



**HAL**  
open science

## Espèces animales indicatrices de la Trame Verte et Bleue

Sylvie Vanpeene, Quentin Petit

► **To cite this version:**

Sylvie Vanpeene, Quentin Petit. Espèces animales indicatrices de la Trame Verte et Bleue. INRAE - RECOVER. 2024, pp.26. <hal-04655638>

**HAL Id: hal-04655638**

**<https://hal.science/hal-04655638v1>**

Submitted on 26 Aug 2024

**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.



HAL Authorization



Centre  
Provence-Alpes-Côte d'azur



**INRAE**

## **> Espèces animales indicatrices de la trame verte et bleue**

**VANPEENE Sylvie – PETIT Quentin**

**Juin 2024**

Convention de coopération OFB INRAE n°22-0738

Cette synthèse est issue du travail de stage de Quentin PETIT (Master 2 Biodiversité, écologie et évolution finalité gestion adaptative de la biodiversité d'Aix-Marseille Université).

Elle a bénéficié d'un comité de pilotage du Centre de Ressources TVB rassemblant Fabien Paquier (OFB), Romain Sordello (OFB-UMS Patrinat), Jennifer Amsallem et Hugo Monteil (INRAE - UMR TETIS)



## Sommaire

<b>1. Introduction.....</b>	<b>3</b>
1.1. Contexte .....	3
1.2. Les méthodes pour identifier les corridors écologiques.....	3
<b>2. Sélection des espèces dans la littérature scientifique.....</b>	<b>5</b>
2.1. Les critères de sélection.....	5
2.2. Le nombre d'espèces retenues.....	6
2.3. Le choix des espèces retenues .....	7
<b>3. Identification de la TVB dans la planification locale .....</b>	<b>8</b>
3.1. Echantillon étudié.....	8
3.2. Approches et méthodes employées à l'échelle locale.....	10
3.3. Choix des espèces.....	11
3.4. Relation nombre de sous-trames, nombre d'espèces .....	15
<b>4. Discussion .....</b>	<b>18</b>
4.1. Sur les approches et méthodes employées .....	18
4.2. Sur les choix des espèces animales .....	19
<b>Synthèse pour les décideurs .....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Annexe 1 : Distances de déplacement- taille domaine vital.....</b>	<b>21</b>
<b>Annexe 2 : Etudes TVB locales analysées .....</b>	<b>25</b>



## Table des illustrations :

Figure 1 : Principe et étapes de la méthode par dilation-érosion.....	4
Tableau 1 : Nombre d'espèces choisies dans les études de réseaux écologiques.....	6
Tableau 2 : Nombre d'espèces choisies par groupe taxonomique et par études.....	7
Figure 2 : Utilisation des différents taxons dans les modélisations avec CircuitScape .....	8
Figure 3 : Nature des 167 documents analysés.....	9
Figure 4 : Répartition géographique des études de trames verte et bleue analysées .....	9
Tableau 3 : Rappel des approches d'identification des TVB.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 5 : Pourcentage des méthodes utilisées selon la nature du document de planification .....	10
Figure 6 : Nombre d'espèces utilisées en fonction de leur groupe taxonomique.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 7 : Proportion d'espèces utilisées par rapport au nombre total d'espèces .....	12
Figure 8 : Les 15 espèces les plus utilisées pour modéliser des corridors à l'échelle locale .....	12
Tableau 4 : Nombre moyen d'espèces utilisées par groupe taxonomique.....	13
Figure 9 : Méthodes utilisées pour les 15 espèces les plus fréquentes.....	13
Figure 10 : Méthodes utilisées par groupe taxonomique.....	14
Figure 11 : Liste des critères pour sélectionner les espèces (Ville de Lille).....	14
Tableau 5 : Justification du choix d'espèces pour les 15 espèces les plus fréquentes .....	15
Tableau 6 : Nombre d'études et d'espèces en fonction de la méthode et du nombre de sous-trames .....	16
Figure 12 : Exemple d'études à approche par espèces virtuelles et guildes d'espèces.....	17



# 1. Introduction

## 1.1. Contexte

La politique publique Trame Verte et Bleue créée et définie par les lois dites Grenelle I<sup>1</sup> et Grenelle II<sup>2</sup> a été voulue comme un « *outil de préservation de la biodiversité visant à intégrer les enjeux de maintien et de renforcement de la fonctionnalité des milieux naturels dans les outils de planification et les projets d'aménagement* » ([centre de ressource TVB](#)).

Elle est en effet issue du constat d'une érosion constante de la biodiversité malgré les autres outils de protection mis en place depuis 1976. Suite au constat du rôle majeur de la fragmentation et de la disparition des habitats naturels dans la diminution des populations d'espèces, cette politique s'est centrée sur la nécessité de préserver et restaurer les continuités écologiques permettant les déplacements des individus afin qu'ils puissent accomplir la totalité de leur cycle de vie.

Déclinée de l'échelle nationale à locale, sa mise en œuvre à l'échelle locale se fait au niveau des projets d'aménagement (via les études d'impacts et l'évaluation environnementale) et au niveau des documents de planification (SCoT) et d'urbanisme (PLU, PLUi). En effet, le code de l'urbanisme (article L.101-2) inscrit la préservation de la biodiversité et la remise en bon état des continuités écologiques parmi les objectifs des documents d'urbanisme.

L'intégration de la préservation des continuités écologiques dans les objectifs des documents d'urbanisme nécessite au préalable leur identification et donc la cartographie d'une trame verte et bleue communale ou intercommunale. La trame verte et bleue identifie les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques qui les relient en s'appuyant sur des sous-trames correspondant aux grands types de milieux (milieux boisés, milieux ouverts, milieux humides, milieux aquatiques...).

Lors des journées d'étude ou formations organisées par le centre de ressources TVB, l'OFB et ses partenaires (comme le CNFPT), la question des méthodes pour identifier la TVB à l'échelle communale et intercommunale est très souvent posée. Un certain [nombre de guides](#) apportent des informations sur les méthodes utilisables et employées.

Les méthodes basées sur de la modélisation via un système d'information géographique utilisent des espèces pour modéliser des continuités écologiques. Ce document fait un état de l'art des espèces mobilisées par la recherche et dans un second temps, il fait un état des pratiques mises en œuvre lors d'identification de trame verte et bleue (dans des SCoT ou des PLU) et pour les méthodes utilisant de la modélisation fait un focus sur les espèces utilisées pour réaliser cette modélisation.

En synthèse, il propose des recommandations concernant le choix des espèces pouvant être intégrées dans un cahier des charges pour un appel à prestation pour identifier une trame verte et bleue locale si une modélisation par outil SIG est pertinente (selon l'échelle du territoire analysé notamment).

## 1.2. Les méthodes pour identifier les corridors écologiques

L'identification des réservoirs de biodiversité se fait souvent par identification des espaces naturels protégés (une liste fixe les espaces à classer obligatoirement ou au cas par cas comme réservoir de biodiversité) ou grâce à des données de répartition d'espèces ou d'habitats naturels. A l'échelle communale ou intercommunale, notamment en milieu urbain, c'est souvent les espaces verts qui sont identifiés en tant que réservoir de biodiversité ainsi que les zones humides.

---

<sup>1</sup> [Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement](#)

<sup>2</sup> [Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement](#)

Ce rapport abordera uniquement l'identification des corridors écologiques par des outils de modélisation sous SIG.

### L'identification des corridors par une « approche habitat »

Cette approche s'appuie sur l'organisation du paysage via des analyses de photos-aériennes ou des cartes d'occupation du sol.

La photo-interprétation analyse manuellement des photos-aériennes ou des cartes d'occupation du sol et met en évidence visuellement les chemins les plus directs entre deux tâches d'habitat. Elle peut s'appliquer sur des territoires de petite taille et par un photo-interprète qui connaît bien son territoire et/ou est accompagné d'un groupe d'acteurs locaux le connaissant bien. Elle est à compléter par des phases terrain pour actualiser si besoin l'occupation du sol et repérer des obstacles aux déplacements des espèces non visibles sur les photos (clôtures, barrières...).

La méthode de dilatation-érosion (figure 1) part d'une carte d'occupation du sol, définit les zones favorables aux espèces et applique une manipulation géomatique simple : la création d'une zone tampon. Elle nécessite donc l'utilisation d'un logiciel de système d'information géographique (SIG) qui va générer des zones tampon de même largeur quelle que soit l'occupation du sol considérée autour des tâches d'habitat. Lorsque les tampons fusionnent, lors de la phase d'érosion cela met en évidence la présence d'un corridor potentiel. Les largeurs de zones tampons sont fixées de manière identique quelle que soit l'occupation du sol et dans ce cas une seule valeur est fixée pour le territoire.

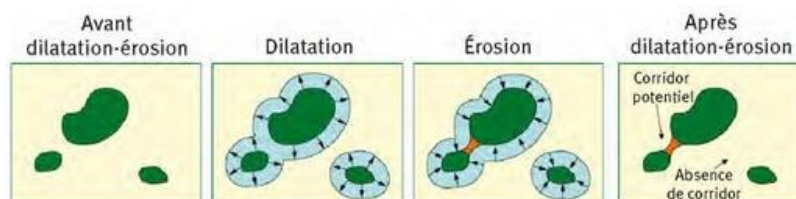


Figure 1. Principe et étapes de la méthode par dilatation-érosion (Amsallem *et al.*, 2010).

### L'identification des corridors par une « approche espèces »

La plus fruste des approches espèces est l'utilisation de la méthode de dilatation-érosion en la réalisant plusieurs fois sur le territoire pour des espèces différentes, dans ce cas les zones favorables peuvent varier d'une espèce à l'autre ainsi que la largeur de la zone tampon qui sera adaptée aux capacités de déplacement de l'espèce. Par contre cette largeur sera identique quelle que soit l'occupation du sol.

Les autres méthodes de l'approche espèces sont des modélisations via des logiciels SIG qui permettent d'affiner les résultats en prenant en compte les capacités de déplacement des espèces en fonction des occupations du sol traversées et qui fournissent des résultats graphiques et des métriques associées. Ces approches basées sur la perméabilité des milieux sont déclinées en théorie des graphes qui va plutôt définir des chemins de moindre coût (Urban & Keitt, 2001) ou en théorie des circuits qui va plutôt produire des corridors surfaciques ou des aires potentielles de déplacement (McRae *et al.*, 2008).

Ainsi la **théorie des graphes paysagers** représente l'habitat de l'espèce sous la forme d'un ensemble de nœuds (taches d'habitats). Ces nœuds sont reliés les uns aux autres par des liens qui représentent les corridors potentiels. Ceux-ci sont modélisés en croisant la couche d'occupation du sol et des



coefficients de friction par type de milieux traduisant la facilité d'une espèce à se déplacer dans ce milieu (Papet & Vanpeene, 2020). Plus un milieu est favorable aux déplacements de l'espèce et plus le coefficient sera faible. A partir de la carte de friction établie, il est possible de déterminer le chemin le plus optimal entre deux taches d'habitats.

La **théorie des circuits**, dite aussi à chemins multiples, se base sur un déplacement aléatoire de l'espèce par analogie avec le déplacement d'électrons (ici l'animal) au sein d'un circuit composé de résistances (ici les occupations du sol de la matrice paysagère).

Ces deux méthodes nécessitent de sélectionner des espèces dont les exigences vont permettre de paramétrer les modèles « espèce centrée » (Papet & Vanpeene, 2020).

### Les données espèces – points de vigilance

Le choix des espèces, leur nombre, les données de présence existant sur le territoire d'étude et la connaissance des capacités et préférence de déplacement des espèces sont souvent des points de questionnement pour modéliser une trame verte et bleue et qui peuvent impacter les résultats fournis par la modélisation. En effet, il faut trouver un compromis permettant un équilibre entre représentativité et robustesse du modèle qui est toujours une simplification de la réalité. Le choix des espèces devra permettre de représenter au mieux la diversité des espèces du territoire et les enjeux liés à la fragmentation des habitats.

Le paragraphe 2 va présenter des éléments issus de la littérature scientifique centrée sur le choix des espèces dans ces modélisations espèce centrée.

## 2. Sélection des espèces dans la littérature scientifique

### 2.1. Les critères de sélection

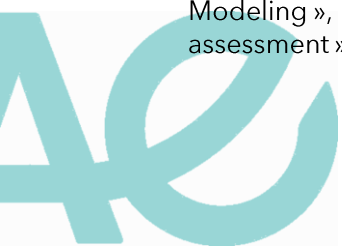
Quelques articles traitent de cette question spécifiquement ou alors des éléments sont apportés dans des articles<sup>3</sup> identifiant des réseaux écologiques ou abordant les enjeux de connectivité à l'échelle des paysages.

Les espèces sélectionnées pour définir les réseaux écologiques doivent englober les besoins d'un maximum d'espèces co-occurentes (Meurant et al., 2018) afin de représenter les besoins du plus grand nombre d'espèces en termes de capacités de mouvements et d'exigences d'habitats (Beier et al., 2009; Jennings et al., 2020; Mörtberg et al., 2007; Pliscoff et al., 2020; Scolozzi & Geneletti, 2012; Tarabon et al., 2021). La sensibilité de l'espèce à la fragmentation est également un critère à prendre en compte.

Selon l'objectif des études, des focus sont portés sur des espèces en déclin dans le territoire (ex des amphibiens dans une étude en Suisse (Churko et al., 2020)) ou sur des espèces protégées, rares ou patrimoniales (Liang et al., 2023). Mais ces espèces ne seront pas nécessairement celles qui représenteront au mieux les enjeux liés aux réseaux écologiques (Albert & Chaurand, 2018) notamment à l'échelle locale.

---

<sup>3</sup> Ces articles sont issus du Web of Science par une recherche sur les mots clés « Ecological Network Modeling », « Multispecies corridors », « Multispecies ecological network », « Connectivity assessment » et « Landscape connectivity ».



### Quelques définitions de types d'espèces

Espèce **clé de voûte** (*Keystone species*) : espèce dont l'impact sur le fonctionnement de l'écosystème est grand par rapport à son abondance relative (Sinclair, 2003).

Espèce **parapluie** (*Umbrella species*) : espèce dont la préservation bénéficie à d'autres (Branton & Richardson, 2011) en raison de fortes exigences écologiques et/ou d'un domaine vital de grande surface (Maslo *et al.*, 2016).

Espèce **étendard ou emblématique** (*Flagship species*) : espèce charismatique qui permet d'attirer l'attention et de communiquer avec le grand public (Albert & Chaurand, 2018).

Espèce **spécialiste** : fortement liée à un habitat particulier.

Espèce **ubiquiste** ou **généraliste** : s'adapte à beaucoup d'habitats dont des habitats dégradés.

Dans plusieurs études, une liste des espèces présentes ou d'intérêt pour le territoire est établie. Cette liste souvent importante nécessite l'application d'un ou plusieurs filtres afin d'en réduire le nombre pour que la modélisation ne soit pas trop coûteuse (en temps de calcul notamment) : état de conservation (pas forcément pertinent pour une TVB locale), groupe taxonomique, fonction des espèces (encart 1), sensibilité à la fragmentation, surface minimale d'habitat vital, capacité de déplacement, caractère spécialiste ou généraliste... (Henle *et al.*, 2004 ; Ersoy *et al.*, 2019)

Une autre méthode utilisée dans les articles est la construction de profils écologique (Albert & Chaurand, 2018) qui permettent de regrouper des espèces ayant des capacités et besoins proches en termes de préférences d'habitat, taille d'habitat et capacités de déplacement. Ces profils peuvent être construits à partir d'un tableau « traits-espèces », par des analyses multivariées (Albert *et al.*, 2017) voire à dire d'expert (Sahraoui *et al.*, 2021). Une espèce du profil est ensuite choisie pour le représenter ou alors une espèce virtuelle est utilisée (du type « Espèces de cours d'eau à petites capacités de dispersion », « Espèces de forêts mixtes à grandes capacités de dispersion »). La notion de guildes d'espèces est dans le même esprit mais est moins utilisée. Ces approches permettent de limiter le nombre d'espèces pour modéliser leurs réseaux écologiques.

## 2.2. Le nombre d'espèces retenues

Le nombre d'espèces utilisées est assez variable selon les études. Toutefois il dépasse rarement 10 sauf pour les études basées sur des profils écologiques ou guildes (tableau 1).

Tableau 1. Nombres d'espèces choisies dans les études de réseaux écologiques. Les lignes surlignées en gris correspondent à celles utilisant des profils écologiques, celle en jaune des guildes d'espèces.

Nombre d'espèces	Contexte paysager	Source
88 (16 profils écologiques)	Urbain	(Sahraoui <i>et al.</i> , 2021)
45 (16 profils écologiques)	Peu fragmenté	(Sahraoui <i>et al.</i> , 2021)
14 (14 profils écologiques)	Péri-urbain fragmenté	(Albert <i>et al.</i> , 2017)
12 (5 guildes)	Fragmenté	(Lechner <i>et al.</i> , 2017)
10	Urbain	(Ersoy <i>et al.</i> , 2019)
8	Fragmenté	(Gracanin & Mikac, 2023)
8	Fragmenté	(Babí Almenar <i>et al.</i> , 2019)
7	Forêt fragmentée	(Pliscoff <i>et al.</i> , 2020)
6	Naturel fragmenté	(Jennings <i>et al.</i> , 2020)
5	Rural fragmenté	(Churko <i>et al.</i> , 2020)

4	Rural	(Liang <i>et al.</i> , 2023)
4	Urbain	(Tarabon <i>et al.</i> , 2021)
3	Fragmenté	(Liu <i>et al.</i> , 2014)
3	Forestier (45% de recouvrement)	(Mörtberg <i>et al.</i> , 2007)
3	Fragmenté	(Scolozzi & Geneletti, 2012)
3	Forestier (48% de recouvrement)	(Tannier <i>et al.</i> , 2016)
3	Péri-urbain fragmenté	(Tarabon <i>et al.</i> , 2019)

### 2.3. Le choix des espèces retenues

Au-delà du nombre d'espèces ou des profils retenus, les études n'abordent pas le choix des groupes taxonomiques à retenir de la même façon.

Certaines études ne retiennent que des mammifères pour modéliser un réseau écologique. Même si intuitivement les mammifères ayant une locomotion terrestre sont fortement impactés par la fragmentation et peuvent être pertinents, il semble important de mobiliser des groupes taxonomiques variés pour refléter une diversité d'habitat et de modes de déplacements (Albert & Chaurand, 2018 ; Meurant *et al.*, 2018). Le choix d'un seul taxon peut cependant se justifier si la hiérarchisation des enjeux du territoire a mis en avant l'importance de ce taxon vis-à-vis des enjeux de fragmentation.

Les méthodes basées sur des profils écologiques ou guildes permettent d'englober plusieurs groupes taxonomiques car au sein d'un profil plusieurs taxons peuvent être regroupés (tableau 2).

Tableau 2. Nombre d'espèces choisies par groupes taxonomiques et par études. Les lignes surlignées en gris correspondent aux profils écologiques et celle en jaune à l'approche par guildes.

Mammifères	Oiseaux	Reptiles	Amphibiens	Insectes	Source
15	37	11	15	10	(Sahraoui <i>et al.</i> , 2021)
4	31	5	5		(Sahraoui <i>et al.</i> , 2021)
6	5		3		(Albert <i>et al.</i> , 2017)
12					(Lechner <i>et al.</i> , 2017)
3	4	3			(Ersoy <i>et al.</i> , 2019)
8					(Gracanin & Mikac, 2023)
4		1	2	1	(Babi Almenar <i>et al.</i> , 2019)
7	1				(Beier <i>et al.</i> , 2009)
8					(Gurrutxaga <i>et al.</i> , 2010)
5	1				(Jennings <i>et al.</i> , 2020)
			5		(Churko <i>et al.</i> , 2020)
3	1				(Pliscoff <i>et al.</i> , 2020)
2	1		1		(Tarabon <i>et al.</i> , 2021)
4					(Liang <i>et al.</i> , 2023)
1	2				(Liu <i>et al.</i> , 2014)
	3				(Mörtberg <i>et al.</i> , 2007)
2			1		(Scolozzi & Geneletti, 2012)
3					(Tannier <i>et al.</i> , 2016)
3					(Tarabon <i>et al.</i> , 2019)



La dominance des mammifères puis des oiseaux rejoint l'analyse menée par Dickson *et al.* (2019) sur des études ayant mobilisé la théorie des circuits (CircuitScape) pour modéliser des réseaux écologiques (figure 2).

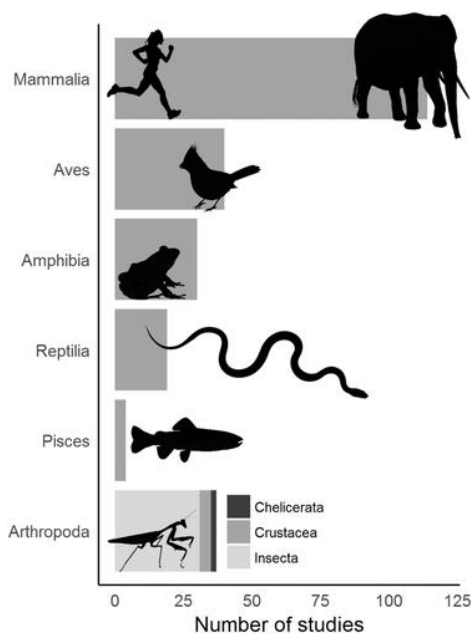


Figure 2. Utilisation des différents taxons dans les modélisations de réseaux écologiques avec CircuitScape<sup>4</sup> (Dickson *et al.*, 2019).

L'annexe 1 présente une compilation des données de distance de dispersion et de taille de domaine vital pour 34 espèces (données issues des articles analysés).

### 3. Identification de TVB dans la planification locale

L'objectif de cette étude est de pouvoir apporter un appui aux collectivités réalisant l'identification de leur trame verte et bleue pour la prendre en compte dans leurs documents de planification ou d'urbanisme. Il nous a paru intéressant de confronter les méthodes et choix faits dans le cadre d'études scientifiques avec un échantillon d'études en lien avec la planification territoriale.

#### 3.1. Echantillon étudié

Nous avons compilé 166 études de trame verte et bleue réalisées sur le territoire métropolitain français, entre 2008 et 2023 pour des documents de planification (PLU, PLUi et SCoT), pour des atlas de biodiversité communaux (ABC) ou par des parcs naturels régionaux (PNR) (figure 3 et 4).

<sup>4</sup> Programme qui utilise des algorithmes basé sur la théorie des circuits (McRae *et al.*, 2008) pour prédire la connectivité dans les paysages hétérogènes (<https://circuitscape.org>).

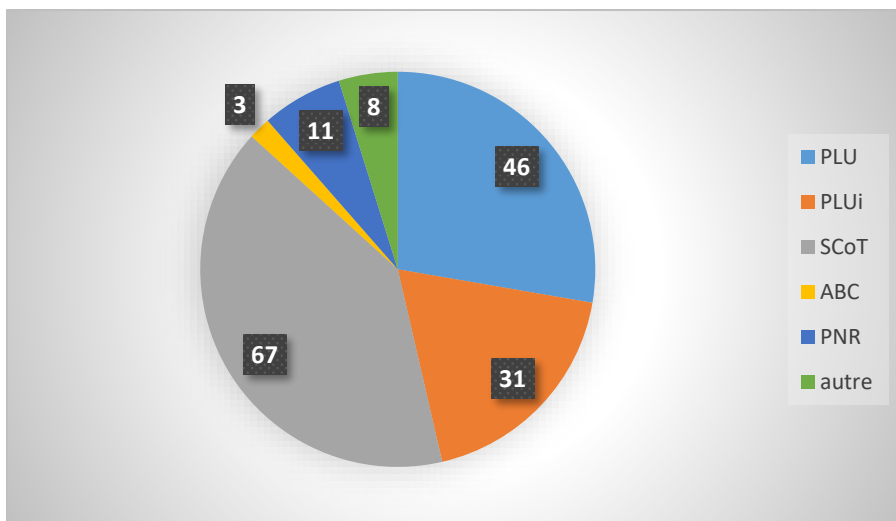


Figure 3. Nature des 167 documents analysés (nombre de documents)

### Répartition géographique des trames vertes et bleues étudiées

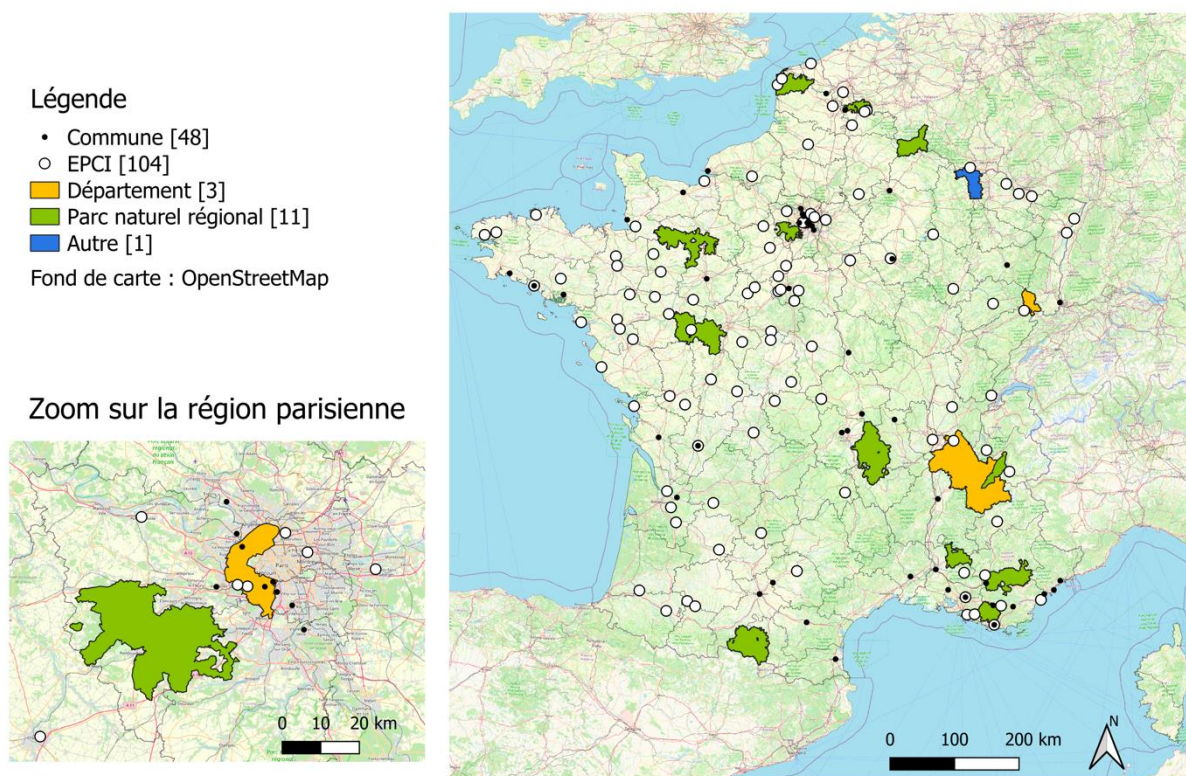


Figure 4. Répartition géographique des études de trames verte et bleue analysées.

Les études TVB locales ont souvent pour objectifs d'identifier des corridors utilisables pour de nombreuses espèces du territoire alors que certains articles étudiés dans le paragraphe 2 pouvaient être centrés sur un taxon ou sur des enjeux de conservation de population patrimoniale. Nous discuterons donc des différences observées. Avant de se centrer sur les espèces, nous analysons les méthodes utilisées dans ces études car ce travail n'avait pas encore été fait par le centre de ressource TVB sur ce type de documents. Chaque type d'approche méthodologique a été notée en fonction de l'échelle du document analysé.



Tableau 3. Rappel des approches d'identification des TVB

Approche habitat	Approche espèces
Photo-interprétation	Dilatation-érosion à tampon fixé en fonction de l'espèce
Dilatation-érosion à tampon fixe	Chemin de moindre coût (théorie des graphes)
	Espaces de perméabilité (théorie des circuits)
	Simulation du cycle de vie des espèces <sup>5</sup> (SimOïko)

### 3.2. Approches et des méthodes employées à l'échelle locale

Toutes études confondues, l'approche habitat est très majoritaire (67 %) et 40 % des TVB sont définies par photo-interprétation seulement (4 % l'associent à une autre méthode). Parmi les 31 % d'approche espèces (52 études), 36 % utilisent uniquement des chemins de moindre coût, 30 % la perméabilité des milieux et 17% la dilatation-érosion avec des largeurs variables de zone tampon selon les espèces et 1 étude utilise la simulation de cycle de vie SimOïko.

Cependant, le choix des méthodes dépend du type de document et donc de la taille du territoire d'étude. Les approches habitats (bloc encadré de violet) sont proportionnellement plus mobilisées aux échelles inférieures (PLU et PLUi) alors que les approches espèces (bloc encadré de vert) sont plus mobilisées pour les PLUi et plus encore pour les SCoT (figure 5).

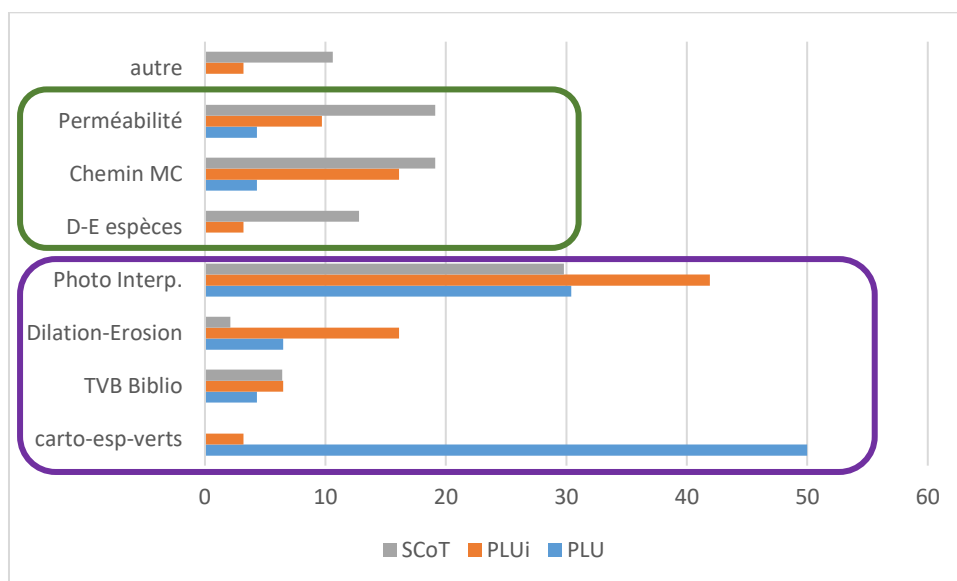


Figure 5 : Pourcentage des méthodes utilisées selon la nature du document de planification (total 100% par type de document)  
 Perméabilité : Espaces de perméabilité des milieux, Chemin MC : Chemins de moindre coût, D-E espèces : Dilatation-érosion avec zone tampon en fonction des espèces, Photo Interp. : Photo-interprétation, Dilatation-érosion avec zone tampon unique, biblio = identification de la TVB en prenant compte seulement les corridors définis au rang supérieur), Carto-esp-verts : cartographie des espaces verts

<sup>5</sup> La simulation consiste à faire vivre des individus qui naissent, se reproduisent, se déplacent au cours du temps selon les caractéristiques de leur espèce (cycle de vie et comportements) et du paysage dans lequel ils évoluent. (<https://www.simoiko.fr/>)

En effet, pour les PLU analysés 92% mettent en œuvre une approche habitat. Il faut noter qu'à cette échelle, 24 études TVB cartographient uniquement les espaces verts de la commune, 13 utilisent la photo-interprétation et 2 études ne refont pas d'étude à l'échelle de leur territoire mais prennent uniquement en compte les corridors définis au niveau du SCoT.

Au niveau des PLUi, 68 % utilisent une approche habitat dont 42 % la photo-interprétation. Pour les SCoT, 58 % utilisent une approche habitat dont 28 % la photo-interprétation.

Enfin, au niveau des PNR (non représentés sur la figure), 64 % des études utilisent une approche espèces pour identifier leurs corridors contre 36 % une approche par habitat. Parmi les études adoptant une « approche espèces », 3 utilisent une méthode par chemins de moindre coût, 3 par espaces de perméabilité des milieux et 1 par simulation du cycle de vie.

### 3.3. Choix des espèces

#### Les espèces utilisées

Les tableaux « base de données étude TVB » et « recensement espèces » en annexe 1 et 2 reprennent les données collectées dans les 52 études identifiant la TVB par une approche espèce. Ces tableaux recensent notamment le type de méthode mobilisée pour identifier les corridors, le nombre de taxons, justification de ce choix, le nombre de sous-trames retenues...). 80 % des études listent les espèces choisies pour l'élaboration des corridors. Tous documents confondus, 251 espèces sont mobilisées. Parmi elles, de manière assez surprenante vu les faibles distances de déplacement et les connaissances parfois moins précises sur ces espèces, les insectes sont les plus utilisés (90 espèces) suivis des oiseaux (60 espèces) et des mammifères (figure 6).

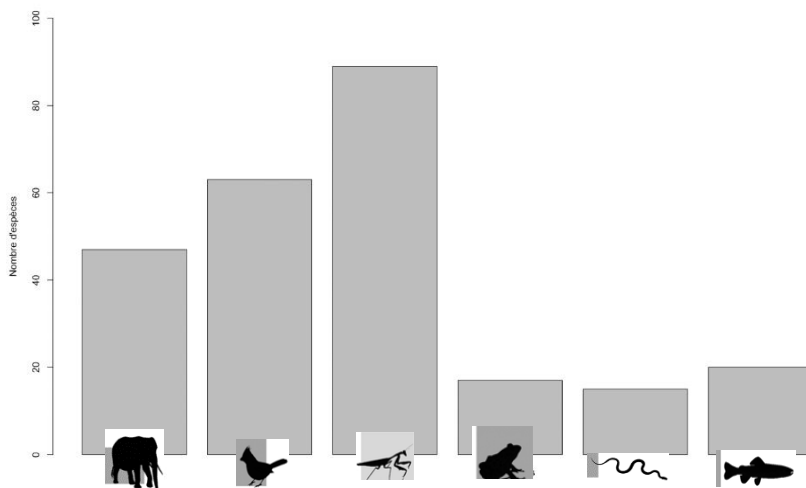


Figure 6. Nombre d'espèces utilisées en fonction de leur groupe taxonomique (chiffres bruts)

Cependant si on se ramène à l'importance des taxons en France (INPN et ONB, 2020), l'ordre est modifié puisque 40 % des amphibiens présents en France sont mobilisés, 35 % des reptiles et 30 % des mammifères (figure 7). En revanche, la représentation des insectes est faible et seuls 10 % des espèces d'oiseaux françaises sont présentes dans les études TVB.

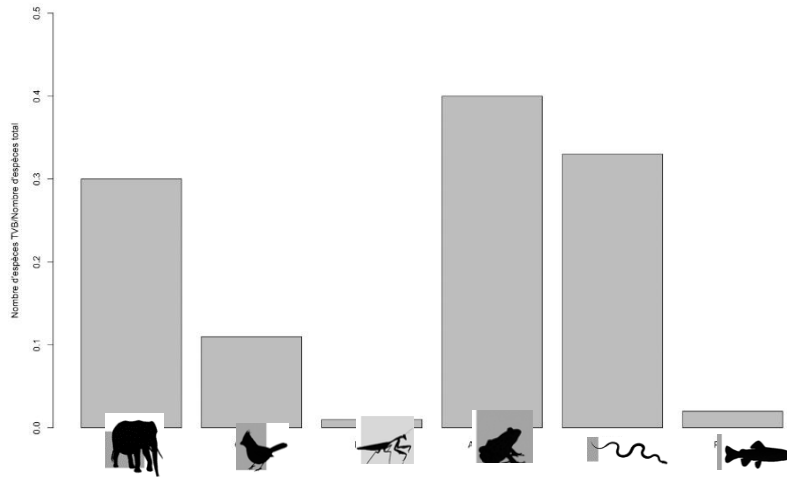


Figure 7. Proportion d'espèces utilisées dans les études de trame verte et bleue par rapport au nombre total d'espèces recensées sur le territoire métropolitain français par groupe taxonomique (INPN et ONB 2020).

Parmi les 251 espèces recensées, 48 % ne sont utilisées que dans une seule étude. Seules 6 % des espèces (15 espèces) reviennent plus de 7 fois (figure 8). L'Ecureuil roux, le Cerf élaphe et le Triton crêté sont les plus utilisés. Il y a donc une grande disparité dans les choix faits sur les différents territoires analysés.



Figure 8 : Les 15 espèces les plus utilisées pour modéliser les corridors de la TVB à l'échelle locale. La sous-trame de rattachement et le nombre d'utilisation dans les 42 documents sont mentionnés.

## Le nombre d'espèces utilisées par étude

Le nombre d'espèces utilisées varie de 1 à 60 espèces par étude. La moyenne par document étant 14,5 ( $\pm 14,8$ ). Le tableau 4 précise ce nombre moyen par groupe taxonomique.

Tableau 4. Nombre moyen d'espèces utilisées par groupe taxonomique

Groupe taxonomique	Nombre moyen d'espèces par étude TVB	Écart-type
Mammifères	3,48	$\pm 3,21$
Oiseaux	1,95	$\pm 1,54$
Amphibiens	4,35	$\pm 3,25$
Reptiles	2,73	$\pm 1,48$
Insectes	2,03	$\pm 1,51$
Poissons	1,7	$\pm 1,30$

## Les relations entre méthodes et espèces utilisées

Les chemins de moindre coût et la perméabilité des milieux sont les méthodes les plus utilisées par les études mobilisant les 15 espèces les plus fréquentes (figure 9). L'analyse multicritère (non détaillée dans ce document) est utilisée par 3 études qui mobilisent à chaque fois les mêmes 9 espèces.

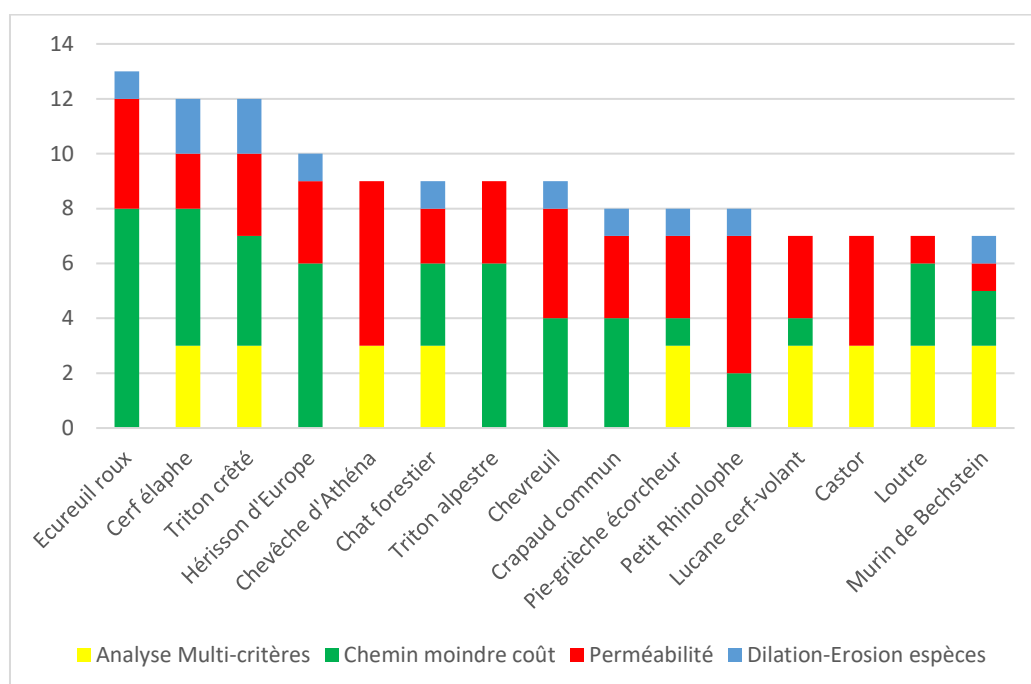


Figure 9. Méthodes utilisées pour les 15 espèces les plus fréquentes en nombre d'utilisation par méthode

En regroupant toutes les espèces utilisées dans les études par groupe taxonomique, des tendances semblent apparaître (figure 10). Les oiseaux sont plus utilisés dans les études de perméabilité de milieux, ce qui est cohérent avec leur mode de déplacement aérien. Les mammifères et les insectes sont plus utilisés pour identifier des chemins de moindre coût.



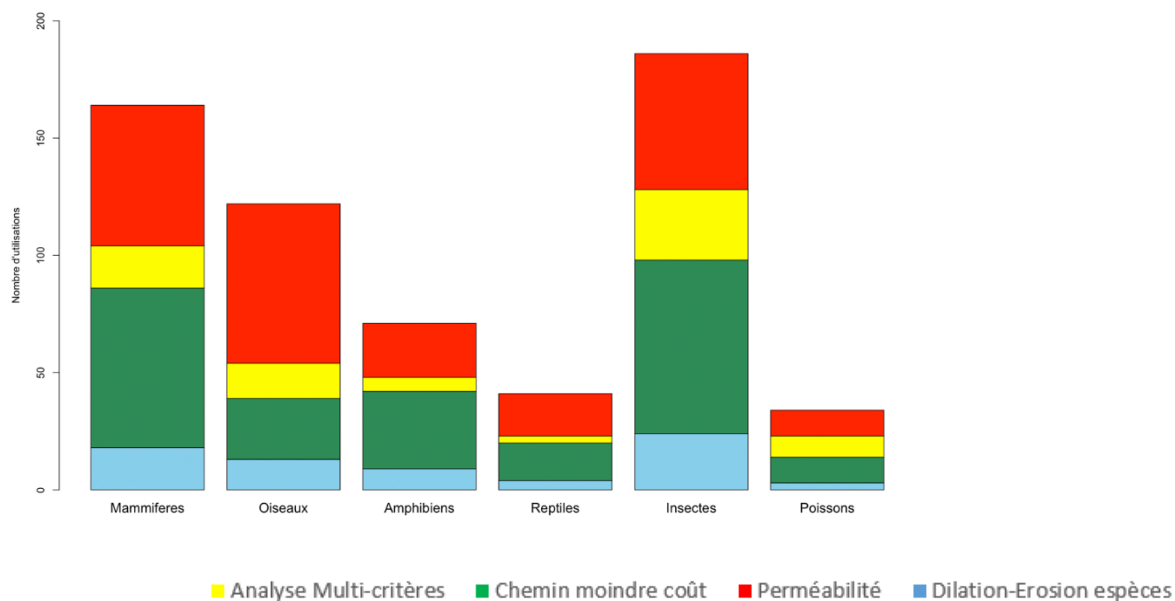


Figure 10. Méthodes utilisées par groupe taxonomique en nombre d'utilisation par méthode.

### Justification du choix des espèces

Les études TVB ne précisent pas toujours pourquoi les espèces ont été retenues.

Quand une justification est apportée, différents critères sont cités et parfois combinés pour une même étude (figure 11).

Liste de critères pour sélectionner les espèces cibles :

- Sensibilité de l'espèce à la fragmentation
- Compatibilité de la capacité de déplacement de l'espèce avec la taille de l'aire d'étude et la précision de la cartographie des habitats
- Existence et disponibilité de données présence de l'espèce
- Connaissance suffisante de l'écologie de l'espèce (domaine vital, capacité de dispersion...)
- Espèce à enjeu patrimonial ou à enjeu local (espèce en danger d'extinction)
- Espèce jouant un rôle décisif dans son habitat (espèce ingénieur)
- Espèce reflet de la qualité du milieu (espèce parapluie)

Figure 11 : Liste de critères pour sélectionner les espèces dans la modélisation des corridors par la méthode des chemins de moindre coût pour la ville de Lille et de ses communes associées.

Selon les études, le choix d'une espèce peut être justifié par des critères différents (tableau 5). Dans les études TVB locales, le critère de patrimonialité est peu cité et de plus il semble peut-être mal interprété par ceux qui l'utilisent car par exemple l'appliquer au chevreuil est assez surprenant car c'est une espèce banale.

Tableau 5. Justifications du choix des espèces pour les 15 espèces les plus représentées (espèce commune, espèce parapluie, espèce patrimoniale, espèce sensible à la fragmentation, espèce typique du milieu/sous-trame et espèce appartenant à la liste des espèces de cohérence TVB à l'échelle nationale élaborée par le MNHN).

	Commune	Parapluie	Patrimoniale	Sensible à la fragmentation	Typique du milieu	Cohérence TVB
<i>Chevreuril</i>	X	X	X		X	
<i>Castor</i>		X			X	X
<i>Cerf élaphe</i>		X	X	X	X	X
<i>Hérisson</i>	X			X		
<i>Chat forestier</i>				X	X	X
<i>Loutre</i>	X			X	X	X
<i>Murin de Bechstein</i>		X			X	
<i>Grand Rhinolophe</i>	X	X		X		X
<i>Ecureuil roux</i>	X	X		X	X	
<i>Crapaud commun</i>	X	X			X	
<i>Triton alpestre</i>	X	X	X	X		
<i>Triton crêté</i>	X	X		X	X	X
<i>Chevêche d'Athéna</i>		X	X	X	X	X
<i>Pie-Grièche écorcheur</i>	X	X			X	X
<i>Lucane cerf-volant</i>					X	

Comme pour les articles analysés (paragraphe 2.1), soit les espèces sont représentatives des milieux, soit elles assurent la fonction « d'espèce parapluie », soit elles sont sensibles à la fragmentation et/ou sont patrimoniales. Dans le contexte français des études TVB, des espèces de cohérence trame verte et bleue sont aussi mentionnées (appartenant à des listes régionales élaborées par le Muséum National d'Histoire Naturelle, MNHN<sup>6</sup> pour la définition des Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique). Ces listes ont été définies par région en fonction de la responsabilité régionale pour la conservation des espèces sensibles à la fragmentation, elles peuvent donner une information à des échelles plus locales que la région mais ne sont pas forcément totalement pertinentes à cette échelle.

Des critères liés à la quantité et qualité des données pour cette espèce sur le territoire analysé sont aussi parfois mentionnés.

### 3.4. Relation nombre de sous-trames, méthodes, nombre d'espèces

39 études mentionnent le nombre de sous trames utilisées. Ce nombre va de 1 à 8 sous-trames analysées dans l'étude (Tableau 6) avec en moyenne 4 sous-trames choisies par document ( $3,9 \pm 1,6$ ).

<sup>6</sup> Décret n° 2019-1400 du 17 décembre 2019 adaptant les orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques. Article L. 371-2 du code de l'environnement. Annexe, partie 2 : Guide méthodologique.

Tableau 6 : Nombre d'études et d'espèces en fonction de la méthode appliquée et du nombre de sous-trames retenues

Méthode/nombre de sous-trames utilisées	Nombre d'études	Gamme du nombre d'espèces	Nombre d'espèces extrême
<b>Analyse multicritère</b>	<b>3</b>		
6 sous-trames	3	26 à 27	
<b>Dilatation érosion espèce</b>	<b>7</b>		
1 sous-trame	1	2	
2 sous-trames	1	4	
3 sous-trames	2	4 à 15	
4 sous-trames	2	9 à 15	
5 sous-trames	1	21	
<b>Chemin de moindre coût</b>	<b>19</b>		
1 sous-trame	2	1 à 2	
2 sous-trames	2	4 à 8	
3 sous-trames	7	2 à 7	64
4 sous-trames	6	4 à 9	37 et 39
6 sous-trames	1	5	1
8 sous-trames	1	15	1
<b>Perméabilité</b>	<b>13</b>		
4 sous-trames	7	2 à 19	37 et 53
5 sous-trames	1	4	
6 sous-trames	1	15	
8 sous-trames	1	9	
Non mentionné	3	8 à 18	47

Le nombre d'espèces retenues est trop variable pour qu'une moyenne globale ait du sens.

Si on s'intéresse juste aux méthodes de chemin de moindre coût et de perméabilité des milieux en excluant les études ayant utilisé un très grand nombre d'espèces, la moyenne du nombre d'espèces utilisées est 6,4 (écart-type 4,5).

#### Des guildes ou des espèces virtuelles

La majorité des études ont choisi des espèces réelles. Seules 8 études ont fait le choix de travailler à partir de guildes et de cortèges d'espèces et 5 ont utilisé des espèces virtuelles pour modéliser les corridors (figure 12).



## 1. Définition d'espèces virtuelles :

Tableau 1. Définition d'espèces théoriques dans l'élaboration des corridors par méthode des chemins de moindre coût pour la sous-trame des milieux forestiers.

	Espèces à faible capacité de dispersion		Espèces à moyenne capacité de dispersion		Espèces à forte capacité de dispersion	
	Espèces	Distance maximum	Espèces	Distance maximum	Espèces	Distance maximum
Espèces inféodées aux milieux forestiers	Espèce théorique type Campagnols genre Clethrionomys glareolus et le Loir	500 m	Espèce théorique type Ecureuil	2000 m	Espèce théorique type Martre	10000 m

Dans le cadre de l'identification et diagnostic de la trame écologique du Parc Naturel Régional des Pyrénées Ariégeoises (Biotope 2015), des espèces virtuelles ont été définies : « Dans le cas où il nous a été difficile de trouver une espèce réelle qui rassemble tous les critères évoqués, nous proposons le choix d'une espèce théorique qui permettent de modéliser les différentes options de continuités d'une sous-trame ».

## 2. Définition de guildes d'espèces :

Tableau 2. Définition de coefficients de résistance pour l'élaboration des chemins de moindre de coût pour la guildes des papillons de plaines et de plateaux.

Guildes des papillons de plaines et plateaux	Coefficients de résistance	Capital de déplacement dans le milieu considéré
Milieux structurants (1)	1	5 000 m
Milieux très attractifs (2)	2	2 500 m
Milieux attractifs (3)	5	1 000 m
Milieux favorables (4)	10	500 m
Milieux peu favorables (5)	45	111 m
Milieux répulsifs (6)	96	52 m
Milieux très répulsifs (7)	204	25 m
Milieux bloquants (8)	1999	2.5 m

Dans le cadre de l'étude trame verte et bleue locale du territoire de la communauté de communes Bouzonvillois 3 frontières (AGAPE, 2022), plusieurs guildes ont été définies en fonction des sous-trames, des capacités de dispersion des espèces ainsi que des groupes taxonomiques (papillons, mammifères, chiroptères).

Pour chaque guildes, un coefficient de friction est défini par milieux en fonction des espèces constitutives de la guildes (pour le cas des papillons de plaines et de plateau : piéride de la rave, azuré commun et damier de la succise).

Figure 12 : Exemple d'études utilisant une approche par espèces virtuelles (1) et une approche par guildes d'espèces (2) dans la modélisation des corridors en utilisant la méthode par chemins de moindre coût.

## 4. Discussion

### 4.1 Sur les approches et les méthodes employées

A l'échelle locale l'approche espèces est moins employée que l'approche habitat, à la fois dans les SCoT, les PLU et les PLUi. L'approche espèces nécessitant des modélisations SIG, cela peut être un frein à son utilisation (nécessité de sous-traiter ou d'avoir la compétence SIG, coût plus important, difficulté à partager les résultats avec les élus), par rapport à la photo-interprétation (méthode la plus utilisée). Ces résultats rejoignent ceux obtenus par Amsallem & Dehouck, (2018), lors d'une enquête auprès des structures en charge d'élaborer la trame verte et bleue. Cette enquête concluait l'approche par perméabilité (« approche espèces ») n'est pas appropriée à l'échelle locale, car elle ne reflète pas la réalité du terrain. De plus, à l'échelle d'une commune ce type de modélisation est trop onéreux pour des résultats qui paraissent équivalents à ceux d'une photo-interprétation.

Toutefois, il est important de rappeler que les approches espèces permettent d'avoir une approche fonctionnelle des corridors, car elles s'intéressent au comportement de déplacement et aux exigences des espèces dans le paysage (Keeley et al., 2021). Cependant ces approches demandent une préparation des données d'entrée (données d'occupation du sol) et un paramétrage des modèles qui peuvent nécessiter une grande quantité de travail (Papet & Vanpeene, 2020).

La méthode par dilatation-érosion espèces est peu utilisée dans notre échantillon (7 études). Ces résultats coïncident avec ceux trouvés au niveau communal par Amsallem et Dehouck (2018). Dans cette enquête, l'élaboration de corridors par dilatation-érosion est utilisée plus fréquemment pour des milieux particuliers (ex humides, mares, milieux de pelouses sèches...). Bien qu'elle tienne compte des distances de dispersion des espèces pour définir la largeur de la zone tampon, cette méthode est moins fonctionnelle que les méthodes par perméabilité. En effet, elle ne s'intéresse pas à l'occupation du sol et par conséquent à la façon dont le paysage contraint les déplacements des animaux (Amsallem et al., 2018; Sordello et al., 2017). Toutefois, cette méthode a l'avantage d'être pratique d'utilisation, avec moins de paramètres à entrer que l'approche par perméabilité et elle permet d'obtenir des résultats rapidement (François et al., 2010).

Malgré la réglementation qui précise que la TVB doit être analysée à chaque échelle territoriale, 8 études de notre échantillon se sont uniquement référées aux documents de rangs supérieurs pour définir leurs trames vertes et bleues sans réaliser une analyse à leur échelle. Il faut donc poursuivre la pédagogie auprès des acteurs de la TVB sur la cohérence entre les différentes échelles du territoire<sup>7</sup>.

Enfin, les résultats montrent qu'au niveau des PLU, l'une des méthodes les plus employées pour identifier la TVB consiste à cartographier le réseau d'espaces verts en ville et ce, qu'il s'agisse de territoire ruraux ou urbains. Pour les milieux très urbanisés, où la matrice est très imperméable aux déplacements des espèces, les approches de modélisation sont peu pertinentes, toutefois, les caractéristiques des espaces verts : taille, nombre d'habitats qu'ils abritent, proximité avec un autre espace vert, influent sur la biodiversité (Matthies et al., 2017). Donc, il ne suffit pas de simplement cartographier son réseau d'espaces verts, mais il est nécessaire de savoir s'ils sont fonctionnels et supports de biodiversité. De plus, il faut pouvoir identifier les obstacles entre les espaces verts pour pouvoir mettre en place des aménagements qui faciliteraient les déplacements des espèces entre ces espaces. Il est important que cette approche ne soit pas choisie comme solution de facilité pour identifier la TVB, mais comme une solution de dernier recours, quand le contexte paysager la rend pertinente.

---

<sup>7</sup> MOOC Trame Verte et Bleue, séquence 3 : Mobiliser, sujet 1 : Acteurs de la Trame verte et bleue : <https://www.trameverteetbleue.fr/videos-mooc-trame-verte-bleue>

## 4.2 Sur les choix des espèces animales

L'état des lieux des études trame verte et bleue à l'échelle locale montre que 42 documents (sur 167 analysés) présentent une liste d'espèces. En moyenne, 14 espèces sont sélectionnées pour identifier les corridors mais la variabilité du nombre d'espèces choisies est très forte (entre 1 et 60 espèces utilisées). Dans la littérature scientifique, ce chiffre est au maximum de 10 espèces sauf pour les approches par guildes ou par profils écologiques (qui mobilisent entre 12 et 88 espèces).

La variation du nombre d'espèces choisies peut venir de l'absence de documents facilement accessibles aux porteurs de projets à l'échelle locale et du manque de connaissance des articles scientifiques, même ceux publiés en français et dans des revues accessibles librement (par exemple Albert & Chaurand, 2018).

Le concept de réseaux écologiques est un concept multi-espèces (Opdam et al., 2006). Le choix des espèces doit illustrer au mieux la biodiversité d'un territoire et la fonctionnalité des corridors pour le plus grand nombre d'espèces (Meurant et al., 2018). Utiliser un grand nombre d'espèces pourrait paraître plus efficace pour répondre à cet enjeu. Pourtant identifier des corridors pour chaque espèce va être coûteux (en temps et argent) et nécessitera un travail de synthèse a posteriori pour obtenir une cartographie de la trame verte et bleue. Or si la modélisation est faite avec des espèces présentant des préférences d'habitat et capacités de déplacements similaires ou proches, les simulations de réseaux écologiques seront très semblables, ce qui n'apportera pas de plus-value. Par contre, si les espèces retenues ont des caractéristiques très variées, les simulations de réseaux écologiques en résultant devront faire l'objet ensuite de synthèses et de compromis, ce qui est coûteux et peut être source d'incompréhension pour les acteurs face à la variabilité des résultats. Il est donc **préférable, sur la base des connaissances et de la hiérarchisation préalable des enjeux** du territoire en termes de fragmentation, **de faire un choix argumenté des espèces en amont** pour produire un nombre plus réduit de réseaux écologiques qui seront plus faciles à synthétiser pour définir la carte TVB du territoire.

Albert & Chaurand rappellent en conclusion de leur article que « *Les réseaux écologiques sont le résultat de compromis entre enjeux écologiques, économiques et sociaux (contexte d'un développement « durable »), mais aussi entre les représentations des divers acteurs des territoires.* »

Des choix et des compromis dans la sélection des espèces sont nécessaires, s'ils sont partagés par les acteurs du territoire, l'appropriation de la TVB en résultant sera meilleure.

A notre connaissance, peu d'études abordent la question du nombre d'espèces optimal à prendre en compte dans l'élaboration des corridors. D'après Meurant et al. (2018), sélectionner peu d'espèces cibles (5-7) en se basant sur les besoins d'un pool d'espèces serait un bon compromis pour construire des actions de conservations performantes. Le nombre d'espèces choisies ne doit pas être trop faible. En effet, utiliser une ou deux espèces seulement pour identifier les réseaux écologiques semble peu robuste pour englober les exigences écologiques des espèces. Par exemple, une étude modélise les corridors forestiers en s'intéressant uniquement aux déplacements du cerf élaphe (*Cervus elaphus*) en utilisant la méthode des chemins de moindre coût. Or, le cerf est une espèce à grande capacité de dispersion (Prévot & Licoppe, 2013) et dont les besoins et les déplacements ne recouvriront pas forcément ceux des espèces à plus petites capacités de dispersion (Dondina et al., 2020; Meurant et al., 2018). Du coup, les corridors définis pour le cerf ne seront pas forcément adaptés aux autres espèces forestières.

Le choix des espèces est rarement justifié dans les documents analysés alors que ce choix est pourtant un élément primordial qui peut conduire à l'élaboration de réseaux écologiques différents (Meurant et al., 2018). Dans le cadre de l'identification de la TVB, le choix raisonné et argumenté est nécessaire et l'approche par sous trame et par gamme de capacité de déplacement est souvent un choix pertinent.



## Synthèse pour les décideurs

- Se référer aux inventaires d'espèces existants (par exemple aux Atlas de Biodiversité Communaux, ABC), aux données de présence d'espèces connues sur le territoire (informations locales et/ou [site de l'INPN](#)).
- Parmi ces espèces présentes sur le territoire et en fonction de la hiérarchisation des enjeux du territoire, choisir un nombre restreint d'espèces cibles pour les sous-trames pertinentes.
- Compiler les connaissances disponibles :
  - Sur la présence/absence des espèces sur le territoire permettant d'identifier leurs zones d'habitat potentiel
  - Sur leur capacité et habitudes de déplacement : voir l'annexe 1 de ce rapport qui compile des distances mentionnées dans la littérature scientifique
- Suivre des règles de bonnes pratiques qui permettent de faciliter le choix des espèces comme proposé par [Albert & Chaurand, 2018](#) notamment le choix d'un nombre restreint d'espèces mais basé sur la notion de trait de vie alliant taille et longévité de l'animal par exemple.

### Où trouver des informations sur les capacités de déplacement des espèces ?

Le MNHN et l'OPIE ont rédigé [39 fiches espèces](#) pour des espèces de cohérence TVB mentionnant des informations relatives à leurs déplacements et besoins de continuité écologique.

La DREAL et le Conseil Régional de Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) ont réalisé près d'une [centaine de fiches](#) très détaillées sur les espèces animales de cohérence nationale TVB retenues en PACA.

Sahraoui *et al.*, 2017 proposent dans les annexes de leur article des distances de dispersion et des coefficients de friction pour 43 espèces déterminantes TVB du SRCE Ile-de-France.

Mimet *et al.*, 2026 proposent des paramétrages pour 11 espèces franc-comtoises en lien avec leur masse corporelle et leur régime alimentaire.

**L'annexe 1 reprend les distances de déplacement et de taille de domaine vital trouvées dans la littérature.**



## Annexe 1 : distances de déplacement et taille de domaine vital

Espèces	Distances	Domaine vital	Sources
Blaireau	2km	0,5 ha	(Tarabon <i>et al.</i> , 2019)
Campagnol amphibie		0,02-0,2 ha	(Pita <i>et al.</i> , 2010)
Cerf élaphe	3km	500 ha	(Prévot & Licoppe, 2013)
Chat forestier	2 – 30 km	400 ha	(Babí Almenar <i>et al.</i> , 2019; Stahl <i>et al.</i> , 1988, 1992)
Chevreuil	60 km (max)	5 -100 ha	(Bruinderink <i>et al.</i> , 2003)
Écureuil	1 – 6 km	0,5 – 5 ha	(Avon <i>et al.</i> , 2014; Fey <i>et al.</i> , 2016; Tarabon <i>et al.</i> , 2019, 2021; L. Wauters <i>et al.</i> , 1994; L. A. Wauters <i>et al.</i> , 2010)
Hérisson	400 m – 4 km	1 – 2,5 ha	(Berthoud, 1978; Rondinini & Doncaster, 2002; Tarabon <i>et al.</i> , 2021)
Lynx	40 km	20 000 ha	(Kramer-Schadt <i>et al.</i> , 2004; Stahl <i>et al.</i> , 2002; Zimmermann <i>et al.</i> , 2005)
Martre des pins	2 km		(Babí Almenar <i>et al.</i> , 2019)
Muscardin	500 m		(Babí Almenar <i>et al.</i> , 2019)
Sanglier	4 km	600 ha	(Prévot & Licoppe, 2013)
Agrion de mercure	1 km		(Corbet <i>et al.</i> , 2006; Jaeschke <i>et al.</i> , 2013; Purse <i>et al.</i> , 2003)
Leucorrhine à large queue	7 km		(Corbet <i>et al.</i> , 2006; Jaeschke <i>et al.</i> , 2013)
Leucorrhine à gros thorax	27 km		(Corbet <i>et al.</i> , 2006; Jaeschke <i>et al.</i> , 2013)
Azuré des moulières	100 m		(Maes <i>et al.</i> , 2004)
Azuré du serpolet	390 – 500 m		(Babí Almenar <i>et al.</i> , 2019)
Bacchante	50 – 100 m		(Bergman & Landin, 2002)
Damier de la Succise	100 – 170 m		(Schtickzelle <i>et al.</i> , 2005)
Alyte accoucheur	1 – 2 km		(Babí Almenar <i>et al.</i> , 2019; Churko <i>et al.</i> , 2020)
Crapaud calamite	400 m – 5 km		(Alex Smith & M. Green, 2005; Churko <i>et al.</i> , 2020; Sánchez-Montes <i>et al.</i> , 2018)
Crapaud commun	500 m – 3 km		(Alex Smith & M. Green, 2005)
Grenouille rousse	460 m		(Alex Smith & M. Green, 2005)
Pélobates cultripède	700 m		(Sánchez-Montes <i>et al.</i> , 2018)
Rainette méridionale	500 m – 5 km		(Sánchez-Montes <i>et al.</i> , 2018)



Rainette verte	1,5 – 12 km		(Alex Smith & M. Green, 2005; Churko <i>et al.</i> , 2020)
Salamandre	700 m	0,3 ha	(Tarabon <i>et al.</i> , 2021)
Sonneur à ventre jaune	1,5 km		(Churko <i>et al.</i> , 2020; Primus, 2013)
Triton crêté	860 m – 1,5 km		(Babí Almenar <i>et al.</i> , 2019; Churko <i>et al.</i> , 2020; Kupfer & Kneitz, 2000)
Alouette Lulu	11,5 km	11,5 ha	(Conway <i>et al.</i> , 2009; Harrison & Forster, 1959)
Gobemouche gris	1,2 km	0,3 ha	(Tarabon <i>et al.</i> , 2021)
Murin de Bechstein	1 km		(Babí Almenar <i>et al.</i> , 2019)
Noctule de Leisler	12 km	0,5 ha	(Tarabon <i>et al.</i> , 2021)
Lézard des souches	150 – 500 m		(Babí Almenar <i>et al.</i> , 2019)
Lézard ocellé		0,1 – 2,6 ha	(Cheylan <i>et al.</i> , 2009)

#### Citations et références :

- Alex Smith, M., & M. Green, D. (2005). Dispersal and the metapopulation paradigm in amphibian ecology and conservation: Are all amphibian populations metapopulations? *Ecography*, 28(1), 110–128. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2005.04042.x>
- Avon, C., Bergès, L., & Roche, P. (2014). Comment analyser la connectivité écologique des trames vertes ? Cas d'étude en région méditerranéenne: *Sciences Eaux & Territoires, Numéro 14(2)*, 14–19. <https://doi.org/10.3917/set.014.0011>
- Babí Almenar, J., Bolowich, A., Elliot, T., Geneletti, D., Sonnemann, G., & Rugani, B. (2019). Assessing habitat loss, fragmentation and ecological connectivity in Luxembourg to support spatial planning. *Landscape and Urban Planning*, 189, 335–351. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.05.004>
- Bergman, K.-O., & Landin, J. (2002). Population structure and movements of a threatened butterfly (Lopinga achine) in a fragmented landscape in Sweden. *Biological Conservation*, 108(3), 361–369. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00104-0](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00104-0)
- Berthoud, G. (1978). Note préliminaire sur les déplacements du hérisson européen (*Erinaceus europaeus* L.). *La Terre et La Vie, Revue d'Histoire naturelle*, 32(1), 73–82. <https://doi.org/10.3406/revec.1978.4995>
- Bruinderink, G. G., Van Der Sluis, T., Lammertsma, D., Opdam, P., & Pouwels, R. (2003). Designing a Coherent Ecological Network for Large Mammals in Northwestern Europe. *Conservation Biology*, 17(2), 549–557. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01137.x>
- Cheylan, M., Jean-Marc Thirion, Grillet, P., & Adamczyk, A. (2009). *Etude spatiale et temporelle d'une population de lézard ocellé Timon lepidus en limite nord de distribution*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33032.93445>
- Churko, G., Kienast, F., & Bolliger, J. (2020). A Multispecies Assessment to Identify the Functional Connectivity of Amphibians in a Human-Dominated Landscape. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(5), 287. <https://doi.org/10.3390/ijgi9050287>
- Conway, G., Wotton, S., Henderson, I., Eaton, M., Drewitt, A., & Spencer, J. (2009). The status of breeding Woodlarks *Lullula arborea* in Britain in 2006. *Bird Study*, 56(3), 310–325. <https://doi.org/10.1080/00063650902792163>



- Corbet, P. S., Suhling, F., & Soendgerath, D. (2006). Voltinism of Odonata: A review. *International Journal of Odonatology*, 9(1), 1–44. <https://doi.org/10.1080/13887890.2006.9748261>
- Fey, K., Hämäläinen, S., & Selonen, V. (2016). Roads are no barrier for dispersing red squirrels in an urban environment. *Behavioral Ecology*, 27(3), 741–747. <https://doi.org/10.1093/beheco/arv215>
- Harrison, C. J. O., & Forster, J. (1959). Woodlark Territories. *Bird Study*, 6(2), 60–68. <https://doi.org/10.1080/00063655909475933>
- Jaeschke, A., Bittner, T., Reineking, B., & Beierkuhnlein, C. (2013). Can they keep up with climate change? – Integrating specific dispersal abilities of protected Odonata in species distribution modelling. *Insect Conservation and Diversity*, 6(1), 93–103. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2012.00194.x>
- Kramer-Schadt, S., Revilla, E., Wiegand, T., & Breitenmoser, U. (2004). Fragmented landscapes, road mortality and patch connectivity: Modelling influences on the dispersal of Eurasian lynx: Lynx dispersal in fragmented landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 41(4), 711–723. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00933.x>
- Kupfer, A., & Kneitz, S. (2000). Population ecology of the great crested newt (*Triturus cristatus*) in an agricultural landscape dynamics, pond fidelity and dispersal. *Herpetological Journal*, 10(4), 165–171.
- Maes, D., Vanreusel, W., Talloen, W., & Dyck, H. V. (2004). Functional conservation units for the endangered Alcon Blue butterfly *Maculinea alcon* in Belgium (Lepidoptera: Lycaenidae). *Biological Conservation*, 120(2), 229–241. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.02.018>
- Pita, R., Mira, A., & Beja, P. (2010). Spatial segregation of two vole species (*Arvicola sapidus* and *Microtus cabrerae*) within habitat patches in a highly fragmented farmland landscape. *European Journal of Wildlife Research*, 56(4), 651–662. <https://doi.org/10.1007/s10344-009-0360-6>
- Prévot, C., & Licoppe, A. (2013). Comparing red deer (*Cervus elaphus* L.) and wild boar (*Sus scrofa* L.) dispersal patterns in southern Belgium. *European Journal of Wildlife Research*, 59(6), 795–803. <https://doi.org/10.1007/s10344-013-0732-9>
- Primus, J. (2013). *Dispersal and migration in yellow-bellied toads, Bombina variegata*. na.
- Purse, B. V., Hopkins, G. W., Day, K. J., & Thompson, D. J. (2003). Dispersal characteristics and management of a rare damselfly. *Journal of Applied Ecology*, 40(4), 716–728. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00829.x>
- Rondinini, C., & Doncaster, C. P. (2002). Roads as barriers to movement for hedgehogs. *Functional Ecology*, 16(4), 504–509. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00651.x>
- Sánchez-Montes, G., Wang, J., Ariño, A. H., & Martínez-Solano, Í. (2018). Mountains as barriers to gene flow in amphibians: Quantifying the differential effect of a major mountain ridge on the genetic structure of four sympatric species with different life history traits. *Journal of Biogeography*, 45(2), 318–331. <https://doi.org/10.1111/jbi.13132>
- Schtickzelle, N., Choutt, J., Goffart, P., Fichet, V., & Baguette, M. (2005). Metapopulation dynamics and conservation of the marsh fritillary butterfly: Population viability analysis and management options for a critically endangered species in Western Europe. *Biological Conservation*, 126(4), 569–581. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.06.030>
- Stahl, P., Artois, M., & Aubert, M. F. A. (1988). Organisation spatiale et déplacements des Chats forestiers adultes (*Felis silvestris*, Schreber, 1777) en Lorraine. *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)*, 43(2), 113–132. <https://doi.org/10.3406/revec.1988.5417>
- Stahl, P., Léger, F., Artois, M., Maurin, H., & Chevallier, J. (1992). *Encyclopédie des carnivores de France*. Société française pour l'étude des mammifères.



- Stahl, P., Vandel, J. M., Ruelle, S., Coat, L., Coat, Y., & Balestra, L. (2002). Factors affecting lynx predation on sheep in the French Jura: Lynx predation on sheep in the French Jura. *Journal of Applied Ecology*, 39(2), 204–216. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00709.x>
- Tarabon, S., Bergès, L., Dutoit, T., & Isselin-Nondedeu, F. (2019). Maximizing habitat connectivity in the mitigation hierarchy. A case study on three terrestrial mammals in an urban environment. *Journal of Environmental Management*, 243, 340–349. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.121>
- Tarabon, S., Dutoit, T., & Isselin-Nondedeu, F. (2021). Pooling biodiversity offsets to improve habitat connectivity and species conservation. *Journal of Environmental Management*, 277, 111425. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111425>
- Wauters, L. A., Verbeylen, G., Preatoni, D., Martinoli, A., & Matthysen, E. (2010). Dispersal and habitat cuing of Eurasian red squirrels in fragmented habitats. *Population Ecology*, 52(4), 527–536. <https://doi.org/10.1007/s10144-010-0203-z>
- Wauters, L., Casale, P., & Dhondt, A. A. (1994). Space Use and Dispersal of Red Squirrels in Fragmented Habitats. *Oikos*, 69(1), 140–146. <https://doi.org/10.2307/3545294>
- Zimmermann, F., Breitenmoser-Würsten, C., & Breitenmoser, U. (2005). Natal dispersal of Eurasian lynx ( *Lynx lynx* ) in Switzerland. *Journal of Zoology*, 267(4), 381–395. <https://doi.org/10.1017/S0952836905007545>



Annexe 2 : Etudes TVB locale analysées avec nature du document, nombre d'espèces et de sous-trame et type de méthode d'identification de la TVB utilisée (approche espèce)

Document	Type de document	espèces	sous-trame	Méthode
<a href="#">Trame écologique du parc naturel régional des PA</a>	TVB_PNR	8	4	Chemin de moindre coût
<a href="#">Diagnostic des continuités écologiques pour l'étude trame verte et bleue du pays Loire Beauce</a>	SCoT	26	6	Analyse multicritère
<a href="#">Guide méthodologique PNR verdon TVB</a>	TVB_PNR	8	4	Perméabilité
<a href="#">Etude-definition-TVb-Ventoux-ECOMED</a>	TVB_PNR	53	4	Perméabilité
<a href="#">Identification et caractérisation de la trame verte et bleue du PNR des Ardennes : comparaison des approches par habitat et par perméabilité de milieux</a>	TVB_PNR	2	3	Chemin de moindre coût
<a href="#">Identification des trames vertes et bleues à l'échelle de la commune du Luc en Provence dans le cadre de l'élaboration du PLU</a>	PLU	4	4	Chemin de moindre coût
<a href="#">Etude des réseaux écologiques du Parc Naturel Régional Livradois-Forez</a>	TVB_PNR	5	3	Chemin de moindre coût
<a href="#">Etude de la trame verte et bleue du pays de la Châtre en Berry</a>	SCoT	3	3	Chemin de moindre coût
<a href="#">Diagnostic des continuités écologiques pour l'étude Trame Verte et Bleue du Pays Sologne Val Sud</a>	SCoT	27	6	Analyse multicritère
<a href="#">Diagnostic des continuités écologiques pour l'étude Trame Verte et Bleue du Pays Forêt d'Orléans - Val de Loire</a>	SCoT	27	6	Analyse multicritère
<a href="#">Schema Trame Verte et Bleue du Pays de Cambresis - Phase 3 : Stratégie territoriale</a>	SCoT	6	4	Chemin de moindre coût
<a href="#">Trame verte et bleue du pays Gâtinais</a>	SCoT	15	3	Dilatation érosion
<a href="#">Trame Verte et Bleue de la Communauté de Commune du canton d'Oulchy le château</a>	SCoT	21	5	Dilatation érosion
<a href="#">Schéma de Cohérence Territoriale de la Région Troyenne - Travail sur la Trame verte et bleue</a>	SCoT	15	4	Dilatation érosion
<a href="#">Trame verte et Bleue du Pays Vendômois - Diagnostic cartographique du réseau écologique</a>	Etude_TVb	9	4	Chemin de moindre coût
<a href="#">Schéma de Cohérence territoriale du Pays de Dunois - Etat initial de l'environnement</a>	SCoT	9	8	Perméabilité
<a href="#">Plan local d'Urbanisme d'Aix en Provence</a>	PLU	37	4	Perméabilité
<a href="#">Etude des réseaux écologiques sur le territoire de la ville de Lille et des communes associées de Lomme et Hellemmes</a>	PLUi	5	6	Chemin de moindre coût
<a href="#">Etude prospective pour la préservation et la restauration de la TVB d'Amiens Métropole</a>	PLUi	4	5	Perméabilité/Photo interprétation
<a href="#">Rapport Méthodologique - Etude des continuités écologiques entre Sainte Baume - Calanques - Etoile du Garlaban et Sainte Victoire</a>	TVB_PNR	8	na	Perméabilité
<a href="#">Schéma de Cohérence Territorial Niort Agglo - Annexe méthodologique TVB</a>	SCoT	9	4	Dilatation érosion/Photo interprétation

<a href="#">Schéma de Cohérence Territoriale de l'aire Gapençaise</a>	SCoT	47	na	Perméabilité
<a href="#">Guide méthodologique Trame Verte et Bleue locale en Lorraine Nord</a>	Etude_TV B	37	4	Chemin de moindre coût
<a href="#">Plan d'action communale Trame verte et bleue - commune d'Angoulême</a>	Etude_TV B	4	4	Perméabilité
<a href="#">Etude opérationnelle de la fonctionnalité de la TVB de l'Eurométropole de Metz</a>	PLUi	15	8	Chemin de moindre coût
<a href="#">Rapport - Méthode et résultats : continuité écologiques de Libourne</a>	PLU	8	2	Chemin de moindre coût
<a href="#">Rapport - Méthode et résultats : Continuités écologiques d'Angoulême</a>	PLU	2	1	Chemin de moindre coût
<a href="#">Schéma de cohérence territoriale Durance - Luberon - Verdon</a>	SCoT	19	4	Perméabilité
<a href="#">Etude de la trame verte et bleue sur le territoire de la CCB3F - Guide méthodologique et analyse</a>	PLUi	39	4	Chemin de moindre coût
<a href="#">PLUi Communauté de commune de Beauce-Loirétaine</a>	PLUi	4	2	Dilatation érosion
<a href="#">Schéma de cohérence territoriale Lannion Tregor - Etat initial de l'environnement</a>	SCoT	2	1	Dilatation érosion/Photo interprétation
<a href="#">Schéma de cohérence territorial nord haute marne</a>	SCoT	4	2	Chemin de moindre coût
<a href="#">Schéma de cohérence territorial de l'agglomération Berruyère</a>	SCoT	4	3	Dilatation érosion
<a href="#">Définir les trames vertes et bleue d'un territoire à l'aide de Graphab. Retours d'expériences de deux communautés d'agglomération franciliennes</a>	Etude_TV B	7	3	Chemin de moindre coût
<a href="#">Schéma de Cohérence territorial Val de Rosselle</a>	SCoT	4	4	Perméabilité
<a href="#">Schéma de cohérence territorial de l'agglomération Lyonnaise</a>	SCoT	18	na	Perméabilité
<a href="#">Trame verte et bleue du Pays de la Vallée du Cher et du Romorantinois - Diagnostic cartographique du Réseau écologique</a>	Etude_TV B	1	1	Chemin de moindre coût/ Dilata-tion érosion
<a href="#">Trame verte et bleue de Limoge-Métropole</a>	PLUi	2	3	Chemin de moindre coût
<a href="#">Etude TVB Seine Centrale Urbaine</a>	PLUi	64	3	Chemin de moindre coût
<a href="#">Etude des continuités écologiques dans le département des Hauts de Seine</a>	Etude_TV B	6	3	Chemin de moindre coût
<a href="#">Plan local d'urbanisme intercommunal du Boulonnais - Etat initial de l'environnement</a>	PLUi	15	6	Perméabilité
<a href="#">Schéma de cohérence territorial de Marne et Gondoire - Etat initial de l'environnement</a>	SCoT	2	4	Perméabilité

