méthode d'analyse de projet pour le Tram 12 express

		Etude d'impact	Dossier CNPN
CONCEPTION	Apport de la bibliographie	NA	Moyen
	Définition des aires d'étude	Bon	Bon
	Prise en compte des espèces et des milieux	Moyen	Bon
	Réalisation de l'expertise naturaliste	Mauvais	Moyen
	Identification des impacts du projet sur la biodiversité	Très mauvais	Bon
	Respect de la séquence ERC	Très mauvais	Bon
	Préconisation des mesures ERC	Mauvais	Très bon
	Ambition des mesures préconisées	Moyen	Moyen
	Prise en compte de la TVB	Bon	Très bon
	Enjeux du territoire	Moyen	Moyen
		Suivi écologique	
TRAVAUX	Application des mesures ERC préconisées	Bon	
	Implication des entreprises	Bon	
	Mise en place du suivi écologique	Très bon	
	Application de sanctions	Très bon	
	Remise en état après les travaux	NA	

En phase conception, dix critères ont été évalués.

L'apport de la bibliographie est limité et se résume principalement à quelques études antérieures sur le territoire.

Plusieurs aires d'étude ont été définies afin d'appréhender les différents enjeux environnementaux. Trois aires d'étude sont définies pour l'étude d'impact (l'aire d'étude : 500 m de part et d'autre du tracé ; l'aire d'étude restreinte : 250 m ; et l'aire d'étude élargie à l'échelle du territoire). Le dossier CNPN étudie une bande élargie à 300 m sur les secteurs à enjeux et une bande de 100 m sur les autres secteurs.

La prise en compte des espèces et des milieux est globalement bonne mais aurait dû faire l'objet d'une analyse plus approfondie sur les lieux de nidification/refuge/alimentation, les zones de migration dans l'étude d'impact.

La réalisation de l'expertise naturaliste complémentaire de la phase de DUP a été rapide et partielle. Celle du dossier CNPN est satisfaisante car elle intègre un nombre suffisant de prospections sur plusieurs mois.

L'identification des impacts du projet sur la biodiversité a souffert de la mauvaise identification des enjeux du territoire dans l'étude d'impact. Le dossier CNPN a permis une meilleure définition des impacts du projet, en cohérence avec les enjeux du territoire.

La séquence ERC n'a pas été respectée dans l'étude d'impact car l'évitement a été intégré après la définition des mesures. L'évitement avait d'abord été défini pour ses impacts sur le milieu humain. Ce n'est que lors de l'élaboration du dossier CNPN qu'il a été intégré autant que possible dans le projet.

Les préconisations des mesures ERC ne sont pas satisfaisantes dans l'étude d'impact (absentes ou incohérentes avec les impacts). Le dossier CNPN a ajouté de nombreuses mesures, dont des mesures d'évitement.

L'ambition des mesures proposées pourrait être améliorée mais on retiendra néanmoins la toiture et la plateforme végétalisés.

La TVB est principalement prise en compte dans le jumelage du projet avec d'autres infrastructures de transport et les ouvrages réduisant la fragmentation, comme la conservation du passage à faune sous l'A6 par exemple.

D'après l'analyse des documents d'orientation applicables au projet, **les principaux enjeux du territoire à prendre en compte sont** : les trames vertes et bleues, la sensibilisation et la communication auprès de la population, la fragmentation des habitats et la gestion des espaces verts et des bordures de voies (*Annexe 2*).

En phase travaux, quatre critères ont été évalués (à mi-parcours sur la période février-juillet). Le détail de l'analyse du suivi écologique est détaillé au chapitre 3.2.

L'application des mesures ERC est globalement bonne en raison d'une application assez stricte des préconisations et une adaptation rapide en cas de problème.

Les entreprises ont été globalement bien impliquées sur les questions écologiques, en sollicitant de nombreuses fois l'écologue (espèces exotiques envahissantes, intempéries, espèces sur les emprises...).

La mise en place du suivi écologique a été efficace et a permis une présence forte sur les chantiers, assurant une bonne réactivité.

Aucune sanction n'a été appliquée concernant la biodiversité.

A partir de l'analyse de la phase conception et du début de la phase travaux, la prise en compte de la biodiversité dans le cadre du projet Tram 12 express est globalement « moyenne ». La prise en compte de la biodiversité lors de la phase de DUP est mauvaise, mais de nouveaux inventaires écologiques et l'élaboration du dossier CNPN ont permis de préciser les impacts du projet sur le milieu naturel et d'intégrer de nombreuses mesures, dont des mesures d'évitement qui manquaient à la précédente étude. Les efforts fournis a posteriori ont été très importants et ont permis de réduire significativement les impacts. Actuellement, le suivi écologique se déroule correctement.

Plusieurs critères satisfaisants méritent d'être soulignés :

- le jumelage avec d'autres infrastructures de transport sur une grande partie du tracé pour le critère « prise en compte de la TVB » ;
- la bonne mise en place des mesures en phase travaux ;
- la mise en place d'un suivi écologique régulier et la bonne réactivité en cas de problème ;
- l'implication des entreprises de travaux publics dans la prise en compte de la biodiversité sur les chantiers ;
- l'avis favorable du CNPN, le premier en Île-de-France depuis 2 ans.

Le projet T12 a été évalué sur les phases conception et travaux. La prise en compte de la biodiversité est globalement « moyenne » avec une forte disparité entre l'étude d'impact et le dossier CNPN.

L'analyse du suivi écologique en phase travaux a plus particulièrement été analysée afin d'établir un diagnostic du non-respect des mesures et de capitaliser sur l'expérience acquise lors de ce projet.

3.2 Analyse du suivi écologique et des mesures en phase travaux

Avant le démarrage des travaux, l'écologue a effectué des visites de reconnaissance écologique du terrain afin de valider l'absence d'espèces protégées dans l'emprise du projet. Les visites s'étant déroulées en période hivernale et l'activité de certaines espèces étant réduite, la reconnaissance des amphibiens, reptiles, chiroptères et certains mammifères en léthargie ont consisté à rechercher les potentialités de présence.

3.2.1 Recommandations concernant les mesures en phase travaux

Les recommandations concernant les principales mesures de réduction en phase travaux sont explicitées ci-dessous. Il s'agit des mesures très suivies lors des visites.

Abattage des arbres

En premier lieu, l'abattage des arbres doit être réalisé sur les secteurs sensibles où les enjeux pour la faune, notamment l'avifaune et les chiroptères, sont importants. Les grands sujets doivent être abattus en premier. Il s'agit par exemple du bois de Saint-Eutrope et du Parc du Séminaire. Par la suite, les secteurs de peu d'intérêt comme les fourrés arbustifs au droit des voies ferrées ou de l'A6 devront être abattus.

Afin de s'assurer de l'absence d'enjeux, une reconnaissance des secteurs et des arbres est nécessaire avant les travaux. Lorsqu'une cavité pour chiroptères est identifiée, l'arbre est marqué avec un C rouge à la peinture. Son abattage devra être réalisé en présence de l'écologue.

Dispositifs anti-intrusions

Au niveau des secteurs à enjeux, des clôtures anti-amphibiens d'environ 50 cm de haut sont mises en place. Les secteurs à enjeux préalablement identifiés dans le dossier CNPN ont été affinés suite aux visites sur le terrain.

Entre février et juin, pendant la période de reproduction des amphibiens, une attention particulière devra être portée aux ornières créées par les engins sur les emprises chantier. Elles doivent être comblées rapidement (dans la journée) car des individus peuvent s'y installer et être écrasés par les engins. En cas de ponte, l'écologue doit être prévenu immédiatement. Lui seul prendra les mesures adaptées et pourra déplacer les individus si besoin.

Espèces invasives

En cas de présence avérée d'espèces invasives, des mesures seront mises en place au cas par cas suivant les espèces rencontrées. Compte tenu de la prolifération des plantes invasives, les stocks de terre végétale devront être identifiés comme matériaux à risques car ils peuvent rapidement être colonisés par ces espèces. Afin d'éviter la propagation des EEE, les stocks de terre végétale pourront être végétalisés.

Limitation des nuisances lumineuses et sonores

Certaines mesures devront être mises en place pour limiter les nuisances lumineuses et sonores : lampes orientées vers le sol, avertisseur sonore type cri du lynx,... Ces mesures n'avaient pas encore été visées sur la période février-juillet 2018. On peut cependant noter que les travaux ayant lieu en journée et en milieu urbain, les nuisances sonores et lumineuses sont limitées.

Refuges pour la faune

Lors des travaux préparatoires, des andains, pierriers et branches d'arbres seront mis en place à proximité immédiate des zones devant être déboisées. Leur emplacement n'est pas défini à l'avance car il dépend d'accords avec les propriétaires fonciers. Ils seront implantés en priorité sur les espaces publics ou sur des sites sécurisés (zonage N sur les PLU, site classé de Morsang-sur-Orge) et sur les sites comportant des enjeux pour la petite faune. Lorsque les travaux seront terminés, les mesures localisées sur les emprises provisoires pourront être mises en place.

3.2.2 Objectifs et contraintes associés aux mesures en phase travaux

Avant l'analyse du respect des mesures en phase travaux, les objectifs et contraintes de ces mesures ont été identifiés.

Les objectifs concernent principalement la préservation des habitats et des espèces ainsi que la limitation de la pollution et de la prolifération des espèces exotiques envahissantes.

Les hypothèses faites avant l'analyse du suivi sur les contraintes associées aux mesures en phase travaux sont les suivantes :

- le suivi écologique doit être régulier et réalisé par un expert ;
- le personnel doit être formé pour appliquer correctement les mesures ;
- les emprises travaux doivent être délimitées avec précision au préalable ;
- les périodes d'interventions doivent être respectées ;
- les barrières anti-amphibiens doivent être vérifiées régulièrement car elles peuvent se déchirer ou être abîmées par des engins de chantier.

Le détail des objectifs et contraintes par mesures est inclus dans le *Tableau 4*.

3.2.1 Évaluation des effets du non-respect des mesures

D'un point de vue écologique, le non-respect des mesures peut impliquer :

- la destruction d'habitats ;
- la destruction d'espèces ;
- la dispersion d'espèces exotiques envahissantes.

Les impacts engendrés seront plus ou moins importants en fonction des espèces et/ou habitats concernés, de leur statut juridique et des surfaces considérées. L'évaluation de ces impacts a lieu lors des visites écologiques. L'écologue doit s'assurer que les emprises sont bien respectées afin d'éviter la destruction d'habitats et d'espèces. Si des espèces protégées sont repérées sur les emprises, elles doivent être déplacées par l'écologue, seule personne habilitée pour les manipuler. L'écologue évalue aussi la dispersion des espèces exotiques envahissantes. Il faut rester attentif à l'introduction de nouvelles espèces et à la prolifération de celles déjà présentes.

D'un point de vue juridique, d'après les articles L.411-1 et R.411-1 et suivants du Code de l'environnement, le non-respect des mesures peut impliquer :

- des sanctions administratives (arrêt de chantier, remise en état...) ;
- des sanctions pénales.

Les interdictions et restrictions applicables pour la détention, la destruction d'individus ou des habitats des différentes espèces sont précisées dans des arrêtés ministériels de portée nationale, régionale ou départementale.

3.2.2 Vérification de la réalisation effective des mesures

De manière générale, la vérification de la bonne mise en place des mesures s'est effectuée correctement lors des visites, en présence d'un responsable du chantier. Néanmoins, on peut citer l'exemple du secteur du bois de Saint-Eutrope non-accessible pour les visites pré-travaux jusqu'à fin février en raison d'occupations illégales (*Figure 5*). Par la suite, le site a pu être nettoyé et inspecté, notamment pour la recherche d'arbres à cavités.

Les mesures de réduction prévues dans le dossier CNPN ont été correctement mises en place :

- repositionnement et/ou réduction des emprises provisoires des bases vie d'Epinay-sur-Orge et Ris-Orangis ;
- évitement de la station et de l'habitat de la Renoncule à petites fleurs sur les emprises chantier à Courcouronnes et Ris-Orangis ;
- évitement du boisement du Parc du Séminaire à Morsang-sur-Orge initialement concerné par un projet de compensation hydraulique.

Des arbres à cavités ont été identifiés lors de la visite pré-travaux sur les secteurs des Grands Vaux à Savigny-sur-Orge, du Parc du Séminaire à Morsang-sur-Orge et de l'ancienne usine Lu à Ris-Orangis. Les arbres n'ayant pas pu être expertisés par endoscope ont été marqués. Les arbres marqués ont bien été préservés, seul l'un d'eux a été abîmé par les machines réalisant le déboisement au sein du Parc du Séminaire à Morsang-sur-Orge. La cavité avait néanmoins été identifiée comme non-favorable aux chiroptères. Des écoutes ont permis de repérer un gîte.

Dans le Parc du Séminaire, les arbres abattus sur le talus de l'A6 n'ont pas été évacués assez rapidement (*Figure 5*). L'écologue a dû redemander à l'entreprise de procéder à l'évacuation afin d'éviter que la petite faune s'y réfugie. De même, la création de tas de bois/andains à partir de ces rémanents a été tardive.



Figure 5 : Talus du Parc du Séminaire (gauche) et secteur du bois de Saint-Eutrope avec évacuation (droite) (Source : Egis Environnement, 2018)

Toujours au sein du Parc du Séminaire, l'écologue a dû relancer l'entreprise de nombreuses fois pendant plusieurs mois avant que la barrière anti-amphibiens ne soit posée. Cela est dû à un retard de lancement des ordres de service par Transamo aux maîtrises d'œuvre et aux entreprises. C'est un effet indirect de la non prise en compte dans les DCE. Cette mesure ayant été appliquée tardivement, des amphibiens ont été retrouvés sur les emprises. Huit Grenouilles vertes ont été identifiées dans une petite ornière présente à proximité de l'Orge. Il s'agissait de jeunes adultes et de sub-adultes, potentiellement en migration.

3.2.3 Diagnostic du non-respect des mesures

Le non-respect des mesures peut avoir à la fois des causes internes liées à la gestion du chantier et des causes externes.

Causes internes :

- la non-conformité n'a pas été repérée.
Exemple 1 : certaines espèces invasives présentes n'ont pas été identifiées par les entreprises.
Exemple 2 : la présence d'amphibiens dans une ornière au sein du Parc du Séminaire.
- la non-conformité a été repérée mais l'entreprise de travaux attend l'écologue pour avis et/ou intervention.
Exemple : dégâts après les intempéries de juin 2018.
- la mesure n'est pas incluse dans le budget et n'est pas mise en place.
Exemple : la végétalisation des stocks de terre.

Causes externes : Des imprévus dans le déroulement du chantier peuvent empêcher la bonne application des mesures. Lors du mois de juin 2018, les intempéries ayant touché l'Île-de-France ont causé de nombreux dégâts. Des pluies importantes et des orages violents ont entraîné des chutes d'arbres et des crues, perturbant les chantiers en cours.

L'Orge a débordé, notamment au niveau du Parc du Séminaire, inondant les emprises du chantier. Le chantier est resté à l'arrêt sur ce secteur pendant plusieurs semaines en attendant la décrue.

Sur les emprises du Parc du Séminaire, les dégâts constatés sont (Figure 6) :

- les clôtures en dur ont été endommagées par les chutes d'arbres ;
- les dispositifs anti-amphibiens ont été déplacés, submergés ou emportés par les eaux ;
- les inondations ont créé des zones en eau favorables aux amphibiens. La Grenouille rieuse a été vue et entendue au sein des emprises lors de la visite suivant les épisodes orageux ;
- des andains mis en place dans le cadre du chantier ont été dispersés ;
- ces inondations ont aussi posé des problèmes de dispersion de la Renouée du Japon présente sur les emprises.



Figure 6 : Grenouille rieuse observée au sein des emprises (gauche) et endommagement des clôtures (droite) (Source : Egis Environnement, 2018)

3.2.4 Propositions d'adaptation des mesures suivant les observations du suivi

Lors du suivi écologique, certaines mesures ont dû être adaptées (certaines adaptations sont communes à plusieurs chantiers) :

- ancrer, tendre ou redresser les barrières anti-amphibiens ;
- combler les trous sous les barrières en dur ;
- gérer les EEE recensées sur les emprises via un plan d'action adapté ;
- vérifier les enjeux écologiques au droit de nouvelles emprises demandées par la maîtrise d'ouvrage ;
- compte tenu de la présence d'un gîte, l'abattage d'un arbre, préalablement marqué, a été suivi avec attention : coupe progressive de l'arbre et dépôt de la branche accueillant la cavité dans les environs immédiats ;
- au sein du Parc du Séminaire, des grenouilles vertes ont été identifiées dans les emprises du projet. Huit individus ont été capturés et relâchés sur les berges de l'Orge. Cette action relève de l'autorisation de déplacement dans le cadre de l'arrêté CNPN. Cette intrusion faisant suite à l'absence de barrières, Egis a demandé à être présent lors de leur pose pour s'assurer de l'absence d'individus au sein des emprises.
- au sein du Parc du Séminaire, une visite supplémentaire a été conduite après les intempéries pour repérer, capturer et déplacer les amphibiens présents. Le

déplacement n'a pas été réalisé car aucun amphibien n'a été retrouvé sur les emprises chantier.

Sur le secteur de l'ancienne usine LU à Ris-Orangis, la base vie devait être implantée au milieu de zones en stagnation d'eau pouvant abriter des amphibiens. Une demande a été faite pour modifier les emprises de cette base vie et la décaler vers une zone moins sensible (anciens parkings), afin d'éviter de remblayer intégralement une zone en eau avec roselière (les zones en eau n'étant impactées que sur 5 à 10 m). Cette modification constitue une mesure de réduction prise a posteriori.

Des fiches actions concernant les espèces exotiques envahissantes ont été proposées par Egis. Cette problématique est particulièrement importante lors des travaux compte tenu de la mise à nu du sol pouvant favoriser l'implantation et le développement des EEE, le transport de fragments de plantes par les engins de chantier et l'import/export de terres contaminées (Figure 7). Le document cible les espèces identifiées sur les chantiers du T12 : le Buddleia de David (*Buddleja davidii*), le Robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*), le Sénéçon sud-africain (*Senecio inaequidens*), la Renouée du Japon (*Reynoutria japonica*), l'Ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*), la Vergerette du Canada (*Conyza canadensis*), l'Herbe de la pampa (*Cortaderia selloana*) et la Vigne vierge à cinq feuilles (*Parthenocissus quinquefolia*). Les espèces sont classées en quatre catégories :

- les espèces herbacées ou arbustives à reproduction sexuée uniquement telles que le Sénéçon sud-africain, la Vergerette du Canada, l'Herbe de la pampa et la Vigne vierge à cinq feuilles ;
- les espèces herbacées à rhizome ou stolon (reproduction végétative importante) telles que la Renouée du Japon ;
- les espèces arbustives rejetant de souche comme le Buddleia de David ;
- les espèces arborescentes rejetant et drageonnant comme le Robinier faux-acacia et l'Ailante glanduleux.



Figure 7 : Renouée du Japon au bord de l'A6 (gauche) et Herbe de la pampa à Ris-Orangis (Source : T. Poquet et Egis Environnement, 2018)

Ces fiches actions sont destinées aux entreprises pour qu'elles identifient les espèces exotiques envahissantes par des descriptions, des photographies et des cartes de leur localisation sur le projet. Dans un second temps, des actions sont listées par catégorie pour limiter leur propagation. Enfin, des bonnes pratiques d'entretien pour éviter le retour des EEE sont proposées (Tableau 3).

Tableau 3 : Méthodes de gestion des EEE appliquées en fonction du groupe d'espèces et du type d'emprise

GROUPE D'ESPECES	TYPE D'EMPRISE	METHODES
Espèces à reproduction sexuée (Vergerette du Canada, Sénéçon sud-africain, Herbe de la pampa, Vigne vierge à cinq feuilles)	Petites surfaces très localisées au sein des emprises	Arrachage manuel / déracinement
Espèces herbacées à rhizome ou stolon (Renouée du Japon)	Zones sensibles (humides, inondables) au sein des emprises provisoires	Criblage des parties souterraines et bâchage
	Zones sans enjeux particuliers au sein des emprises provisoires	Bâchage
	Zones nécessitant une évacuation de déblais	Coupe puis décaissement
Espèces arbustives rejetant des souches (Buddleia de David)	Zones présentant des foyers jeunes sur de petites surfaces	Arrachage et dessouchage
	Zones ayant subi un arrachage et présentant de nouveaux sujets	Coupe des inflorescences
Espèces arborescentes rejetant et drageonnant (Robinier faux-acacia, Ailante glanduleux)	Zones avec rejets de souches	Fauches répétées et dessouchage
	Zones avec jeunes pousses (<60 cm)	Fauchage

3.2.5 Capitaliser sur l'expérience de suivi écologique

L'analyse du suivi écologique dans le cadre du projet de Tram 12 express montre une bonne implication et réactivité des entreprises de chantier, qui ont beaucoup sollicité l'écologie.

L'attention portée au suivi a par exemple permis de ne pas déboiser au-delà du strict nécessaire et de préserver certains secteurs non indispensables aux entreprises (éviter). Néanmoins, ce projet met aussi en évidence l'importance de la réalisation rapide des mesures afin qu'elles soient efficaces, d'où l'importance d'un suivi régulier. Le retard dans la pose des barrières anti-amphibiens a permis à certains individus de coloniser une ornière du Parc du Séminaire à Morsang-sur-Orge.

L'étude souligne l'importance que peuvent avoir les causes externes. Il serait judicieux de sensibiliser les entreprises aux précautions à prendre avant les épisodes orageux, notamment au droit des secteurs sensibles. Cette sensibilisation peut permettre l'anticipation des dégâts causés par les intempéries et la vigilance quant à la présence d'espèces sur les emprises.

La gestion des EEE est un sujet important de ces travaux, comme beaucoup de chantiers en milieu urbain. Sensibiliser à leur reconnaissance et aux modes de gestion est primordial.

Par ailleurs, il semble important d'insister sur la végétalisation des stocks de terre avant le début des travaux afin que cette mesure soit intégrée dans les documents réglementaires du chantier et dans le budget. Sur le chantier, il conviendra de cibler son application en identifiant les tas à risques des autres.

Grâce au suivi écologique régulier, il n'y a pas eu de réel point de blocage lors des travaux. Ce suivi a notamment permis d'améliorer l'évitement et de déplacer des espèces.

Tableau 4 : Synthèse de l'application des mesures de réduction en phase travaux

OBJECTIFS	MESURES	DETAIL DES MESURES	CONTRAINTES	NON-RESPECT /ADAPTATIONS
Affiner les prescriptions énoncées aux particularités rencontrées sur le terrain	Suivi du chantier par un expert écologue, de la phase pré-travaux à post-travaux	S'assure à chaque étape que les documents d'exécution intègrent de façon satisfaisante les différents aménagements proposés S'assure de l'absence d'espèces à enjeux et protégées non identifiées lors des inventaires	Nécessité d'un expert Nombre de visites	-
Préserver les habitats remarquables	Délimitation fine des emprises au sein des habitats à enjeux écologiques	Au droit des sites sensibles pour la flore et les habitats, l'emprise sera réduite au minimum. Piquetage et balisage strict de la zone de chantier, des zones de vie et des aires de retournement d'engins	Précisions des délimitations Respect des délimitations	La modification du lieu de la base vie du secteur de l'ancienne usine Lu a permis une réduction de la surface en eau impactée (roselières, amphibiens...). De nouvelles emprises demandées par la maîtrise d'ouvrage ont nécessité une vérification des enjeux écologiques.
Éviter les impacts sur la faune en période sensible	Adaptation de la période des travaux par rapport au cycle biologique des espèces	Notamment lors des déboisements (prise en compte des périodes d'hibernation et de reproduction des chauves-souris, des périodes de reproduction de l'avifaune...)	Impossibilité de décaler des travaux ayant lieu en période sensible	-
Éviter le développement d'espèces indésirables et le tassement du sol dans les secteurs sensibles Restaurer le milieu dans un état favorable à la reprise de la végétation	Tri des terres issues des travaux et évacuation des excédents de terre	En début de travaux, lors du remaniement des terres, la terre végétale seraensemencée et les excédents évacués. En fin de travaux, horizons remis dans leur ordre d'origine	Difficulté de remettre les horizons dans l'ordre	La végétalisation des stocks de terre n'est pas toujours effectuée car elle n'a été intégrée dans les budgets des entreprises.
Prendre en compte la problématique des espèces invasives	Mesures envisagées contre la propagation des EEE / Suppression du risque d'introduction d'espèces végétales envahissantes	<u>Mesures préventives</u> : Plantations d'espèces végétales locales, terrains mis à nu végétalisés rapidement, veille de l'écologue, broyage des terres <u>Mesures curatives</u> : arrachage manuel, lutte mécanique, nettoyage du matériel, exportation sécurisée des déchets	Respect des prescriptions par l'ensemble du personnel Repérer suffisamment tôt les espèces	Le temps très réduit et le linéaire important n'ont pas permis de contrôler le développement des espèces. Des rejets d'EEE depuis d'autres sujets situés hors emprises ont été impossibles à gérer.

OBJECTIFS	MESURES	DETAIL DES MESURES	CONTRAINTES	NON-RESPECT /ADAPTATIONS
Éviter les pollutions	Lutte contre les pollutions accidentelles et l'envol de poussières	Arrosage des pistes	Formation du personnel	Mesure non visée
Limiter l'impact sonore sur la faune et l'environnement humain	Limitation des nuisances sonores	Respect des normes en vigueur, dispositifs d'alerte de recul type cri de lynx	Formation du personnel	Mesure non visée
Limiter la perturbation des espèces migratrices (oiseaux, chauves-souris)	Limitation de l'éclairage	Niveau minimum de la réglementation en termes de sécurité des personnes (code du travail). Orienté vers le sol avec un cône d'émission de 70° (éclairage directionnel)	Formation du personnel	Mesure non visée
Rendre les habitats à nouveau favorables pour la biodiversité et améliorer leur fonctionnalité écologique	Remise en état et amélioration fonctionnelle des milieux à la fin des travaux	Installation de clôtures définitives au plus près des emprises ferroviaires (limiter le risque de collision), mise en place de refuges à la fin des travaux au sein des zones paysagères à vocation écologique	Problématique du foncier et de la pérennisation des mesures	-
Limiter la perte surfacique d'habitats de vie des espèces de faune	Pose de clôtures anti-intrusion pour la faune (amphibiens, petits mammifères, reptiles)	Barrière de chantier implantée en limite du périmètre du chantier dans les secteurs à enjeux ainsi qu'une mise en défens des zones sensibles Opérations de sauvetage en cas de dysfonctionnement avéré des clôtures	Entretien des clôtures Mise en place nécessite une adaptation locale fine Respect des délimitations	La pose de clôtures tardive malgré les relances a conduit à la présence d'amphibiens dans une ornière du Parc du Séminaire (capture et déplacement).
Empêcher la destruction d'individus	Coupe des arbres après inspection et colmatage des cavités, des fissures et des décollements d'écorce favorables aux chiroptères	Dans la mesure du possible soit à l'automne (septembre/octobre) précédant les travaux après émancipation des jeunes et avant l'hibernation, soit avant la période de mise-bas et d'élevage des jeunes (de mi-mars à fin mai, la période optimale étant mi-avril à mi-mai)	Respect de l'identification des arbres à enjeux et des périodes d'abattage	Certains arbres abattus n'ont pas été évacués pendant plusieurs semaines. Un gîte a été identifié, l'abattage de cet arbre a fait l'objet d'une attention particulière.
	Refuges pour la faune	Mise en place de refuges pour la faune avant les opérations d'abattage et de mise à nu sur des secteurs à proximité des emprises (andains/pierriers/tas de branches, nichoirs, gîtes à chiroptères)	Respect de leur emplacement	Des tas de bois/andains ont été volés.

Les mesures ERC sont actuellement plutôt bien respectées sur les chantiers de la partie urbaine du tram T12. Néanmoins certaines mesures n'ont pas été appliquées correctement et ont nécessité l'intervention de l'écologue. Le non-respect de ces mesures est lié à des causes internes et externes (intempéries). Des passages réguliers ont permis une bonne réactivité pour identifier les non-conformités et adapter les mesures au contexte. La phase de capitalisation de cette expérience permet d'anticiper pour les prochains projets similaires et de focaliser la sensibilisation du personnel de chantier sur les points sensibles (exemple : mise en place des barrières anti-amphibiens).

4. Discussion

4.1 Retour sur les résultats

4.1.1 Mise en place d'une méthode d'analyse globale du projet

La méthode d'analyse globale de projet testée dans le cadre du projet Tram 12 express en cours de phase travaux a mis en évidence une prise en compte « moyenne » de la biodiversité. En amont, la biodiversité a été un élément mineur de la phase de DUP. De nouveaux inventaires écologiques et l'élaboration d'un dossier CNPN ont permis de mieux intégrer cette problématique et de réduire l'impact du projet sur la biodiversité.

Au vu de l'ampleur du projet, il aurait été souhaitable d'accorder à la biodiversité une plus grande attention dès le début de la phase de conception, même en contexte urbain. Malgré des rectifications, cette prise en compte maladroite pourrait conduire à des impacts non maîtrisés sur la biodiversité.

Bien que l'évaluation ait pointé des mauvaises pratiques, son but n'est pas de trouver des « fautifs » mais bien de voir sur quels points travailler avec l'ensemble des acteurs impliqués.

4.1.2 Analyse du suivi écologique et des mesures de réduction en phase travaux

Le suivi en phase travaux est primordial pour s'assurer que les mesures sont rigoureusement appliquées et éviter une mauvaise conduite du chantier qui pourrait entraîner des impacts importants. Pendant la phase travaux, des conditions particulières comme des intempéries peuvent nécessiter l'adaptation ou la mise en place de nouvelles mesures qui n'auront pu être prévues. Ainsi, les impacts du projet ne découlent pas uniquement des dossiers, les décisions prises lors du suivi écologique sont essentielles.

Le suivi écologique a été réalisé par une écologue ayant de nombreuses années d'expérience. Son expertise a permis d'analyser avec précision les mesures à appliquer, de proposer de nouvelles mesures de réduction et d'évitement, et de réagir rapidement lors des sollicitations des entreprises. Lorsqu'une seule personne est responsable du suivi écologique, particulièrement lors d'un projet complexe comme celui du Tram 12 express, il paraît primordial de s'appuyer sur un expert car une personne moins expérimentée pourrait passer à côté de non-conformités et ne pas voir des possibilités de mesures d'évitement.

La majorité des objectifs ont été atteints grâce au suivi régulier sur le terrain mais certaines mesures n'ont pas été mises en place à temps ce qui a conduit à des impacts négatifs. Par ailleurs, on peut s'interroger sur l'efficacité et la justification des mesures proposées. La plupart des mesures sont du « bon sens » pour ne pas impacter les habitats et les espèces. De plus, les mesures préconisées dans le dossier CNPN ciblent les espèces protégées mais

bénéficient aussi aux autres espèces. Certaines mesures doivent faire l'objet d'une réflexion plus approfondie pour être appliquée au bon endroit et au bon moment, comme c'est le cas des barrières anti-amphibiens. La position de ces barrières a été définie au préalable et cartographiée. Même si leur localisation semble aujourd'hui adéquate compte tenu de l'avancée des travaux, il faudra rester vigilant sur les futurs sites du T12. En outre, même si l'abattage des arbres est très réglementé, il s'agit essentiellement de ne pas détruire directement des chiroptères. L'identification d'un gîte retardera seulement l'abattage. La partie contenant la cavité sera posée au sol, mais cette action pourrait avoir des conséquences négatives pour les individus.

4.1.3 Limites de la méthodologie appliquée et propositions d'amendements

Évaluation globale du projet

La méthodologie est construite à partir d'indicateurs qualitatifs. Malgré l'évaluation des indicateurs en 5 niveaux, il peut être délicat de comparer les résultats avec d'autres projets d'infrastructures de transport. De même, des indicateurs quantitatifs comme le nombre d'espèces inventoriées ou le nombre de mesures ERC appliquées ne seraient pas pertinents pour comparer des infrastructures de transport d'importances différentes.

La méthodologie choisie possède une part importante de subjectivité, liée au choix des critères et des indicateurs, au mode interne d'évaluation (auto-évaluation) et au remplissage du tableau par l'évaluateur. Sa plus ou moins grande implication dans le projet peut biaiser les résultats. Ainsi, malgré la méthode interne d'évaluation, il serait souhaitable de choisir une (ou plusieurs personnes) n'ayant pas, ou peu, travaillé sur le projet en question. Par ailleurs, la construction d'une représentation égalitaire de tous les critères peut aboutir à des situations de sur ou de sous-représentation. Des indices de pondération pourraient être appliqués aux critères (par exemple, le respect de la séquence ERC sera mis en avant par rapport à l'ambition des mesures préconisées).

L'application de l'évaluation au projet de Tram 12 express met en évidence des écarts de charge de travail pour l'évaluation des différents critères. Les critères ayant demandé le plus de temps et de réflexion sont « les enjeux du territoire » en phase conception et « l'application des mesures ERC » en phase travaux.

Le projet n'étant actuellement qu'en cours de réalisation, l'évaluation n'a pas été complétée pour toutes les phases ni pour les deux sections du tracé. La méthodologie n'a donc pas pu être testée ni comparée avec d'autres projets d'infrastructures de transport. Il pourrait être intéressant d'évaluer d'autres projets de tram ou tram-train mais aussi d'autres types de voies ferrées et des routes en milieu urbain. Compte tenu des critères reposant sur la réglementation française, il est suggéré d'appliquer la méthode à des projets français. La méthodologie pourrait être ajustée en fonction des premiers résultats.

Analyse du suivi écologique

L'analyse du suivi écologique s'est basée en grande partie sur les comptes-rendus des visites de l'écologue. Ces comptes-rendus ont pour vocation de rester factuels mais le point de vue de la personne ayant rédigé les documents peut ressortir, en particulier sur la vérification de la réalisation des mesures et les propositions d'adaptations.

Des entretiens libres avec d'autres acteurs pourraient être effectués afin de croiser les informations.

4.2 Propositions de mesures de réduction en phase exploitation

4.2.1 L'avis du CNPN

L'avis rendu par le CNPN a suggéré la mise en place de mesures de réduction innovantes en phase exploitation, notamment un écuoduc ou des éléments végétalisés.

L'important travail de jumelage des infrastructures de transport a réduit l'impact de la création du tram-train sur la fragmentation des habitats. La mise en place d'un écuoduc nécessiterait une installation au-dessus de deux infrastructures (l'A6 et le tram), ce qui représente une distance trop importante et un environnement très perturbé par le bruit. Au vu de l'infrastructure concernée et pour des raisons de sécurité, l'écuoduc devrait être placé à une hauteur nettement supérieure à celle des installations du tram-train (Baillie, 2011). Par ailleurs, il existe déjà des ouvrages inférieurs permettant à la faune de se déplacer. Pour l'ensemble de ces raisons, la mise en place d'un écuoduc n'est pas compatible avec le projet.

4.2.2 Éléments végétalisés

Face à l'importance de la problématique foncière en ville, on constate le développement des surfaces végétalisées. Les bâtiments, souvent perçus comme des barrières, peuvent représenter de véritables atouts pour la biodiversité urbaine (Sonnay & Pellet, 2016). Brenneisen (2003) a montré que ces toitures fournissent des habitats pour des espèces inscrites sur les listes rouges de l'UICN. De plus, pour les espèces capables d'atteindre les toitures végétalisées, ce nouvel habitat peut remplacer efficacement la perte d'habitat au sol. Une étude sur les toitures végétalisées à Lausanne (Sonnay & Pellet, 2016) a mis en évidence l'intérêt de ces structures pour les pollinisateurs en milieu urbain. Leur mode de gestion moins intensif permet d'attirer de nombreuses espèces, notamment des abeilles sauvages menacées de disparition. Attirer ces espèces « clé de voûte » apportera ainsi des bénéfices indirects pour d'autres groupes d'espèces. En outre, les toitures végétalisées présentent de nombreux atouts environnementaux : régulation thermique, gestion des eaux pluviales, verdissement...

Les toitures végétalisées peuvent être intégrées dès la conception du projet ou plus tard. A cause de leur faible portance, la mise en place de toits végétalisés est néanmoins difficile dans le cas de bâtiments déjà existants (ODBU *et al.*, 2011). La végétalisation du toit du site de maintenance et de remisage du Tram 12 express a été pensée dès la conception. Le choix s'est porté sur un recouvrement par du sédum, mais il existe plusieurs types de toitures végétalisées, n'ayant pas les mêmes atouts et contraintes (Annexe 5). Il aurait été préférable de choisir une toiture de type « intensive » avec une épaisseur de terre végétale d'au moins 30 cm pour installer de nombreuses espèces. La diversité végétale, la nature et l'épaisseur du substrat sont les principaux facteurs augmentant les bénéfices de la toiture pour la biodiversité (ODBU *et al.*, 2011). Il est possible de laisser la végétation pousser spontanément, les plantes seront ainsi adaptées au milieu. Ce type de toiture s'entretient comme un jardin classique et nécessite beaucoup de temps. Ce point n'est pas à négliger car il peut entraîner des surcoûts et des résultats peu satisfaisants (ODBU *et al.*, 2011)

De même, le secteur exploité en mode tram sera constitué en partie d'une plateforme végétalisée de sédums. Peu de retours d'expériences existent sur ce sujet mais des expériences menées à Paris et à Nantes par les collectivités territoriales, les concepteurs paysagistes et Plante & Cité, apportent quelques éléments de réflexion. Parmi les plantes testées, sont privilégiées : le Thym couché et la Camomille tapissante. Ce sont des plantes tapissantes ayant une croissance rapide, une bonne capacité d'auto-régénération et une bonne résistance au piétinement. Cette végétation rase et régulière facilite l'entretien (une

à deux tontes mécaniques par an) mais nécessite un arrosage. Les sédums présentent d'autres avantages : ils ne demandent pas d'arrosage, leur coût d'entretien est faible et ils ont un aspect esthétique intéressant. Cependant, ils résistent mal au piétinement, même occasionnel (Haddad, 2016). Ainsi, le choix d'une plateforme en sédums semble plutôt porté par la facilité d'entretien, mais il aurait été pertinent de réfléchir à une plateforme de tramway différenciée en fonction des contraintes : des plantes tapissantes sur les secteurs très fréquentés par les piétons et des sédums sur les secteurs moins fréquentés.

4.2.3 Hôtels et spirales à insectes

L'étude des documents d'orientation applicables au projet a mis en évidence un objectif récurrent de sensibilisation/communication autour la biodiversité et l'environnement en général. L'installation d'hôtels à insectes ou de spirales à insectes accompagnés de pancartes explicatives, et avec l'appui d'associations locales d'éducation à l'environnement (exemple : NaturEsbonne), pourrait répondre à cette problématique. Des animations pourraient être proposées lors de leur mise en place.

Un hôtel à insectes est un refuge artificiel pour la nidification de ces espèces, notamment les pollinisateurs, dans un environnement urbanisé (Sonnay & Pellet, 2016). Pour mettre en avant leur intérêt pédagogique, des hôtels à insectes pourraient être implanter dans des endroits accessibles en ville à proximité du tracé, à Epinay-sur-Orge ou Morsang-sur-Orge par exemple. Il est préférable que le dispositif soit installé à l'abris du vent, avec l'une de ses faces soit orientée sud-est (certaines espèces préfèrent les cavités ensoleillées, d'autres les cavités ombragées), et à proximité de ressources alimentaires (une spirale à insectes par exemple). Il est également envisageable d'en installer en complément du toit végétalisé du centre de maintenance et de remisage.

Le choix des matériaux dépend des espèces ciblées. Il est possible de récupérer des tiges et des bûches de bois non traitées sur les chantiers. D'après l'étude des hôtels à abeilles du programme européen Urbanbees (Césard *et al.*, 2014), il est conseillé de privilégier l'érable, le peuplier, le platane, le sophora ou le sureau pour les bûches; et pour les tiges de privilégier l'ailante ou le bambou. D'autres insectes peuvent être attirés en créant des cases à partir de paille, pierres.

Les hôtels à insectes sont faciles à mettre en place. Une fois construits, ils ne nécessitent aucun entretien pendant plusieurs années, sauf en cas de vandalisme (Coupey *et al.*, 2014). Leur efficacité étant limitée, leur principal intérêt repose donc sur leur aspect pédagogique en zone urbaine (Albouy, 2008).

Les spirales à insectes, murets de pierres montés en spirale et rempli de terre, peuvent constituer une zone de refuge et de nourriture. Installées de préférence sur un emplacement ensoleillé, leur forme particulière permet d'accumuler la chaleur. La plantation de plantes aromatiques et mellifères attirera les insectes, qui pourront s'installer dans les interstices entre les pierres (Urbanisme, bâti & biodiversité, 2015). La spirale pourra aussi servir à d'autres espèces (araignées, lézards...). Sa mise en place nécessite malgré tout plusieurs jours de travail et le temps d'entretien est estimé à une heure par mois (Coupey *et al.*, 2014).

4.3 Comment améliorer la prise en compte de la biodiversité dans les projets d'infrastructures de transport ?

Grâce à l'évaluation du projet de Tram 12 express et aux apports de la bibliographie, trois grandes pistes d'amélioration sont ici proposées.

4.3.1 Vers une conception multi acteurs des projets

La biodiversité et les infrastructures de transport font intervenir de nombreux acteurs avec leurs intérêts propres : entreprises, bureaux d'études, écologues, citoyens, politiques, associations... Tous ne considèrent pas la biodiversité comme un sujet majeur au regard des impératifs sociaux, économiques, géographiques ou juridiques (Franchomme *et al.*, 2013). On peut cependant s'interroger sur la valeur sociale de la biodiversité face aux infrastructures de transport (Penone, 2012).

D'après Vanpeene-Brunhier *et al.* (2013), il serait souhaitable de mieux intégrer les acteurs locaux (associations naturalistes, chasseurs, pêcheurs...) dans les processus de création de projets avec les aménageurs. Cela permettrait d'apporter les visions de chacun pour trouver une solution satisfaisante pour toutes les parties. Ainsi, les enjeux locaux du territoire pourraient être définis plus efficacement, pour une meilleure intégration du projet dans son environnement.

Avant la conception des projets, à l'échelle des politiques d'aménagement du territoire, des mécanismes de coopération et de concertation peuvent être mis en place. Compte tenu des surfaces importantes des documents de planification, la participation du public est un moyen efficace d'y intégrer les questions de biodiversité (Bonnin, 2006).

Les entretiens conduits avec des élus de la Métropole du Grand Paris (MGP) par Rochard *et al.* (2018) ont montré que la plupart des élus connaissent les grands enjeux de la biodiversité en milieu urbain et certains évoquent même les services écosystémiques. Toutefois, la promotion d'actions en faveur de la biodiversité s'axe sur les éléments « à protéger » et s'inscrit souvent dans un « verdissement de la politique ». Valoriser des mesures en faveur de la biodiversité permettrait également d'unifier le territoire autour des questions environnementales.

Des partenariats entre maîtrise d'ouvrage et associations sont aussi intéressants, à l'image de celui entre la SNCF et la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) initié en 2017 afin de mettre en œuvre des actions de préservation de la biodiversité sur le réseau francilien. Les actions s'axent sur la gestion des bords de voies ferrées, qui constituent un enjeu important sur les 3700 km de lignes de la région, et l'amélioration des connaissances (SNCF Réseau, 2017):

- former et sensibiliser les agents SNCF à la préservation de la biodiversité ;
- expertiser et conseiller sur des opérations de maîtrise de la végétation ;
- mettre en place des procédures d'intervention en cas de découverte d'espèces protégées.

Il apparaît que la collaboration entre spécialistes est essentielle pour comprendre les impacts globaux du projet sur les écosystèmes et pour proposer des mesures cohérentes pour les éviter, réduire et, si besoin, compenser (Antoine *et al.*, 2004).

4.3.2 Mieux évaluer les impacts pour les éviter, réduire et compenser

L'étude d'impact est devenue en quelques dizaines d'années un outil incontournable de la prise en compte de la biodiversité dans les projets d'aménagement en France et à l'étranger. Pourtant, face à des phénomènes écologiques complexes comme la

fragmentation des habitats, les études d'impact peuvent manquer d'éléments pour déterminer les impacts d'un projet (Geneletti, 2004). Souvent, aucune prédiction quantitative ou indicateurs spécifiques ne sont utilisés (Geneletti, 2006). Pourtant, des méthodes existent :

- Dans sa thèse sur l'évaluation quantitative de la dégradation prévisionnelle des milieux naturels par les projets d'infrastructures de transport terrestre, Mallard (2014) élabore trois méthodes complémentaires définies suivant trois échelles écologiques : l'état prévisionnel des habitats, la sensibilité des écosystèmes, et l'organisation spatiale de l'écocomplexe dans le territoire.
 - La première méthode est un modèle spatio-temporel de taux de dégradation des écosystèmes. L'ensemble des effets potentiels des projets aux stades construction, exploitation et entretien sont identifiés afin d'en caractériser les effets majeurs.
 - La deuxième méthode fixe des indicateurs basés sur les impacts. Certains indicateurs peu documentés font l'objet d'études de terrain.
 - La troisième méthode analyse les écosystèmes au sein du paysage par la notion de « coût écologique des projets ».
- Des modèles numériques existent pour évaluer l'impact des grandes infrastructures de transport (autoroutes, lignes à grande vitesse) sur la fragmentation des habitats. Leur application a par exemple montré que les impacts directs ne vont pas au-delà d'un kilomètre, mise à part pour les cours d'eau (Fourès & Pech, 2015).
- Les « fuzzy cognitive map » (FCM) permettent, à partir de connaissances d'experts subjectives et qualitatives, de donner une prédiction des effets de la gestion sur un écosystème (Hobbs *et al.*, 2002).

Les infrastructures de transport formant des réseaux parfois complexes, les processus à larges échelles spatiales et temporelles pourraient être mieux pris en compte afin d'intégrer la Trame verte et bleue et réduire l'effet de barrière, même sur des réseaux existants (Penone, 2012).

L'évaluation des impacts nécessite une part de subjectivité, qui peut sembler en contradiction avec la rigueur scientifique du travail, voire un défaut des documents réglementaires. Pourtant, cette subjectivité peut être valorisée : elle est une partie intégrante de l'évaluation, permettant d'explicitier le processus de réflexion (Wilkins, 2003).

Par ailleurs, augmenter la connaissance est un point clé de la prise en compte de la biodiversité dans les projets d'aménagement et plus spécifiquement des projets d'infrastructures de transport, dont les impacts ne sont pas toujours connus. Parler d'impact des infrastructures de transport sur la biodiversité de manière générale occulte le manque de documentation sur les voies ferrées par rapport aux réseaux routiers (Mallard, 2014). Certaines études ont toutefois montré que les principaux facteurs augmentant les risques de mortalité sont l'augmentation de la vitesse des trains et l'électrification des voies (PNR de la Narbonnaise en Méditerranée, 2012). Proposer des mesures d'accompagnement comme des projets de recherches sur les espèces impactées, en complément de la séquence ERC, peut permettre de mieux connaître les impacts pour mieux les éviter, réduire ou compenser.

Par exemple, des recherches récentes sur le bruit, la lumière et les talus ferroviaires peuvent faire réfléchir à de nouvelles mesures ou méthodes de gestion. En milieu urbain, la gestion des talus ferroviaires peut représenter un enjeu non-négligeable. En Île-de-France, l'association Espaces gère certains talus en gestion différenciée. Ce mode de

gestion leur permet de conserver différents types d'habitats et d'agir selon les enjeux des différents secteurs (espèces invasives...). Leurs aspects esthétique et social sont aussi valorisés. En milieu urbain, la végétation est le principal élément permettant de « cacher » l'infrastructure. Leur gestion ou l'absence de gestion peut conduire à des plaintes (Penone, 2012). Comprendre les relations entre biodiversité et infrastructures de transport est ainsi un enjeu important pour que la biodiversité ne soit pas perçue comme un « risque » pour les projets (Vanpeene-Bruhier *et al.*, 2013) et pour proposer des mesures ERC évitant une « réparation » des dommages a posteriori (Vandevelde *et al.*, 2012).

L'application de la séquence ERC, bien que largement controversée pour son efficacité écologique, reste un élément central de la prise en compte de l'environnement dans les études. Cependant, ses résultats dépendent des interprétations et appropriations des textes par les acteurs. Bigard *et al.* se sont intéressés à ces décalages entre les normes et leur application sur 42 études d'impact soumises à l'AE sur le territoire de la métropole de Montpellier entre 2006 et 2016. Ils constatent une prédominance des mesures de réduction (90%) mais également 60% de confusion entre les qualifications données et les définitions officielles des mesures ERC. Ainsi, 42 mesures classées en « évitement » étaient en réalité des mesures de réduction car elles limitent les impacts sans les éviter. Au-delà de la mesure en elle-même, les modalités de mise en œuvre sont essentielles pour distinguer l'évitement de la réduction, la frontière étant très fine. De plus, la majorité des mesures de réduction ne sont pas associées à des mesures de compensation, les impacts résiduels étant alors qualifiés de « non significatifs », terme peu défini dans les études d'impact. De manière générale, les acteurs tendent à surqualifier le type de mesures mis en place (Bigard *et al.*, 2018). Clarifier les définitions de la séquence ERC est donc un premier pas pour une action efficace. Par la suite, donner plus de place à l'évitement permettrait de limiter de nombreux impacts des infrastructures de transport.

4.3.3 Conforter la sensibilisation sur les chantiers

Sur les chantiers, la sensibilisation du personnel est primordiale. Ce sont eux qui seront en contact direct avec l'environnement pendant les travaux. En plus du « quart d'heure environnement », d'autres initiatives peuvent être proposées, à l'image de l'affiche créée par la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP). Cette affiche a vocation à sensibiliser le personnel à la biodiversité de manière simple et pédagogique : elle représente un chantier fictif pour illustrer les différentes interactions du chantier avec le milieu naturel. La Fédération Nationale des Travaux Publics (2017) propose également des idées d'animations autour de cette thématique :

- Sensibiliser les collaborateurs aux enjeux de préservation de la biodiversité (interroger les collaborateurs sur leur perception de la biodiversité) ;
- Illustrer les zones de rencontre entre chantier et biodiversité (zones de protection de la flore et de la faune, cours d'eau, zones boisées, zones humides...) ;
- Expliquer les recommandations et interdictions de la signalétique chantier (la FNTP propose une signalétique de panneaux de chantiers pour la préservation de la biodiversité et des espaces sensibles).

5. Conclusion

Le projet de Tram 12 express, choisi pour illustrer cette étude sur la prise en compte de la biodiversité dans les projets d'infrastructures de transport en milieu urbain, est un projet complexe ayant dû faire face à la fois aux enjeux socio-économiques et écologiques du territoire. Afin d'appréhender la bonne prise en compte de la biodiversité, une méthode d'évaluation de projet a été élaborée. Testée sur les phases conception et travaux, l'évaluation a montré une intégration maladroite des questions de biodiversité en phase de DUP mais de nombreuses améliorations dans le dossier CNPN.

L'analyse plus fine du suivi écologique en phase travaux a mis en évidence une bonne application globale des mesures ERC et une forte implication des entreprises de travaux publics dans ce processus de suivi.

L'analyse du projet montre qu'il est difficile de mettre en place des mesures écologiques pour la biodiversité lorsque le milieu naturel a été pris en compte tardivement. Plus la biodiversité est intégrée tôt en phase conception, plus il sera aisé d'instaurer des mesures adaptées et efficaces.

Le respect de la séquence ERC est primordial, même en milieu urbain. Les infrastructures de transport participant à la fragmentation des habitats, il est important de les intégrer au mieux dans le territoire et d'éviter, réduire ou compenser leurs impacts sur l'environnement. L'évitement est un point clé pour une prise en compte satisfaisante de la biodiversité dans les projets d'aménagement, la réduction doit venir ensuite et déterminera le devenir du site.

On peut espérer que l'expérience d'un projet comme le Tram 12 express sensibilisera les maîtrises d'ouvrages à l'intégration de la biodiversité dès la phase de conception. Au-delà des contraintes financières et des retards pouvant être engendrés, le respect de la réglementation et la recherche constante d'améliorations par les apports scientifiques sont cruciaux. Le croisement de l'écologie et de l'aménagement du territoire est sans cesse en renouvellement, au gré des recherches scientifiques et des évolutions de la réglementation.

Bibliographie

- Albouy, V. (2008) Nichoirs et abris à insectes : quelle efficacité? *Insectes*, **150**, 25–28.
- Baillie, D. (2011) Installation d'un Passage Protégé 'Écuroduc'. *Association SOS Ecureuil et Faune Sauvage*, 54.
- Bartkowski, B., Lienhoop, N. & Hansjürgens, B. (2015) Capturing the complexity of biodiversity: A critical review of economic valuation studies of biological diversity. *Ecological Economics*, **113**, 1–14.
- Bigard, C., Regnery, B., Pioch, S. & Thompson, J.D. (2018) De la théorie à la pratique de la séquence Éviter-Réduire-Compenser (ERC) : éviter ou légitimer la perte de biodiversité? *Développement durable et territoires [en ligne]*, **9**(1). Disponible à : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/12032>. Consulté le : 11 août 2018.
- Bond, S.L., Boyd, S.E., Rapp, K.A., Raphael, J.B. & Sizemore, B.A. (1997) A Practical Guide to Evaluating Your Own Programs. *Chapel Hill, NC: Horizon Research*, 93.
- Bonnin, M. (2006) Les corridors, vecteurs d'un aménagement durable de l'espace favorable à la protection des espèces. *Natures Sciences Sociétés*, **14**, 67–69.
- Brenneisen, S. (2003) *The Benefits of Biodiversity from Green Roofs Key Design Consequences*. University of Applied Sciences Wädenswill, Switzerland, 9.
- Césard, N., Mouret, H. & Vaissière, B. (2014) Des hôtels à abeilles urbains et citoyens. *Insectes*, **175**, 7–11.
- CGDD (2013) *Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels*. Commissariat général au développement durable, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, La Défense, France, 229.
- CGDD (2017a) *Théma - Évaluation Environnementale - Guide de Lecture de La Nomenclature Des Études d'impact*. Commissariat général au développement durable, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, La Défense, France, 66.
- CGDD (2017b) *Théma - Guide d'aide à La Définition Des Mesures ERC*. Commissariat général au développement durable, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, La Défense, France, 133.
- CGDD (2017c) *Théma - Guide d'interprétation de La Réforme Du 3 Août 2016*. Commissariat général au développement durable, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, La Défense, France, 46.
- CGDD (2017d) *Théma - Infrastructures de Transport et Urbanisation*. Commissariat général au développement durable, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, La Défense, France, 160.
- Coffin, A.W. (2007) From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, **15**(5), 396–406.

- Conseil Général de la Seine-Saint-Denis & ECOTER (2014) Guide de La Prise En Compte Des Milieux Naturels Dans Les Projets d'aménagement Du Territoire En Seine-Saint-Denis, 59.
- Conseil Général de l'Essonne & Biotope (2012) *Schéma Départemental des Espaces Naturels Sensibles de l'Essonne 2012-2021*, 205.
- Coupey, C., Mouret, H., Fortel, L., Visage, C., Vyghen, F., Aubert, M. & Vaissière, B.E. (2014) *Guide de Gestion Écologique Pour Favoriser Les Abeilles Sauvages et La Nature En Ville*, 127.
- Egis (2012) Tram-Train Massy-Evry - Etude d'impact Sur l'environnement. Chapitre 7 : Evaluation Des Incidences Natura 2000, 11.
- EVAL Centre de ressources en évaluation (2018) Les différents types d'évaluation – EVAL. Disponible à : <http://www.eval.fr/quest-ce-que-levaluation/les-differents-types-devaluation/>. Consulté le : 7 juillet 2018.
- Fédération Nationale des Travaux Publics (2017) La biodiversité sur les chantiers de travaux publics - Guide d'animation et de sensibilisation, 6.
- Forman, R.T.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, C.D., Dale, V.H., Fahrig, L., France, R.L., Heanue, K., Goldman, C.R., Jones, J., Swanson, F., Turrentine, T. & Winter, T.C. (2003) *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington, 508.
- Fourès, J.-M. & Pech, P. (2015) Prendre les espaces de temps pour maîtriser les impacts diffus générés par les grandes infrastructures de transport terrestre (ITT) sur la biodiversité. [VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, **15**(2). Disponible à : <https://www.erudit.org/fr/revues/vertigo/2015-v15-n2-vertigo02433/1035832ar/>. Consulté le : 20 juillet 2018.
- Franchomme, M., Bonnin, M. & Hinnewinkel, C. (2013) La biodiversité « aménage-t-elle » les territoires? Vers une écologisation des territoires. *Développement durable et territoires [en ligne]*, **4**(1). Disponible à : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/9749>. Consulté le : 17 août 2018.
- Gaston, K.J. (ed). (1996) *Biodiversity: A Biology of Numbers and Difference*. Blackwell Science, Cambridge, MA, 396.
- Gaston, K.J. & Spicer, J.I. (2004) *Biodiversity: An Introduction*, 2nd ed. Blackwell Publishing, Malden, MA, 191.
- Geneletti, D. (2004) Using spatial indicators and value functions to assess ecosystem fragmentation caused by linear infrastructures. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **5**(1), 1–15.
- Geneletti, D. (2006) Some common shortcomings in the treatment of impacts of linear infrastructures on natural habitat. *Environmental Impact Assessment Review*, **26**(3), 257–267.
- Haddad, Y. (2016) Expériences de Végétalisation de Plateformes de Tramways En Zones Nord/Ouest. *Plante & Cité*, 9.

- Hobbs, B.F., Ludsin, S.A., Knight, R.L., Ryan, P.A., Biberhofer, J. & Ciborowski, J.J. (2002) Fuzzy cognitive mapping as a tool to define management objectives for complex ecosystems. *Ecological Applications*, **12**(5), 1548–1565.
- IGN & Conseil Départemental de l'Essonne (2014) Recensement et zones de préemption des Espaces Naturels Sensibles, 1. Disponible à : http://www.essonne.fr/fileadmin/patrimoine_naturel/ressources/zones_ens/Rec_Z_P_ENS.pdf. Consulté le : 22 mai 2018.
- Ile-de-France Mobilités (2018) Tram 12 express Massy Evry révélateur de territoires. Disponible à : <http://www.tramtrain-massyevry.fr/>. Consulté le : 11 mai 2018.
- Mallard, F. (2014) *Développement d'une Méthode d'évaluation Quantitative Des Effets Des Projets d'infrastructures de Transport Terrestre Sur Les Milieux Naturels*. PhD Thesis, Ecole Centrale de Nantes (ECN), 471.
- Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (2012) Doctrine Relative à La Séquence Éviter, Réduire et Compenser Les Impacts Sur Le Milieu Naturel, 8.
- Neumann, W., Ericsson, G., Dettki, H., Bunnefeld, N., Keuler, N.S., Helmers, D.P. & Radeloff, V.C. (2012) Difference in spatiotemporal patterns of wildlife road-crossings and wildlife-vehicle collisions. *Biological Conservation*, **145**(1), 70–78.
- ODBU, Natureparif, Plante&cit  & MNHN (2011) Réaliser des toitures v g taliss es favorables à la biodiversité, 24.
- Office fédéral du développement territorial (ARE) (2004) Guide des outils d'évaluation de projets selon le développement durable, 98.
- Penone, C. (2012) *Fonctionnement de La Biodiversité En Ville: Contribution Des Dépendances Vertes Ferroviaires*. PhD Thesis, Paris, Muséum national d'histoire naturelle, 251.
- PNR de la Narbonnaise en Méditerranée (2012) Etude de l'impact des infrastructures de transport sur la fragmentation de la trame verte et bleue - Note méthodologique, 16.
- Rochard, H., About, C., Frascaria-Lacoste, N., Jacob, P., Simon, L. & Pech, P. (2018) Politiques urbaines et biodiversité en ville : un front écologique ? Le cas de la MGP, Métropole du Grand Paris. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, **18**(1).
Disponible à : <https://journals.openedition.org/vertigo/19753>. Consulté le : 2 août 2018.
- Seiler, A. (2001) *Ecological Effects of Roads, A Review*. Swedish University of Agricultural Sciences Department of Conservation, 40.
- Sétra (2011) Infrastructures de transport, biodiversité et territoire : l'apport de l'écologie du paysage. *Note d'information du - Série Economie, Environnement, Conception*, **95**, 52.
- SNCF Réseau (2017) Préservation de La Biodiversité En Ile-de-France : SCNF Réseau et La Ligue Pour La Protection Des Oiseaux (LPO) s'engagent Dans Un Partenariat Inédit, 3.

- Sonnay, V. & Pellet, J. (2016) Inventaire des pollinisateurs d'une toiture végétalisée urbaine. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, **95**, 5–19.
- Sordello, R., Vanpeene, S., Azam, C., Kerbiriou, C., Le Viol, I. & Le Tallec, T. (2014) *Effet Fragmentant de La Lumière Artificielle. Quels Impacts Sur La Mobilité Des Espèces et Comment Peuvent-Ils Être Pris En Compte Dans Les Réseaux Écologiques?* Rapport SPN, Muséum national d'Histoire Naturelle, Centre de ressources Trame verte et bleue, Paris, 51.
- Urbanisme, bâti & biodiversité (2015) Guide Technique. Biodiversité et Paysage Urbain. Aménagement Pour Les Insectes, 4.
- Vandevelde, J.-C., Penone, C., Kerbiriou, C. & Le Viol, I. (2012) Grandes infrastructures de transport et biodiversité : quelle prise en compte? in *Fleury, C. et Prévot-Julliard AC., L'exigence de la réconciliation: biodiversité et société, Fayard (le Temps des Sciences), Paris, 195–209.*
- Vanpeene-Bruhier, S., Pissard, P.-A. & Kopf, M. (2013) Prise en compte de la biodiversité dans les projets d'aménagement : comment améliorer la commande des études environnementales? *Développement durable et territoires*.
Disponible à : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/9701>.
Consulté le : 6 juin 2018.
- Wilkins, H. (2003) The need for subjectivity in EIA: discourse as a tool for sustainable development. *Environmental Impact Assessment Review*, **23**(4), 401–414.
- World Bank (2017) Transports. Disponible à : <https://www.worldbank.org>
Consulté le : 27 juillet 2018.
- Zarinpoush, F. & Imagine Canada (2006) *Guide d'évaluation de projet à l'intention des organismes sans but lucratif : méthodes et étapes fondamentales pour procéder à l'évaluation de projets*. Imagine Canada, Toronto, 89.

Bibliographie juridique

Articles L.411-1 et R.411-1 et suivants du Code de l'environnement
Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature

Bibliographie des documents d'orientation

- Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer (2005) Stratégie Nationale pour la biodiversité. Plan d'action infrastructures de transports terrestres, 19p.
- Conseil régional d'Île-de-France (2013) Schéma Régional de Cohérence Écologique d'Île-de-France - Plan d'action stratégique, 98p.
- Conseil régional d'Île-de-France (2003) Charte Régionale de la Biodiversité et des milieux naturels, 48p.
- Conseil régional d'Île-de-France (2013) Schéma Directeur de la région Île-de-France – Orientations réglementaires, 53p.

Conseil Général de l'Essonne (2011) Schéma Départemental des Espaces Naturels Sensibles de l'Essonne 2012-2021, 205p.

Champlan (2001) Plan d'Occupation des Sols – Rapport de présentation, 99p.

Chilly-Mazarin (2015) Plan Local d'Urbanisme – Rapport de présentation, 168p.

Courcouronnes (2011) Plan Local d'Urbanisme – Rapport de présentation (modifié), 93p.

Épinay-sur-Orge (2008) Plan Local d'Urbanisme – Rapport de présentation, 95p.

Évry (2009) Plan Local d'Urbanisme – Rapport de présentation, 221p.

Fleury-Mérogis (2013) Plan Local d'Urbanisme – Rapport de présentation, 506p.

Grigny (2011) Plan Local d'Urbanisme – Rapport de présentation, 132p.

Longjumeau (2013) Plan Local d'Urbanisme – Rapport de présentation, 167p.

Massy (2016) Plan Local d'Urbanisme – Rapport de présentation, 205p.

Morsang-sur-Orge (2016) Plan Local d'Urbanisme – Rapport de présentation, 129p.

Palaiseau (2018) Plan Local d'Urbanisme révisé– Rapport de présentation, 211p.

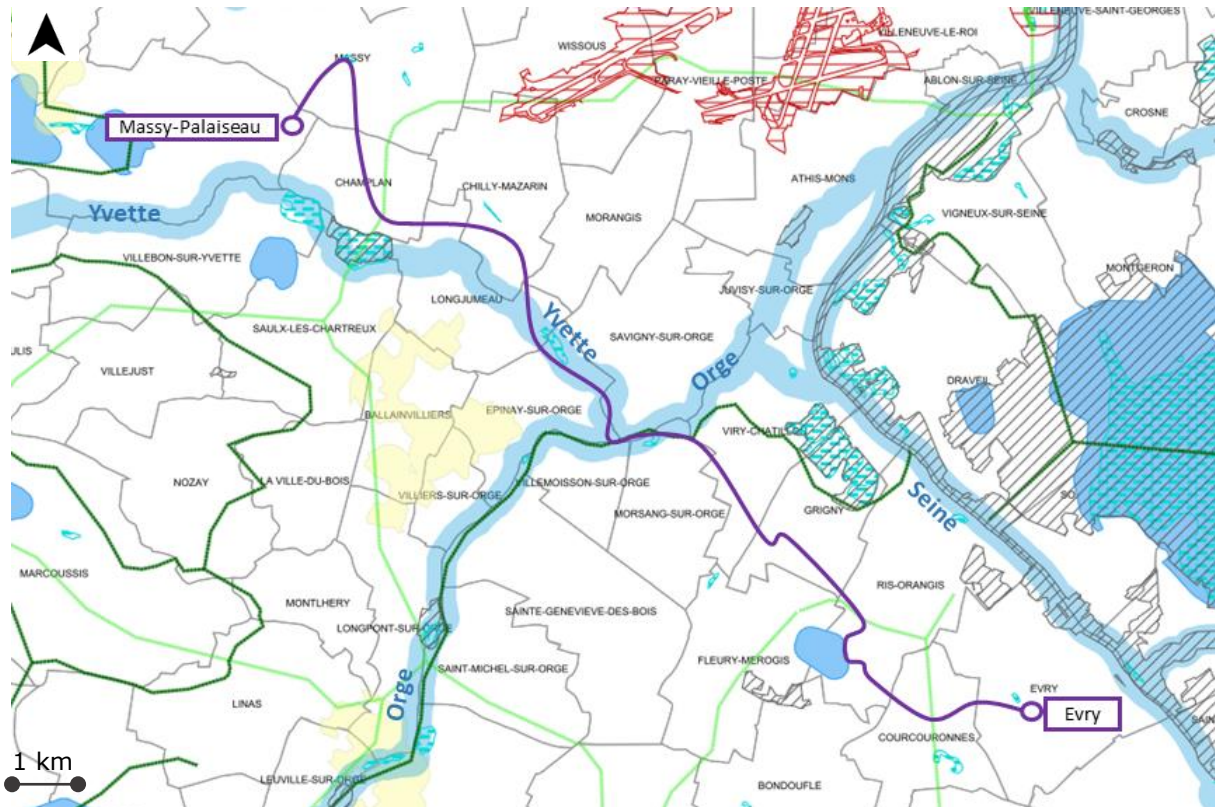
Ris-Orangis (2010) Révision simplifiée du Plan Local d'Urbanisme – Rapport de présentation, 33p.

Savigny-sur-Orge (2005) Révision simplifiée du Plan d'Occupation des Sols – Rapport de présentation, 74p.

Viry-Châtillon (2012) Plan Local d'Urbanisme – Rapport de présentation, 225p.

Annexes

Annexe 1 : Carte des continuités écologiques du SRCE au sein de la zone d'étude (fond de carte : carmen.developpement.gouv.fr)



Légende

-  Liaisons d'intérêt en milieux urbains
-  Secteurs d'intérêt en milieux urbains
-  Corridors sous-trame herbacée
-  Corridors sous-trame arborée
-  Milieux humides
-  Corridors alluviaux multitrames
-  Mosaïques agricoles
-  Secteurs de mares et mouillères
-  Tracé du Tram 12 express

Annexe 2 : Tableau récapitulatif des principales actions des documents d'orientation étudiés

DOCUMENT	ORIENTATIONS /THEMES	ACTIONS
Échelle nationale		
Plan d'action infrastructures de transport terrestres (2005)	La sensibilisation et l'information	Renforcer la formation des services maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvre Développer la communication sur le thème « infrastructures et milieu naturel »
	La préservation et la restauration d'habitats, la préservation et non perturbation d'espèces	Éviter les zones à forts enjeux lors de la conception du projet
		Encourager les démarches de type « management environnemental » et modifier les tâches d'entretien et d'exploitation en particulier en zones sensibles
		Veiller à ce que la gestion de la partie appartenant au maître d'ouvrage permette le bon fonctionnement des corridors écologiques
Échelle régionale		
Schéma Régional de Cohérence Écologique (2013)	Milieu urbain	Limiter la consommation des espaces naturels et agricoles résultant de l'étalement urbain
		Accorder une attention particulière aux franges urbanisées, lisières, lieux d'interface entre villes et nature, aux friches
		Traiter le tissu bâti de manière à assurer sa contribution à la trame verte par la végétalisation des espaces verts
		Promouvoir une gestion adaptée à la biodiversité des espaces verts privés
		Favoriser les schémas des liaisons douces et les réseaux hydrauliques et promouvoir la multifonctionnalité des espaces verts et publics en valorisant leur potentiel écologique par une gestion différenciée adaptée
		Favoriser la nature en ville y compris jusqu'à l'échelle des bâtiments qui peuvent d'avérer aptes à recevoir certaines espèces
Charte régionale de la biodiversité et des milieux naturels (2003)	Rôle paysager	Préserver l'arbre en ville
		Intégrer et accepter les friches
	Intérêt écologique	Créer des espaces relais et un maillage permettant la pénétration du milieu urbain
		Préserver les couloirs écologiques Prévoir des éclairages publics moins agressifs
	Intérêt social	Favoriser la création ou le maintien d'espaces naturels
		Expliquer la biodiversité par le jardinage Communiquer sur les EEE et veiller au respect des interdictions

DOCUMENT	ORIENTATIONS /THEMES	ACTIONS
	Créer des réseaux	Maintenir ou créer un réseau d'espaces verts
		Préserver les linéaires verts, maintenir et gérer les coulées vertes en faisant attention aux EEE
	Laisser la place à l'eau	/
	Protéger les oiseaux	Veiller à ne pas supprimer les lieux de nidage
	Ne pas négliger les petits espaces relais	/
	Arbres	Planter des espèces indigènes diversifiées
	Espaces ferroviaires	Fauche tardive, éviter Giro broyeur, méthodes douces
	Berges de fleuves et rivières	/
	Faire connaître la biodiversité en ville	Sensibiliser le public scolaire
		Faire des espaces connus et fréquentés des lieux d'apprentissage de la biodiversité
Sensibiliser les comités de quartier au maintien de la biodiversité		
Associer les habitants à l'aménagement de ces espaces et les faire participer à l'élaboration du projet et de sa gestion		
Schéma directeur de la région Île-de-France (2013)	Relier et structurer les infrastructures de transport	Veiller à maîtriser les impacts en termes de bruit, de pollution et de fragmentation des espaces
		Les espaces nécessaires à leur réalisation font l'objet de réserves ou de mesures de sauvegarde
	Préserver et valoriser les espaces boisés et espaces naturels	Préserver les espaces boisés et les espaces naturels (en particulier dans les communes comprenant moins de 10% en superficie d'espaces agricoles, boisés naturels et d'espaces ouverts urbains)
		Veiller à une bonne intégration environnementale et paysagère des aménagements et constructions
	Préserver et valoriser les espaces verts et les espaces de loisirs	Pérenniser la vocation des espaces verts publics existants
		Réserver des emprises foncières dans les zones carencées en espaces verts
	Préserver et valoriser les continuités	Maintenir ou créer les continuités écologiques, notamment en milieu urbain
		Préserver et améliorer le caractère multifonctionnel des continuités en milieu urbain
		Favoriser leur rétablissement à l'occasion d'opérations d'aménagement et de renouvellement urbain

DOCUMENT	ORIENTATIONS /THEMES	ACTIONS
	Préserver et valoriser les espaces en eau	Éviter, et le cas échéant réduire (et à défaut compenser) l'impact des infrastructures sur les réservoirs de biodiversité et les continuités écologiques
		Prendre en compte dans les projets la préservation des ressources et milieux les ressources et milieux en eaux à long terme
		Ne pas dégrader les éléments naturels (zones humides, zones naturelles d'expansion des crues, berges...) lors des aménagements
		Préserver et favoriser le rétablissement des berges non imperméabilisées lors des projets d'aménagement (si cela ne peut être évité, la continuité de la TVB doit être respectée)
Échelle départementale		
Schéma départemental des Espaces Naturels Sensibles (pour 2012-2021)	Rétablir le lien entre la population locale et la nature	/
	Développer de nouvelles solidarités et synergies autour du patrimoine naturel	/
	Préserver la biodiversité	/
	Restaurer la fonctionnalité des TVB	/
	Pérenniser et valoriser les écopaysages	/
Échelle locale		
PLU des communes concernées	Préserver et mettre en valeur les milieux naturels et agricoles	Protection et mise en valeur de la TVB
		Valoriser les espaces verts urbains
		Valoriser et aménager les bords de l'Orge
		Préserver les zones humides
		Lutter contre l'étalement urbain
	Mettre en place des aménagements dans une démarche environnementale	Permettre le développement de toitures terrasses ou murs végétalisés
	Assurer un cadre de vie de qualité	Valoriser le paysage urbain
	Valoriser les espaces verts urbains	

Annexe 3 : Dates de passage des visites de l'écologie dans le cadre du suivi écologique en phase travaux

Numéro de visite	Date de passage	Objectif	Remarques
1, 2 et 3	30/01/2018, 02/02/2018, 13/02/2018	État initial avant travaux	Mission suivi écologique
4	28/02/2018	Travaux préparatoires	Mission suivi écologique
5 et 6	09/03/2018, 14/03/2018	Travaux préparatoires	Mission suivi écologique
7 et 8	26/03/2018 et 28/03/2018	Travaux préparatoires	Mission suivi écologique
7 et 8	26/03/2018 et 28/03/2018	État initial écologique	Hors mission suivi écologique (hors emprise CNPN)
9	28/03/2018 et 10/04/2018 (nuits)	Vérification/déplacement espèces protégées	Mission suivi écologique
10	04/04/2018	Travaux préparatoires	Mission suivi écologique
11	11/04/2018 et 16/04/2018 (nuits)	Vérification/déplacement espèces protégées	Mission suivi écologique
12	12/04/2018	Travaux préparatoires/ Vérification/déplacement espèces protégées	Hors mission suivi écologique (hors emprise CNPN)/ Mission suivi écologique
12	11/04/2018 (nuit) et 12/04/2018	Travaux préparatoires / Vérification/déplacement espèces protégées	Mission suivi écologique
13	26/04/2018	Travaux préparatoires / Vérification/déplacement espèces protégées	Mission suivi écologique / Hors mission suivi écologique (hors emprise CNPN)
14	14/06/2018	Travaux préparatoires	Mission suivi écologique
15	15/06/2018	Vérification/déplacement espèces protégées	Mission suivi écologique
16	30/07/2018 07/08/2018	Repérage des EEE	Mission suivi écologique

Annexe 4 : Tableau d'analyse globale du projet T12 express (EI : étude d'impact, CNPN : dossier « CNPN », NA : Non Applicable)

PHASE	CRITERE	INDICATEUR	NIVEAU	COMMENTAIRE
CONCEPTION	Apport de la bibliographie	Consultations d'études/rapports sur des projets similaires ou sur même territoire	NA	EI : pas d'informations
			Moyen	CNPN : apport d'études réalisées sur le même territoire
	Définition des aires d'étude	Identification de différentes aires d'étude en fonction des enjeux environnementaux	Bon	EI : 3 aires d'études définies en fonction des thèmes abordés (aire d'étude : 500 m ; aire d'étude restreinte : 250 m ; aire d'étude élargie)
				CNPN : une bande élargie à 300 m sur les secteurs à enjeux et une bande de 100 m sur les autres secteurs
	Prise en compte des espèces et des milieux	Identification des espèces protégées	Bon	EI, CNPN : les espèces protégées ont fait l'objet d'une attention particulière notamment dans le dossier CNPN
		Identification des espèces communes	Bon	EI, CNPN : de nombreuses espèces communes inventoriées sont aussi protégées (Lézard des murailles, la plupart des oiseaux et des amphibiens).
		Identification des habitats	Bon	EI, CNPN : les habitats ont été identifiés et décrits
		Localisation des lieux de nidification, alimentation, refuge, couloirs de déplacement/migration	Mauvais	EI : très peu de référence à ces zones
	Bon		CNPN : ces zones ont été identifiées et intégrées à la réflexion sur les mesures	
	Réalisation de l'expertise naturaliste	Expertise naturaliste réalisée sur une année au minimum	Très mauvais	EI : l'expertise naturaliste complémentaire a été réalisée sur 3 mois (3 passages).
Moyen			CNPN : une dizaine campagnes de terrain ont été menées pour les différents groupes entre avril et août	
Inventaires réalisés par des professionnels aux compétences naturalistes avérées		Bon	EI, CNPN : bureaux d'études aux compétences reconnues faisant intervenir des écologues experts sur les différents taxons	


PHASE	CRITERE	INDICATEUR	NIVEAU	COMMENTAIRE
CONCEPTION	Identification des impacts du projet sur la biodiversité	Identification claire des impacts du projet et cohérence avec les enjeux	Mauvais	EI : les impacts sont identifiés mais souvent mal justifiés
			Bon	CNPN : les impacts sont identifiés et justifiés
		Identification de la durée, portée, période d'occurrence des impacts	Mauvais	EI : peu ou pas d'éléments
			Bon	CNPN : distinction claire entre les impacts temporaires, permanents, directs et indirects, et précision du niveau d'impact
		Identification des impacts cumulés	Très mauvais	EI : les impacts cumulés ne sont pas décrits
	Identifications des incidences potentielles sur les sites Natura 2000	Bon	EI, CNPN : les sites Natura 2000 sont identifiés et les l'absence d'impact justifiée	
	Respect de la séquence ERC	Evitement puis réduction et enfin compensation	Très mauvais	EI : l'évitement n'a pas été envisagé en premier
			Bon	CNPN : l'évitement a bien été intégré, puis la réduction et enfin la compensation
	Préconisation des mesures ERC	Mesures d'évitement suffisantes, satisfaisantes et cohérentes avec le projet	Très mauvais	EI : pas d'évitement
			Très bon	CNPN : plusieurs mesures d'évitement cohérentes avec le projet
		Mesures de réduction suffisantes, satisfaisantes et cohérentes avec le projet	Moyen	EI : de nombreuses mesures, pas toujours cohérentes avec le projet
			Très bon	CNPN : de nombreuses mesures cohérentes avec le projet
		Mesures de compensation suffisantes, satisfaisantes et cohérentes avec le projet	Mauvais	EI : pas de compensation
			Moyen	CNPN : les mesures de compensation sont discutables, notamment au vu du site choisi
	Ambition des mesures préconisées	Mise en place de mesures innovantes ou allant au-delà des obligations réglementaires	Moyen	EI, CNPN : un toit végétalisé sera mis en place au niveau du site de remisage. La plateforme du tram sera en partie végétalisée (sédums)
	Prise en compte de la TVB	Identification de la TVB sur le territoire	Bon	EI, CNPN : vérification de la compatibilité avec le SRCE, identification des corridors et réservoirs
		Limitation de la fragmentation du territoire par l'infrastructure de transport	Très bon	EI, CNPN : l'infrastructure est située au droit d'infrastructures existantes (RER C et A6)
	Enjeux du territoire	Cohérence du projet avec les enjeux identifiés dans les documents d'orientations à différentes échelles	Moyen	EI, CNPN : le projet est cohérent avec un certain nombre de d'objectifs généraux mais il est possible d'aller plus loin, notamment sur l'aspect pédagogique (Annexe 2)

PHASE	CRITERE	INDICATEUR	NIVEAU	COMMENTAIRE
TRAVAUX	Application des mesures ERC préconisées	Application stricte des mesures	Bon	Les mesures correspondent globalement aux préconisations et sont appliquées à l'endroit indiqué
		Délai avant la mise en place des mesures	Moyen	La majorité des mesures sont appliquées avant que les impacts sur la biodiversité aient lieu
		Adaptation rapide des mesures en cas de problème	Bon	Les adaptations des mesures sont appliquées dans les jours qui suivent par les entreprises
	Implication des entreprises	Implication des entreprises de travaux dans la prise en compte de la biodiversité	Bon	Les entreprises sollicitent souvent l'écologue et font des suggestions
	Mise en place du suivi écologique	Suivi régulier	Très bon	16 dates en 6 mois, parfois plusieurs fois par semaine
		Proposition d'adaptation des mesures en cas de problème	Très bon	Forte réactivité lors des problèmes (espèces sur les emprises, EEE, inondations...)
	Application de sanctions	Absence de de sanctions appliquées concernant la biodiversité	Très bon	Aucune sanction n'a encore été appliquée concernant la biodiversité
	Remise en état après les travaux	Remise en état après travaux permettant de limiter les impacts au niveau des emprises chantier	NA	NA
EXPLOITATION	Qualité du suivi pour apprécier les impacts sur l'environnement	Définition en amont du protocole de suivi	NA	NA
		Protocole garantissant un résultat clair et précis	NA	NA
		Protocole garantissant la possibilité de répéter le suivi d'une année sur l'autre (résultats comparables)	NA	NA
		Période de suivi assez longue (au moins 30 ans)	NA	NA
		Intervention d'un biostatisticien pour renforcer la solidité du protocole	NA	NA
	Choix du ou des site(s) de compensation	Adaptation du ou des site(s) de compensation au projet et à ses enjeux	NA	NA
		Ambition de la compensation	NA	NA
		Acquisition foncière et gestion du site de compensation (garantie de sa mise en œuvre)	NA	NA
	Gestion de l'infrastructure	Gestion différenciée des délaissés	NA	NA
		Atténuation des nuisances lumineuses	NA	NA
		Atténuation des nuisances sonores	NA	NA
		Gestion attentive à la prolifération des espèces exotiques envahissantes	NA	NA

Annexe 5 : Comparaison des différents types de toitures végétalisées (Source : ODBU et al., 2011)

	 	 	 
	Extensif	Semi-intensif	Intensif
Épaisseur	3-12 cm	12-30 cm	> 30 cm
Portance	30-150 kg/m ²	150-350 kg/m ²	> 350 kg/m ²
Végétation	Sédums 	Sédums, graminées, vivaces 	Herbacées, arbustes, arbres 
Entretien	2 fois/an pas d'arrosage au Nord de la Loire	4 fois/an arrosage conseillé en été	type jardin classique
Accès	non	oui	oui
Coût	25-100 €/m ²	100-200 €/m ²	> 200 €/m ²

© Julien Artus et A. Roulet

	Diplôme : Ingénieur Agronome Spécialité : Génie de l'Environnement Spécialisation / option : Préservation et Aménagement des Milieux – Écologie Quantitative Enseignant référent : Jacques HAURY
Auteur(s) : Tiffany Poquet Date de naissance : 13/01/1996	Organisme d'accueil : EGIS Environnement Adresse : 4 rue Dolorès Ibarruri
Nb pages : 29 Annexe(s) : 9	93100 Montreuil
Année de soutenance : 2018	Maître de stage : Mireille FALQUE
Titre français : Analyse de la prise en compte de la biodiversité des projets d'infrastructures de transport en milieu urbain : exemple du Tram 12 express	
Titre anglais : Analysis of the integration of biodiversity in transport infrastructure projects in urban areas : example of the "Tram 12 express"	
Résumé (1600 caractères maximum) :	
<p>Dans un contexte de croissance économique et sociale, le secteur du transport répond aux enjeux d'urbanisation. Malgré les avantages socio-économiques des infrastructures de transport, leurs impacts sur l'environnement questionnent : fragmentation des habitats, effet de barrière, artificialisation des sols, propagation d'espèces invasives, mortalité par collision, pollution, perturbations sonores et lumineuse. L'exemple du projet Tram 12 express a été pris afin d'évaluer globalement la prise en compte de la biodiversité et d'analyser plus précisément le suivi écologique en phase travaux. Cette vue d'ensemble du projet permet d'identifier ses points forts et ses points faibles pour proposer des mesures et des pistes d'amélioration de l'intégration des questions écologiques dans les projets d'infrastructures de transport. L'analyse a mis en évidence l'importance d'une intégration précoce de la biodiversité dès la phase conception pour instaurer des mesures ERC (éviter, réduire, compenser) adaptées. Le suivi écologique apparaît comme un élément primordial d'une prise en compte efficace de la biodiversité. Il se doit d'être régulier, minutieux et de proposer des adaptations aux mesures en fonction des évolutions des enjeux écologiques. L'étude propose des mesures de réduction pour intégrer des éléments végétalisés favorables à la biodiversité et développer l'intérêt pédagogique du projet. Trois grandes pistes d'amélioration de la prise en compte de la biodiversité sont développées : une conception multi acteurs des projets, une meilleure évaluation des impacts et une confortation de la sensibilisation sur les chantiers.</p>	
Abstract (1600 caractères maximum) :	
<p>In an environment of economic and social growth, the transport sector responds to the challenges of urbanization. Despite the socio-economic benefits of transport infrastructure, their impacts on the environment raise interrogations: habitat fragmentation, barrier effect, artificialization of soils, spread of invasive species, collision mortality, contamination, noise and light disturbances. The example of the Tram 12 express project was taken in order to evaluate globally the consideration of biodiversity and to analyze ecological monitoring more precisely during the construction phase. This overview of the project identifies its strengths and weaknesses to propose measures and ways to improve the integration of environmental issues into transport infrastructure projects. The analysis underscored the importance of early integration of biodiversity in the design phase to implement appropriate ERC (avoidance, reduction, compensation) measures. Ecological monitoring appears as an essential element of an effective consideration of biodiversity. It must be regular, thorough and must propose adaptations to the measures according to changes in ecological issues. The study proposes reduction measures to integrate vegetal elements beneficial to the biodiversity and to develop the educational interest of the project. Three main ways to improve the consideration of biodiversity are developed: a multi-stakeholder project design, a better impact assessment and measures to strengthen awareness on construction sites.</p>	
Mots-clés : infrastructure de transport terrestre (ITT), environnement, évaluation, suivi écologique, chantier	
Key Words: land transport infrastructure (LTI), environment, evaluation, ecological monitoring, construction site	