
Elaboration d'un réseau écologique local en adaptant une méthodologie mise au point par la Région wallonne et comparaison d'outils méthodologiques - Cas de la ville de Namur

Auteur : Bayet, Béatrice

Promoteur(s) : Mahy, Grégory

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master en bioingénieur : gestion des forêts et des espaces naturels, à finalité spécialisée

Année académique : 2018-2019

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/7590>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

**ELABORATION D'UN RÉSEAU ÉCOLOGIQUE LOCAL EN
ADAPTANT UNE MÉTHODOLOGIE MISE AU POINT PAR
LA RÉGION WALLONNE ET COMPARAISON D'OUTILS
MÉTHODOLOGIQUES**

CAS DE LA VILLE DE NAMUR

BÉATRICE BAYET

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN GESTION DES FORÊTS ET DES ESPACES NATURELS**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2018-2019

PROMOTEUR : MAHY G.

Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de Gembloux Agro-Bio Tech.

Le présent document n'engage que son auteur.

**ELABORATION D'UN RÉSEAU ÉCOLOGIQUE LOCAL EN
ADAPTANT UNE MÉTHODOLOGIE MISE AU POINT PAR
LA RÉGION WALLONNE ET COMPARAISON D'OUTILS
MÉTHODOLOGIQUES**

CAS DE LA VILLE DE NAMUR

BÉATRICE BAYET

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN GESTION DES FORÊTS ET DES ESPACES NATURELS**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2018-2019

PROMOTEUR : MAHY G.

Résumé

Les réseaux écologiques élaborés en Wallonie ne bénéficient pas d'une méthodologie commune. Il leur manque une certaine homogénéité, ce qui affecte leur appropriation par les parties prenantes et donc leur opérationnalisation. La Région wallonne veut remédier à ce problème en créant une méthodologie d'élaboration des réseaux écologiques dont l'objectif est d'obtenir des réseaux opérationnels et cohérents entre eux, et ce, quelles que soient les échelles et quels que soient les experts.

Ce travail teste, sur la ville de Namur, cette nouvelle méthodologie en l'adaptant à l'échelle locale. L'adaptation se base sur des stratégies françaises, plus abouties que les wallonnes. La méthodologie nouvellement créée par la Région wallonne a déjà été employée à l'échelle des territoires biogéographiques, ses résultats ont dès lors été utilisés pour évaluer la cohérence entre cette échelle et l'échelle locale. Les résultats sont positifs, les deux échelles sont cohérentes, mais il y a tout de même des différences.

Enfin, les méthodologies et outils d'élaboration de réseaux écologiques étant nombreux, il a été jugé intéressant d'en comparer quelques uns. Plusieurs fonds de cartes ont ainsi été employés et deux tailles de carroyage ont été testées. Les résultats traduisent une incertitude quant à l'exactitude des fonds de cartes et ne permettent pas de déterminer s'il l'une est plus pertinente que l'autres. En ce qui concerne le carroyage, les résultats varient avec ses utilisations.

Mots-clefs : Namur, réseau écologique, fonds de carte, échelle locale, carroyage.

Abstract

The ecological networks developed in Wallonia do not benefit from a common methodology. They lack a certain homogeneity, which affects their ownership by stakeholders and thus their operationalization. The Walloon region wants to remedy this problem by creating a methodology for the development of ecological networks that aims to obtain operational and coherent networks between them, whatever the scale and whatever the experts who build them.

This work tests this new methodology in the city of Namur by adapting it to the local scale. The adaptation is based on French strategies, which are more successful than the Walloon ones. The methodology newly created by the Walloon Region has already been used at the biogeographical territories level, and its results have therefore been used to assess the coherence between this level and local levels. The results are positive, the two scales are consistent.

Finally, as there are many methodologies and tools for developing ecological networks, it was considered interesting to compare some of them. Several background maps were used and two different grid sizes were tested. The results reflect uncertainty about the accuracy of each of the background maps and do not allow us to determine whether one is more relevant than the other. Regarding the grid technique, the results vary with its uses.

Keywords : Namur, Ecological network, background map, local level, grid.

Sommaire

I. Introduction	1
II. État de l'art	2
1. Réseau écologique	2
1.1. <i>Le concept</i>	2
1.2. <i>Controverse sur les corridors</i>	5
1.3. <i>En Wallonie</i>	6
2. Trame Verte et Bleue	9
2.1. <i>Définition</i>	9
2.2. <i>Échelles</i>	11
2.3. <i>Approfondissements au niveau communal</i>	13
2.3.1. <i>Trame Verte</i>	13
2.3.2. <i>Trame bleue</i>	15
2.3.3. <i>Obstacles</i>	15
III. Objectifs	16
IV. Méthodologie	17
1. Outils cartographiques	17
1.1. <i>Base de données écotopes LifeWatch Wallonie-Bruxelles</i>	17
1.2. <i>Base de données Top10Vetor</i>	20
1.3. <i>Plan de secteur</i>	21
2. Méthodologie du projet de la Région wallonne	21
3. Méthodologie d'élaboration du réseau écologique namurois	22
3.1. <i>Cartes « Milieu » correspondant à chaque trame thématique</i>	26
3.1.1. <i>Milieu Prairies humides</i>	27
3.1.2. <i>Milieus Forêts</i>	30
3.1.3. <i>Comparaison des cartes Milieu</i>	34
3.2. <i>Détermination des cœurs de biodiversité d'après les zones d'intérêt recensées et les zonages réglementaires</i>	34
3.3. <i>Détermination des zones cœurs et des zones de développement d'après l'inventaire d'espèces</i>	35
3.3.1. <i>Préparation de l'inventaire</i>	35
3.3.2. <i>Pression d'observation et richesse spécifique</i>	35
3.3.3. <i>Zones cœurs</i>	37
3.3.4. <i>Zones de développement</i>	37

3.4. Détermination des corridors.....	38
3.5. Détermination des obstacles.....	38
3.6. Formation du réseau écologique.....	39
V. Résultats	40
1. Cartes Milieu.....	40
2. Pression d'observation et richesse spécifique.....	43
3. Zones cœurs et zones de développement.....	46
3.1. Prairies humides.....	46
3.2. Forêts mésophiles.....	47
3.3. Forêts alluviales et humides.....	47
4. Trames thématiques et réseau écologique.....	48
VI. Discussion	52
1. Cartes Milieu.....	52
1.1. Pourcentages de recouvrement.....	52
1.2. Justesse des cartes Milieu par rapport à l'Orthophotoplan.....	52
1.3. Top10 vs Ecotopes.....	53
1.4. Choix des variables représentatives des milieux.....	53
2. Inventaire.....	54
3. Pression d'observation et richesse spécifique.....	54
4. Carroyage.....	55
5. Zones cœurs et zones de développement.....	55
6. Corridors.....	56
7. Obstacles.....	56
8. Trames thématiques.....	57
VII. Conclusion	57
VIII. Perspectives	59
IX. Bibliographie	60
Annexes	64

I. Introduction

La volonté de sauvegarder la biodiversité a mené à la création de différents concepts tels que celui de réseau écologique. En près de 70 ans d'appropriation, ses usages et définitions se sont multipliés. La France, par exemple, qui l'appelle Trame verte et bleue, l'a aujourd'hui très bien intégré dans ses lois et sur le terrain. La Wallonie, par contre, est toujours en quête d'harmonisation et d'opérationnalisation. C'est pourquoi la Région wallonne a lancé un projet qui consiste à créer une méthodologie d'élaboration de réseaux écologiques opérationnels dont les différentes échelles se complètent.

Ce travail de fin d'études prend place dans ce cadre. En utilisant pour exemple la ville de Namur, il a pour but d'adapter à l'échelle locale la méthodologie mise en place dans le projet de la Région wallonne et d'évaluer la cohérence entre les différentes échelles de travail. En effet, la méthodologie ayant déjà été testée à l'échelle des territoires biogéographiques, il est judicieux d'évaluer la cohérence entre cette échelle et l'échelle locale de ce travail.

En parallèle, un second objectif est l'évaluation de l'impact qu'a le choix du fond de carte sur les différentes étapes d'élaboration du réseau écologique. Les méthodologies et les outils étant nombreux, il semble opportun d'en comparer certains.

À ces fins, plusieurs fonds de cartes sont manipulés de diverses façons et sont utilisés dans l'identification des éléments du réseau écologique namurois. La stratégie d'identification de ces éléments de réseau découle de méthodologies françaises, de la méthodologie du projet de la Région wallonne et des résultats de l'application de cette méthodologie à l'échelle des territoires biogéographiques.

II. État de l'art

1. Réseau écologique

1.1. Le concept

Le concept de réseaux écologiques provient de l'écologie du paysage, science « nouvelle » développée dans les années 1950 qui étudie les interactions entre l'hétérogénéité spatiale et les processus écologiques (Turner, 2005). Pour ce faire, le paysage – « *zone spatialement hétérogène dans au moins un facteur d'intérêt* » (Turner & Gardner, 2015) – est vu comme une mosaïque composée d'éléments qui sont la matrice, la tache et le corridor (Forman & Godron, 1986). Ces éléments décrits par Forman et Godron en 1986 sont toujours utilisés aujourd'hui, bien que parfois redéfinis en fonction de l'évolution de la science. Turner & Gardner (2015) fournissent la définition révisée de ces termes :

- **matrice** : « le(s) type(s) de couverture d'arrière-plan dans un paysage, caractérisé(s) par une couverture étendue et une connectivité élevée ; tous les paysages n'ont pas une matrice définissable » ;
- **tache** : « une superficie qui diffère de son environnement dans la nature ou l'apparence » ;
- **corridor** : « une bande relativement étroite d'un type particulier qui diffère des zones adjacentes des deux côtés ».

Il existe d'autres modèles, dont le modèle gradient. Dans celui-ci, le paysage n'est plus une mosaïque composée de taches mais suit plutôt un gradient environnemental (Huggett, 2004). Le terme « hétérogénéité du paysage » est alors employé.

Qu'ils soient décrits par l'un ou l'autre modèle, il est en tout cas certain que les éléments du paysage sont considérablement affectés par l'Homme. Pour satisfaire les désirs et besoins de ce dernier, le paysage est constamment transformé. Les répercussions négatives sont telles que l'Homme a causé des dérèglements irréversibles qui sont sources de perturbations à grande échelle et qui ont gravement endommagé certains écosystèmes. Afin de surveiller ces

changements dans l'utilisation et l'occupation des terres, Bogaert (2004) a établi dix types de transformations que peut subir un paysage : agrandissement, agrégation, attrition, création, décalage, déformation, dissection, fragmentation, perforation, et rétrécissement.

La fragmentation et l'agrégation sont les deux phénomènes les plus fréquemment mentionnés lorsqu'il s'agit des causes de la perte d'habitat. La **fragmentation** est définie comme « *la rupture d'un habitat ou d'un type de couverture en parcelles plus petites et déconnectées* » (Turner & Gardner, 2015) et l'**agrégation** est « *la fusion des taches* » (Bogaert, 2004).

Vers les années 1980, avec l'intérêt grandissant pour l'écologie du paysage, le développement du concept de réseaux écologiques ne cesse de croître également. Les paysages sont en effet fragmentés ou uniformisés à une telle vitesse que les naturalistes et scientifiques s'alarment. De nombreuses études sont menées, des projets sont créés, des politiques sont mises en place... C'est dans ce climat que le concept de réseau écologique prend de l'ampleur. Globalement, ses objectifs sont de protéger les espèces « importantes », de créer un système d'habitats cohérent, de permettre le déplacement des espèces et de stopper le déclin de la biodiversité (Bischoff & Jongman, 1993).

Deux théories de l'écologie du paysage sont à la base du concept de réseau écologique : la biogéographie insulaire et les métapopulations. Ces théories prennent en compte les relations entre éléments d'un paysage en ce qui concerne le fonctionnement des espèces et des communautés. La **biogéographie insulaire** est décrite par MacArthur & Wilson (1963) comme un modèle graphique équilibrant les taux d'immigration et d'extinction des espèces : « *le nombre d'espèces augmente avec la superficie plus rapidement sur les îles éloignées que sur les îles proches. De même, le nombre d'espèces sur les grandes îles diminue avec la distance plus rapidement que le nombre d'espèces sur les petites îles* ». La **métapopulation** est définie par Jongman (2007) comme « *un ensemble de populations dans un réseau d'habitat reliées par la dispersion entre les taches* ». Il précise également qu'un **réseau d'habitat** est un « *ensemble de taches d'habitat suffisamment proches pour avoir un niveau raisonnable de dispersion inter-taches* ». Le lien entre l'écologie du paysage et le concept de

réseau écologique est donc clair, l'un des objectifs du réseau écologique étant de prévenir un isolement des habitats qui mènerait les populations à leur perte.

Cependant, il est difficile de s'accorder sur une définition pour « réseau écologique ». En effet, l'appropriation du concept par les parties prenantes varie avec le fonctionnement de leur nation : système de gestion de l'environnement, échelle considérée, état de conservation des paysages, habitudes de planification et histoire en matière de développement anthropique et de conservation de la nature (Jongman, 1995 ; Boitani et al., 2007). De plus, le développement de réseaux écologiques ne demande pas uniquement de prendre en compte les aspects écologiques, mais également les aspects institutionnels et socio-économiques (Jongman, 2007), ce qui complexifie le travail.

Malgré les différences dans les méthodes et utilisations, les parties prenantes développant des réseaux écologiques s'accordent sur leurs principes. En 1997, Melin définissait le réseau écologique comme suit :

« ensemble des milieux qui permettent d'assurer la conservation à long terme des espèces sauvages sur un territoire. Il implique donc le maintien de réseaux cohérents d'écosystèmes naturels et semi-naturels, mais aussi d'habitats de substitution, susceptibles de rencontrer les exigences vitales des espèces et de leurs populations ».

En 2004, Jongman définissait les réseaux écologiques comme « *des systèmes de réserves naturelles et leurs interconnexions qui rendent cohérent un système naturel fragmenté, de manière à soutenir une plus grande diversité biologique que dans sa forme non connectée* ». De ces définitions ressort l'objectif général qu'ont la plupart des pays et qui est de maintenir la diversité biologique et paysagère des zones à haute valeur naturelle (Jongman, 1995 ; Boitani et al., 2007).

Comme dit précédemment, les acteurs définissent leur réseau en fonction des utilisations visées et des méthodes employées, tout en ayant pour objectif la préservation de la biodiversité. Les éléments constitutifs des différents réseaux écologiques sont des adaptations des zones définies par Bischoff & Jongman en 1993 :

- **zones centrales** : « complexes de végétation naturelle et semi-naturelle qui fonctionnent comme un habitat optimal pour de nombreuses espèces et qui sont caractéristiques d'une zone biogéographique ou d'un environnement européen important » ; Bennett ajoute en 2004 que ces zones renferment la biodiversité dont la conservation est capitale ;
- **zones corridors** : « zones, structures paysagères ou passages de l'Homme qui contribuent à la dispersion et à la migration des espèces entre les zones centrales » ;
- **zones tampons** : « des zones où les excès de nutriments peuvent être éliminés, les changements dans la qualité de l'eau peuvent être absorbés et les impacts des loisirs peuvent être orientés vers des zones moins sensibles » ; Bennett (2004) clarifie cette définition en disant que ce sont des zones « qui protègent le réseau contre les influences extérieures potentiellement dommageables et qui sont essentiellement des zones transitoires caractérisées par une utilisation compatible des terres ».

1.2. Controverse sur les corridors

Pour faire face à l'isolement des habitats, les zones corridors sont primordiales : elles sont chargées d'assurer la **connectivité** – « *continuité spatiale d'un habitat ou d'un type de couverture à travers un paysage* » (Turner & Gardner, 2015). Les corridors visent à fournir à la biodiversité la possibilité de se déplacer malgré l'appropriation de son environnement par l'Homme. La désignation de ces zones est complexe. Les fonctions des corridors sont en effet multiples : conduit, habitat, filtre, barrière, source ou puit (Hess & Fischer, 2001). Il est donc nécessaire d'étudier soigneusement les espèces et anticiper au mieux les risques pour éviter un effet pervers.

Il a été reconnu que les corridors sont spécifiques aux espèces. En voulant faciliter les déplacements d'une espèce, l'effet inverse peut se produire pour d'autres espèces, d'où le

débat sur l'efficacité des corridors. De plus, même si un maximum de paramètres est étudié, la réponse d'une espèce à un système mis en place n'est jamais totalement prévisible (Boitani et al., 2007).

De nombreuses études ont démontré l'utilité des corridors à petite échelle et pour une espèce en particulier. Des doutes persistent sur leur efficacité à grande échelle et pour un ensemble d'espèces. Pour combler le manque d'information, Damschen et al. (2006) ont réalisé une expérience. Ils ont démontré qu'il y a davantage d'espèces végétales indigènes dans les habitats reliés par des corridors, que cet écart croît avec le temps et qu'en plus les corridors n'ont pas d'effet pervers – tels que la facilitation de la colonisation des espèces exotiques envahissantes. Les résultats sont prometteurs, mais les études font défaut.

En ce qui concerne le réseau écologique dans son ensemble, il est encore plus difficile de vérifier scientifiquement son utilité. En 2004, Bennett annonçait qu'aucun réseau n'avait pu démontrer son efficacité. Il émettait l'hypothèse que la réussite d'un réseau écologique ne peut être évaluée que sur une grande échelle de temps.

Boitani et al. (2007) ajoutent, en plus de ce problème d'échelle temporelle, qu'il n'y a pas réellement d'objectifs quantifiables qui pourraient servir de base d'évaluation d'un réseau écologique et de son influence sur la richesse ou la densité spécifique. Les nombreuses variables interconnectées et la matrice dynamique compliquent cette évaluation. La maîtrise de ce « nouveau » concept n'est donc pas encore atteinte, mais la recherche continue.

1.3. En Wallonie

La malléabilité du concept transparait également en Wallonie et est décrite par Mougenot & Melin (2000). Ceux-ci décomposent le concept en trois principes : le réseau écologique au sens strict, au sens large et au niveau planologique. Le sens strict concerne la protection des espèces et de leurs habitats via des inventaires, des actions ponctuelles, des conventions, etc. Le sens large correspond au réseau écologique à l'échelle du paysage avec les notions d'échanges biologiques et d'interconnexion des systèmes écologiques. Le niveau planologique est le plus employé et est celui qui divise le réseau écologique en zones. Les

éléments constitutifs d'un réseau écologique wallon varient très légèrement de ceux définis par Bischoff & Jongman (1993). Dufrêne (2004) les décrit comme suit :

- **zone centrale** : « zone recelant des populations d'espèces et des habitats à grande valeur patrimoniale et encore en bon état de conservation » ; « mérite un statut de conservation fort » ; « zone réservoir du réseau écologique » ;
- **zone de liaison / corridor écologique** : « zone censée assurer une fonction de dispersion privilégiée soit par la faible intensité des activités humaines ou une forte densité d'éléments du maillage écologique » ;
- **zone de développement** : « zone d'intérêt biologique moindre mais recelant néanmoins un potentiel important en matière de biodiversité » ; « y est parfois associé le concept de zone tampon » ; « nécessite *a priori* une moindre protection que les zones centrales ».

A l'échelle régionale, il existe la « structure écologique principale ». C'est une carte au 1/50.000^e des zones à intérêt biologique – actuel ou potentiel (Mougenot & Melin, 2000). Elle comprend des zones centrales et des zones de développement et reprend le réseau Natura 2000 ainsi que les Sites de Grand Intérêt Biologique (SGIB) (Dufrêne, 2004).

Au niveau communal, un réseau écologique au 1/10.000^e s'inscrit dans le Plan Communal de Développement de la Nature (PCDN) (Mougenot & Melin, 2000). Ce plan vise à sensibiliser la population et à mettre en place des projets permettant la sauvegarde de la biodiversité. Les décisions s'appuient sur le réseau écologique et sont prises sur base participative, l'objectif étant de faire intervenir un grand nombre d'acteurs. Près de 40 % des communes wallonnes ont un PCDN (Van Asbroeck, 2019).

Lorsque l'échelle est plus fine, le terme « **maillage écologique** » est employé. Ce maillage comprend les petits éléments paysagers tels que les haies, talus, bords de chemin, etc. (Dufrêne, 2004). Il est souvent associé au réseau écologique communal bien qu'il soit conçu d'éléments plus ponctuels.

Les réseaux écologiques sont généralement construits grâce des inventaires scientifiques. Ces inventaires permettent de révéler les zones contenant des espèces ou habitats protégés, en danger, etc. Les milieux de grand intérêt biologique sont la priorité. Une fois ces milieux identifiés, le réseau est complété par d'autres zones dont les préoccupations sont d'un niveau moins élevé. Ces différents milieux sont ensuite associés les uns aux autres par des corridors, des éléments du maillage écologique, etc. (Melin, 1997).

La difficulté du travail porte partiellement sur la désignation des zones d'intérêts. Il y a une décision à prendre quant à la biodiversité à conserver. Il faut choisir quelles espèces et quels habitats sont à privilégier et lesquels sont à laisser de côté (Mougenot & Melin, 2000). Le travail de sensibilisation de la population est donc capital. En effet, la volonté d'éveiller la population à la nature qui l'entoure, peu importe sa valeur, est de plus en plus présente. Or, les réseaux écologiques peuvent donner l'impression que la biodiversité ordinaire ne vaut pas la peine d'être protégée.

De plus, au fil des années, diverses parties prenantes ont créé diverses cartes avec divers objectifs. La cartographie wallonne, en plus d'être incomplète, est donc hétérogène. Aussi, bien qu'il y ait différentes échelles représentées par différentes cartes, il n'existe pas de méthodologie s'assurant de la cohérence entre ces échelles communales, biogéographiques et régionales. C'est pourquoi la Région wallonne a lancé un projet de cartographie de réseau écologique. L'objectif est d'avoir une méthodologie commune et d'assurer la cohérence entre les échelles. La méthodologie s'inspire du système français car celui-ci est très complet et chaque échelle a un rôle dans la construction des réseaux écologiques, appelés en France trames vertes et bleues.

2. Trame Verte et Bleue

2.1. Définition

En France, les préoccupations environnementales ont mené aux engagements « Grenelle Environnement » qui, en 2009, se sont concrétisés en lois « Grenelle I » et « Grenelle II ». C'est dans le cadre de cette dernière que l'adaptation française du concept de réseau écologique voit le jour : la Trame verte et bleue. Celle-ci est définie comme suit :

« outil d'aménagement du territoire qui vise à (re)constituer un réseau écologique cohérent, à l'échelle du territoire national, pour permettre aux espèces animales et végétales d'assurer leur survie et permettre aux écosystèmes de continuer à rendre à l'homme leurs services. Elle inclut une composante verte qui fait référence aux milieux naturels et semi-naturels terrestres et une composante bleue qui fait référence au réseau aquatique et humide (fleuves, rivières, zones humides...) » (Ministère de l'Écologie du Développement durable et de l'Énergie, 2014).

Les objectifs et les éléments de la Trame sont bien entendu fondés sur les principes du réseau écologique et sont décrits en détails dans le Code de l'Environnement français. Selon l'Article L371-1 de ce code, la Trame a été créée dans le but de diminuer la fragmentation des habitats, mettre en place des corridors écologiques, répondre à d'autres objectifs environnementaux du code, améliorer la qualité et la diversité des paysages et permettre les échanges génétiques. L'élaboration de la Trame verte et bleue, peu importe l'échelle, se fait dans l'optique de répondre à ces objectifs tout en prenant en compte les activités humaines (Article L371-1, Code de l'Environnement).

La Trame verte et bleue est composée de continuités écologiques – « *éléments du maillage d'espaces ou de milieux constitutifs d'un réseau écologique* » (Allag-Dhuisme et al., 2010a) – que le Code de l'Environnement décrit aux Articles L371-1 et R371-19 :

- **réservoirs de biodiversité** : « espaces dans lesquels la biodiversité est la plus riche ou la mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie et où les habitats naturels peuvent assurer leur fonctionnement en ayant notamment une taille

suffisante, qui abritent des noyaux de populations d'espèces à partir desquels les individus se dispersent ou qui sont susceptibles de permettre l'accueil de nouvelles populations d'espèces » ; « peuvent être isolés des autres continuités de la Trame verte et bleue lorsque les exigences particulières de la conservation de la biodiversité ou la nécessité d'éviter la propagation de maladies végétales ou animales le justifient » ; « tout ou partie des espaces protégés ainsi que les espaces naturels importants pour la préservation de la biodiversité » ;

- **corridors écologiques** : « assurent des connexions entre des réservoirs de biodiversité, offrant aux espèces des conditions favorables à leur déplacement et à l'accomplissement de leur cycle de vie » ; « peuvent être linéaires, discontinus ou paysagers » ; « sont constitués d'espaces naturels ou semi-naturels » ; sont classés en trois types par Allag-Dhuisme et al. (2010a) :

- structures linéaires : haies, chemins et bords de chemins, ripisylves, etc. ;
- structures en « pas japonais » : ponctuation d'espaces-relais ou d'îlots-refuges, mares, bosquets, etc. ;
- matrices paysagères : type de milieu paysager, artificialisé, agricole, etc.

Il est possible d'avoir des éléments qui remplissent ces deux fonctions – réservoirs et corridors. Ces éléments constituent la partie bleue de la Trame et sont les cours d'eau, partie de cours et canaux importants pour la conservation de la biodiversité. Aussi, les zones humides importantes pour la préservation de la nature peuvent être réservoirs et/ou corridors (R371-19, Code de l'Environnement).

Comme le disait Melin en 1997, il existe deux dimensions au réseau écologique : spatiale et fonctionnelle. La dimension spatiale concerne les échelles territoriales considérées et touche plutôt l'aménagement du territoire. La dimension fonctionnelle, quant à elle, a trait aux différents types d'habitats et les relations les unissant et s'adresse à la gestion de l'espace.

Le « document-cadre pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques » (Décret n°2014-45 du 20 janvier 2014), traduit la dimension fonctionnelle en sous-trames. Il existe cinq principales **sous-trames** représentant cinq types de milieux : boisés, ouverts, humides, littoraux et les cours d'eau. Une sous-trame englobe donc toutes les

étendues faisant partie d'un même type de milieu, lequel est déterminé grâce à l'analyse cartographique de la végétation ou de l'occupation du sol.

2.2. Échelles

Un élément capital de la Trame verte et bleue est le maintien de la concordance entre les multiples échelles de travail, l'utilité desquelles peut varier selon l'acteur. Pour les écologues, les échelles jouent sur les multiples niveaux d'interactions de la biodiversité et représentent les capacités de déplacement des espèces. Pour les politiques, elles sont les déclinaisons de l'outil d'aménagement qu'est la Trame par rapport aux divisions du territoire (Debray, 2011).

Les limites géographiques des réseaux écologiques ne se calquant pas aux limites administratives, il est important d'entretenir une communication de qualité entre les différents niveaux d'échelle. La cohérence entre ces niveaux améliore l'efficacité des outils utilisés.

Il y a trois niveaux d'échelles qui doivent législativement être cohérents les uns par rapport aux autres : les niveaux national, régional et (inter)communal. Outre ces trois niveaux principaux, il y a d'autres échelles qui sont affectées par la Trame : départementale, du territoire de projet et individuelle (Centre de ressources Trame verte et bleue, sd).

À l'**échelle nationale**, l'État définit les « orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques ». Ces orientations sont décrites dans le document-cadre dont les éléments devant y figurer sont précisés à l'Article L371-2 du Code de l'Environnement. L'État, via ces orientations nationales, décrit les choix stratégiques ainsi que les enjeux nationaux et transfrontaliers, ce qui aide à la cohérence des mesures prises à d'autres échelles (Allag-Dhuisme et al., 2010a). Tout projet de l'État ainsi que tous les documents de planification doivent être compatibles avec le document-cadre. S'ils contreviennent aux orientations nationales, ils doivent décrire les mesures nécessaires pour éviter, réduire ou compenser les dégâts causés (Article L371-2, Code de l'Environnement).

À l'échelle **régionale**, l'Article L4251-1 du Code de l'Environnement instaure le schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires qui est communément appelé Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE). Il contient un diagnostic de la région et des enjeux, les continuités écologiques avec identification des réservoirs et corridors écologiques, un plan d'action stratégique, un atlas cartographique et un dispositif de suivi et évaluation. Les enjeux du SRCE sont notamment, en plus de la restauration des milieux dégradés, la création de nouvelles infrastructures agro-écologiques et l'amélioration de la transparence écologique en ce qui concerne les transports (Collectif, 2017). Ces SRCE devraient être remplacés par des Schémas Régionaux d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) dans les mois à venir (Dehouck & Amsallem, 2018).

Les éléments retenus de la Trame verte et bleue doivent être justifiés, décrits et répartis dans l'une des cinq sous-trames (Premier Ministre, 2014). Le SRCE, grâce au cadre d'intervention fourni par son plan stratégique, permet aux politiques d'aménagement ou sectorielles de le prendre en compte lors de la conception de leurs plans et programmes (Centre de ressources Trame verte et bleue, sd).

À l'échelle **(inter)communale**, la Trame est traduite dans le Plan Local d'Urbanisme (PLU), les Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT), les cartes communales, les chartes de Parcs Naturels Régionaux, les chartes de parcs nationaux, etc. Les règlements et les projets d'urbanisme et d'aménagement prennent donc en considération les informations de la Trame verte et bleue et les recommandations du SRCE. Le niveau (inter)communal peut également, selon ses compétences, réglementer l'utilisation du sol (Allag-Dhuisme et al., 2010a ; Centre de ressources Trame verte et bleue, sd).

Dans un souci de cohérence et d'efficacité, chaque niveau tient donc compte du niveau supérieur et ne contrevient pas aux projets de celui-ci. Afin d'optimiser la Trame, il arrive que les niveaux inférieurs soient consultés par les niveaux supérieurs, ce qui permet par exemple un ajustement des tracés cartographiques. Ces échanges entre échelles sont l'une des clés du succès de la Trame verte et bleue.

2.3. Approfondissements au niveau communal

2.3.1. Trame Verte

En ce qui concerne l'élaboration de la Trame verte, il n'existe pas de méthodologie unique. Cependant, de grandes étapes se dégagent. Il y a d'abord la collecte d'informations : les outils de protection – tels que les arrêtés, les réserves naturelles et les cours d'eau classés –, les données d'aménagement du territoire, les données d'occupation du sol, les outils labellisés ou de gestion contractuelle – tels que les sites Natura 2000 et les Parcs Naturels Régionaux – et les outils d'inventaires. Ensuite viennent la caractérisation des enjeux environnementaux et l'utilisation adéquate des différentes échelles de travail (DREAL Franche-Comté, 2012 ; DREAL Lorraine, 2013).

En plus de ces grandes lignes directrices, il est possible de catégoriser plus précisément des méthodes de travail, bien que celles-ci varient d'un organisme à l'autre. Sont à distinguer les méthodes concernant les réservoirs de biodiversité et celles associées aux corridors écologiques.

Les réservoirs de biodiversité peuvent être identifiés de quatre manières : identification des zonages d'inventaire et réglementaires, entrée espèces, entrée habitats naturels et entrée milieux (Dehouck & Amsallem, 2018). Ces étapes sont détaillées ci-après.

- **L'identification des zonages d'inventaire et réglementaires** est la première étape pour la plupart des organismes élaborant une Trame. En général sont pris en compte les sites Natura 2000 et les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) (DREAL Poitou Charente, sd). Leur utilisation varie cependant d'un organisme à l'autre (Dehouck & Amsallem, 2018).
- **L'entrée espèces** est soit employée tout au long de l'étude, soit en début de travail et est suivie par l'approche milieux. L'objectif est d'identifier les espèces et d'évaluer leur présence sur un milieu. Quatre étapes de travail ressortent, bien qu'elles ne sont pas toutes suivies par tous les bureaux : récupération de données via des conventions, emploi de listes pour identifier les espèces d'intérêt, identification des réservoirs de biodiversité et des

milieux propres à ces espèces et vérification via des sorties de terrain (Dehouck & Amsallem, 2018 ; Conseil régional Pays de la Loire, 2012).

- L'**entrée habitats naturels** reprend deux manières de travailler : créer des cartes d'habitats naturels grâce à des sorties de terrains ou s'appuyer sur des cartes d'habitats naturels existantes. Les habitats naturels désignent des espaces homogènes où se développent des associations de plantes. Cette entrée est moins populaire que l'entrée espèces (Dehouck & Amsallem, 2018 ; Préfet de la région Champagne Ardenne, 2015).
- Finalement, l'**entrée milieu** est la plus populaire des méthodes. Elle est soit employée dès le début du travail, soit lors des sorties de terrain. Elle consiste en la cartographie des habitats d'espèces, ou des milieux de vie des espèces. Les bureaux utilisant cette méthode dès la phase diagnostique ont des objectifs divers : caractériser l'occupation des sols assez finement, identifier les fonctions des habitats des espèces, déterminer les milieux-clés dans la préservation d'habitats ou encore utiliser les milieux comme outil de hiérarchisation des enjeux écologiques (Dehouck & Amsallem, 2018 ; Préfet de la région Champagne Ardenne, 2015 ; Conseil régional Pays de la Loire, 2012).

Concernant les corridors écologiques, il existe plusieurs méthodes de travail : l'interprétation visuelle, la perméabilité des milieux et la dilatation/érosion (Berthoud, 2010). Ces méthodes sont détaillées ci-après.

L'**interprétation visuelle** consiste en l'analyse de photos aériennes ou de cartes d'occupation du sol. Elle est la méthode la plus utilisée. Ses objectifs peuvent être d'affiner l'occupation du sol pour identifier des zones de déplacement intéressantes, d'identifier précisément des éléments du paysage assez petits, de hiérarchiser les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques ou de produire l'occupation du sol grâce aux photos aériennes (Berthoud, 2010 ; Dehouck & Amsallem, 2018).

La méthode de travail basée sur la **perméabilité du milieu** est employée moins souvent que l'interprétation visuelle. La perméabilité d'un milieu est attribuée sous forme d'un coefficient en fonction de la facilité avec laquelle une espèce cible traverse un milieu. Cette méthode peut être utilisée sous la forme d'une modélisation des « chemins de moindre coûts », d'une

simulation d'aire de migration ou de déductions d'ortho-photos. Cependant, certains organismes n'ayant pas recours à cette méthode l'estiment non pertinente compte tenu de la finesse de l'échelle utilisée, les corridors modélisés ne reflétant pas la réalité. D'autres organismes estiment le coût supérieur de la modélisation pour l'échelle communal injustifiable car l'interprétation visuelle apporte des résultats très similaires (Berthoud, 2010 ; Dehouck & Amsallem, 2018).

Enfin, la **dilatation/érosion** consiste en l'application de tampons positifs puis négatifs autour des réservoirs de biodiversité dans le but de faire apparaître les corridors. Ces corridors potentiels sont ensuite confrontés à une carte d'occupation du sol afin et à une vérification de terrain afin d'éliminer les corridors impertinents (Berthoud, 2010).

2.3.2. Trame bleue

L'élaboration de la Trame bleue est plus succincte. Ceci peut être partiellement expliqué par la moins bonne appropriation du concept par les bureaux d'études. Le travail de construction est divisible en deux étapes : recueil des données et identification/vérification. Les données recueillies sont le SAGE, le SDAGE, les inventaires de zones humides, le classement des cours d'eau, des informations sur les espèces piscicoles migratrices et les odonates et d'éventuelles cartes anciennes. L'identification et la vérification des zones humides et des cours d'eau a lieu la plupart du temps sur le terrain (Dehouck & Amsallem, 2018 ; DREAL Lorraine, 2013).

2.3.3. Obstacles

Une fois les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques établis, une dernière étape consiste à identifier les potentiels obstacles fragmentant le paysage. Sont susceptibles d'être des obstacles : les infrastructures linéaires telles que les routes, les ouvrages transversaux tels que les digues et les moulins et habitats anthropiques provoquant une pollution lumineuse, sonore, et chimique (DREAL Lorraine, 2013).

Malgré les différentes manières d’appréhender l’élaboration de la Trame, le travail de terrain semble être un élément-clé de l’identification et la précision des continuités écologique. Certains organismes sont même persuadés que sans ce travail une étude Trame verte et bleue ne peut être pertinente (Dehouck & Amsallem, 2018). Les sorties de terrains sont essentielles à l’identification des éléments paysagers indécélables par photo-interprétation et sont un outil de vérification des informations photographiques et leur représentation de la réalité (Berthoud, 2010).

III. Objectifs

Ce travail adapte au niveau local la méthode d’élaboration de réseaux écologiques créée par le projet « Cartographie du réseau écologique wallon » de la Région wallonne. L’objectif est de tester la méthodologie au niveau local en prenant pour exemple la commune de Namur. L’adaptation est réalisée à l’aide de stratégies d’élaboration de trames vertes et bleues et les résultats doivent permettre d’identifier la contribution de l’échelle locale dans la détermination de trames thématiques des territoires biogéographiques.

De plus, ce travail tente de caractériser les répercussions des différents choix méthodologiques qui peuvent porter sur le fond de carte définissant l’occupation du sol ou encore sur la taille de carroyage.

IV. Méthodologie

La méthodologie s'articule en trois points. D'abord sont présentés trois outils cartographiques utilisés lors de la construction des réseaux écologiques. Ensuite est expliquée la méthode d'élaboration des réseaux écologiques du projet de la Région wallonne. Enfin, la méthodologie d'élaboration du réseau écologique namurois construit dans ce travail est détaillée.

1. Outils cartographiques

Il existe plusieurs cartes décrivant de diverses façons l'occupation du sol wallon. Lors de la conception d'un réseau écologique, l'une de ces cartes est utilisée. L'information que fournit la carte choisie va potentiellement influencer la structure du réseau écologique.

1.1. Base de données écotopes LifeWatch Wallonie-Bruxelles

L'un des projets wallo-bruxellois réalisés dans le cadre de LifeWatch est la cartographie de données biophysiques pertinentes et précises (LifeWatch BELGIUM, sd). Ces données biophysiques – variables abiotiques et données de télédétection – sont rassemblées sur un webGIS. L'unité spatiale employée est l'**écotope** : « *petit polygone aux fonctions écologiques largement homogènes* » (LifeWatch BELGIUM, sd). Chaque écotope est caractérisé par les pourcentages d'utilisation du sol et des variables topographiques, climatiques, contextuelles et dynamiques des écosystèmes (LifeWatch BELGIUM, sd).

Les données du webGIS peuvent être téléchargées sous forme d'une couche vecteur contenant les informations biophysiques pour chaque écotope. La **carte** appelée « **Écotopes** » dans la suite du travail correspond à cette couche vecteur. Les unités écotopes de la carte sont catégorisées sur base du système de classification de couverture terrestre (**Land Cover Classification System**) de l'agence spatiale européenne (European Space Agency).

Les classes sont les suivantes :

- périodiquement herbacé ;
- couverture mixte (avec une majorité de cultures) ;
- couverture mixte (avec une minorité de cultures) ;
- forêt de feuillus à feuilles caduques ;
- forêt de résineux sempervirens ;
- forêt de résineux à aiguilles caduques ;
- forêt mixte ;
- couverture mixte herbacée et arborescente (avec majorité d'arbres) ;
- prairies productives monospécifiques permanentes ;
- prairies et arbustaies diversifiées ;
- couverture mixte herbacée et arborescente (avec majorité d'herbacées) ;
- mélange de végétation et de sols nus ;
- arbustes et plantes herbacées inondés ;
- artificialisation dense (>50% de surface artificielle) ;
- zones récemment défrichées avec repousse de forêt, y compris les vides forestiers et les arbres de Noël ;
- peu artificialisé (>25% de surface artificielle) ;
- sol nu ;
- eau.

Chaque unité écotopique n'est cependant pas composée à 100 % de la classe qui la définit. Dix classes d'occupation du sol sont utilisées pour décomposer ces unités écotopes. Ceci est illustré à la Figure 1.

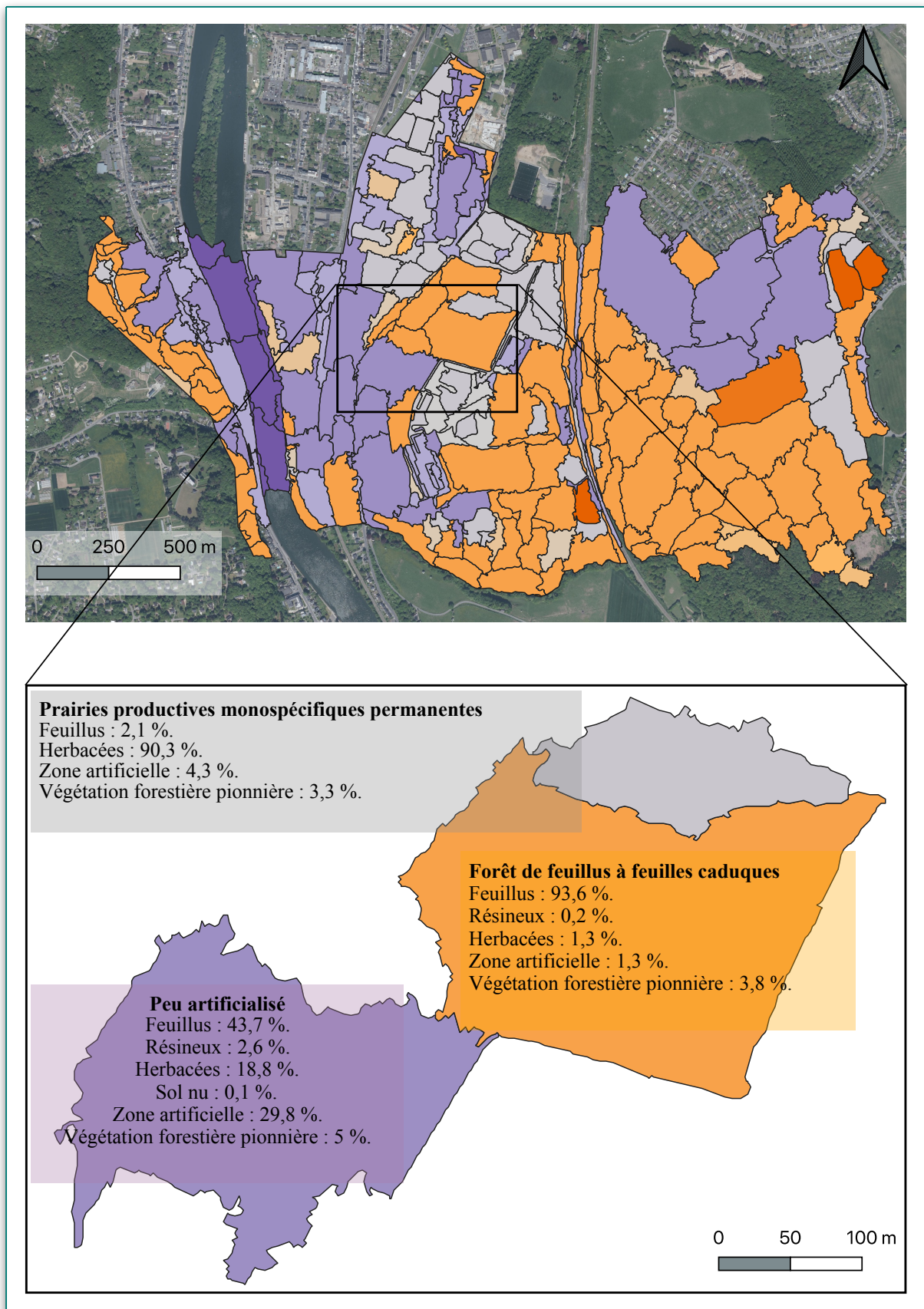


Figure 1. Illustration de la classification utilisée pour l'occupation du sol de la base de données écotoques de LifeWatch Wallonie-Bruxelles.

1.2. Base de données Top10Vetor

La carte la plus précise que possède l'IGN rassemble les données de l'inventaire topographique de Belgique à l'échelle 1/10.000^e : **Top10Vetor** (IGN, 2013). Les occupations du sol y sont divisées selon la typologie Wal-ES qui est une adaptation du référentiel européen MAES (Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services). Celui-ci compte douze types d'occupation du sol, dont huit sont présents en Wallonie. Les douze types sont donnés ci-après et ceux retrouvés en Wallonie sont mis en évidence.

- **Zones urbanisées** ;
- **Terres cultivées** ;
- **Prairies** ;
- **Forêts** ;
- **Landes et arbustes** ;
- **Zones peu végétalisées** ;
- **Milieus marécageux** ;
- **Rivières et lacs** ;
- Les bras de mer marins et les eaux de transition ;
- Côtier ;
- Plateau ;
- Pleine mer.

La typologie **Wal-ES** nuance ces huit types en seize occupations du sol (Wal-ES, sd). Les zones urbanisées sont remplacées par : **(1)** jardins et parcs, **(2)** friches et végétations rudérales et **(3)** zones urbanisées. Les terres cultivées sont divisées en : **(4)** cultures destinées à la production agricole et **(5)** cultures arborées, vergers et pépinières. Les prairies sont décomposées en : **(6)** prairies et prés de fauche et **(7)** pelouses sèches et prairies humides (semi)naturelles. Les forêts sont scindées en : **(8)** forêts feuillues, **(9)** plantation de résineux et **(10)** mélanges de feuillus-résineux. Les **(11)** landes et arbustes, **(12)** zones peu végétalisées et **(13)** milieux marécageux sont gardés tels quels. Enfin, les rivières et lacs sont divisés en : **(14)** eaux courantes et **(15)** eaux stagnantes. À cela s'ajoutent les **(16)** éléments d'infrastructures vertes régulatrices.

1.3. Plan de secteur

Le Plan de secteur est une carte qui définit les affectations de chaque parcelle du territoire wallon. C'est un outil réglementaire d'urbanisme et d'aménagement du territoire qui permet une gestion adéquate de l'espace en fonction des activités humaines (SPW, 2019a).

Il y a deux catégories de zones qui ensuite se ramifient : zones destinées à l'urbanisation et zones non destinées à l'urbanisation (SPW, 2019a). Des obstacles à l'élaboration du réseau écologique peuvent donc être repérés grâce au plan de secteur. En effet, les activités réalisables sur une parcelle dépendent de l'affectation de celle-ci.

2. Méthodologie du projet de la Région wallonne

L'objectif du projet est de travailler en complémentarité à différents niveaux : échelle régionale, échelle des territoires biogéographiques et échelle locale. L'**échelle régionale** permet d'identifier les **réseaux / trames thématiques** : « *ensemble d'espaces, plus ou moins connectés, constitués d'habitats ayant des caractéristiques communes et pouvant accueillir des cortèges d'espèces particuliers* » (Allag-Dhuisme et al., 2010). Ceux-ci sont :

- forêts feuillues : forêts mésophiles, forêts alluviales et humides, forêts sur sols secs ;
- milieux ouverts secs : pelouses sèches, prairies mésophiles, landes ;
- milieux agricoles : cultures ;
- milieux ouverts humides : tourbières, prairies humides ;
- cours d'eau ;
- bocages et lisières.

Ensuite, les trames thématiques sont schématisées à l'échelle des **territoires biogéographiques** – « *territoire présentant des conditions écologiques moyennes homogènes résultant en un ensemble de biotopes et une composition en espèces caractéristiques* » ; « *au nombre de six en Wallonie : le territoire hennuyer-brabançon-hesbignon, le Condroz, la Fagne-Famenne-Calestienne, l'Ardenne, la Gaume et Lorraine belge et le sillon sambromosan* »¹. À chaque trame thématique identifiée correspond une carte la schématisant.

¹ « *Guide méthodologique provisoire de la cartographie du réseau écologique à l'échelle locale* » de l'unité Biolandscape de Gembloux Agro-Bio Tech.

Chaque carte est produite depuis des cartes diagnostiques de densité d'échantillonnage, de présences et présences potentielles d'espèces, de richesses en espèces et d'enjeux pour les biotopes. Chaque trame thématique est composée de quatre éléments : les cœurs de biodiversité, les cœurs de biodiversité potentielle, les corridors et les obstacles.

Enfin, à l'**échelle locale**, le réseau écologique opérationnel est créé en suivant trois étapes : diagnostic local, schématisation des trames thématiques locales et cartographie du réseau écologique. Le **diagnostic** local permet de trier parmi les trames thématiques identifiées à l'échelle des territoires biogéographiques celles qui sont applicables au territoire local choisi. Le diagnostic se base sur l'analyse de base de données telles que les sites Natura 2000 et les inventaires de l'OFFH, mais également sur l'expertise de naturalistes locaux.

Ce diagnostic permet la **schématisation des trames thématiques locales**, lesquelles sont composées des mêmes quatre éléments que celles de l'échelle supérieure. Cette schématisation se fait non seulement sur le territoire local choisi, mais s'étend également d'un kilomètre autour du territoire.

Le **réseau écologique** est alors créée. Il est composé des enjeux de biodiversité mais également des enjeux socio-économiques. Ces derniers sont établis via le croisement des trames thématiques et des documents d'aménagement du territoire tels que le plan de secteur.

3. Méthodologie d'élaboration du réseau écologique namurois

Les deux cartes de couverture de sol utilisées pour créer le réseau écologique de Namur sont : « **Ecotopes** » de LifeWatch Belgium (<http://maps.elie.ucl.ac.be/lifewatch/ecotopes.html>) et « **Top10** » (2000) de l'IGN. Elles sont utilisées comme fonds de cartes pour localiser les différents types de milieux. Deux cartes sont employées afin de comparer l'impact de leurs différences sur la détermination des éléments composant le réseau écologique.

Un réseau écologique étant une somme de **trames thématiques**, la première étape est l'élaboration de celles-ci. Dans ce travail, chaque trame thématique est composée de zones cœurs, zones de développement, corridors et obstacles.

La méthodologie d'élaboration des trames thématiques est basée sur la lecture de méthodologies françaises – Bernier & Théau, 2013 ; Berthoud, 2010 ; DREAL Poitou Charente, sd ; Préfet de la région Champagne Ardenne, 2015 ; Conseil régional Pays de la Loire, 2012 – et sur celle nouvellement créée par la Région wallonne. D'abord, des cartes représentant le type de milieu des trames thématiques sont créées et appelées **cartes « Milieu »**. Le milieu est considéré ici comme étant l'ensemble des zones dont les caractéristiques paysagères et édaphiques sont semblables. Ces cartes Milieu sont utilisées pour désigner les **zones cœurs** et les **zones de développement**. Ensuite, les **corridors** sont créés et les **obstacles** établis. Les trames thématiques produites sont finalement assemblées pour former le réseau écologique. La majorité du travail consiste en la création et la manipulation de cartes, le logiciel SIG QGIS 3.2.0 est employé à ces fins.

Les trames thématiques qui touchent Namur sont celles reprises par le Projet de la Région wallonne : Prairies humides (Figure 2), Forêts mésophiles (Figure 3) et Forêts alluviales et humides (Figure 4).

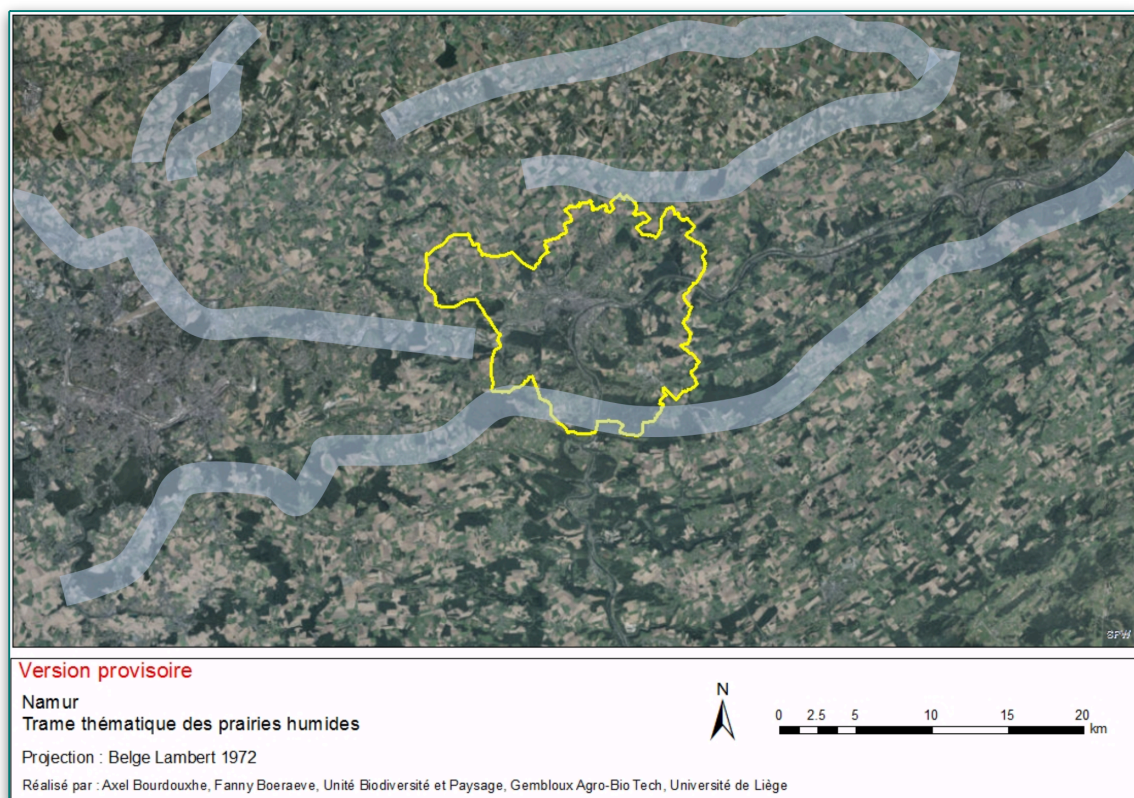


Figure 2. Cartographie de la trame thématique Prairies humides traversant Namur créée pour le projet de cartographie de réseaux écologiques de la Région wallonne.

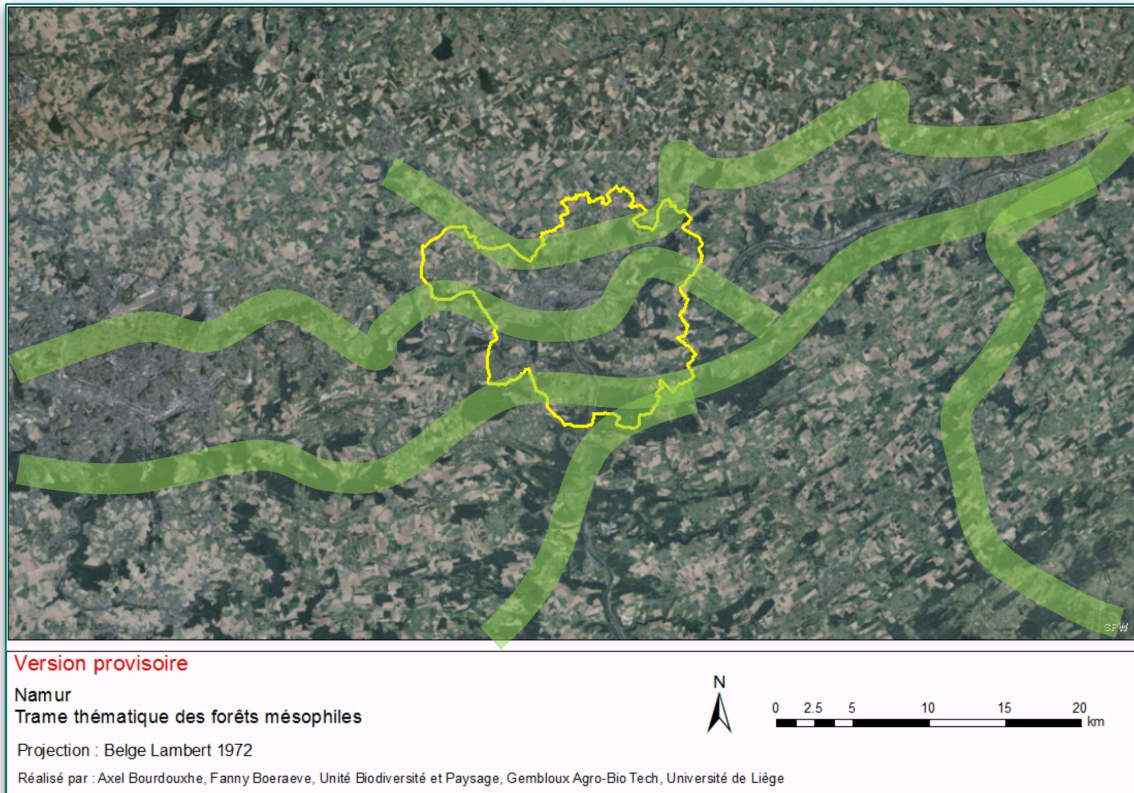


Figure 3. Cartographie de la trame thématique Forêts mésophiles traversant Namur créée pour le projet de cartographie de réseaux écologiques de la Région wallonne.

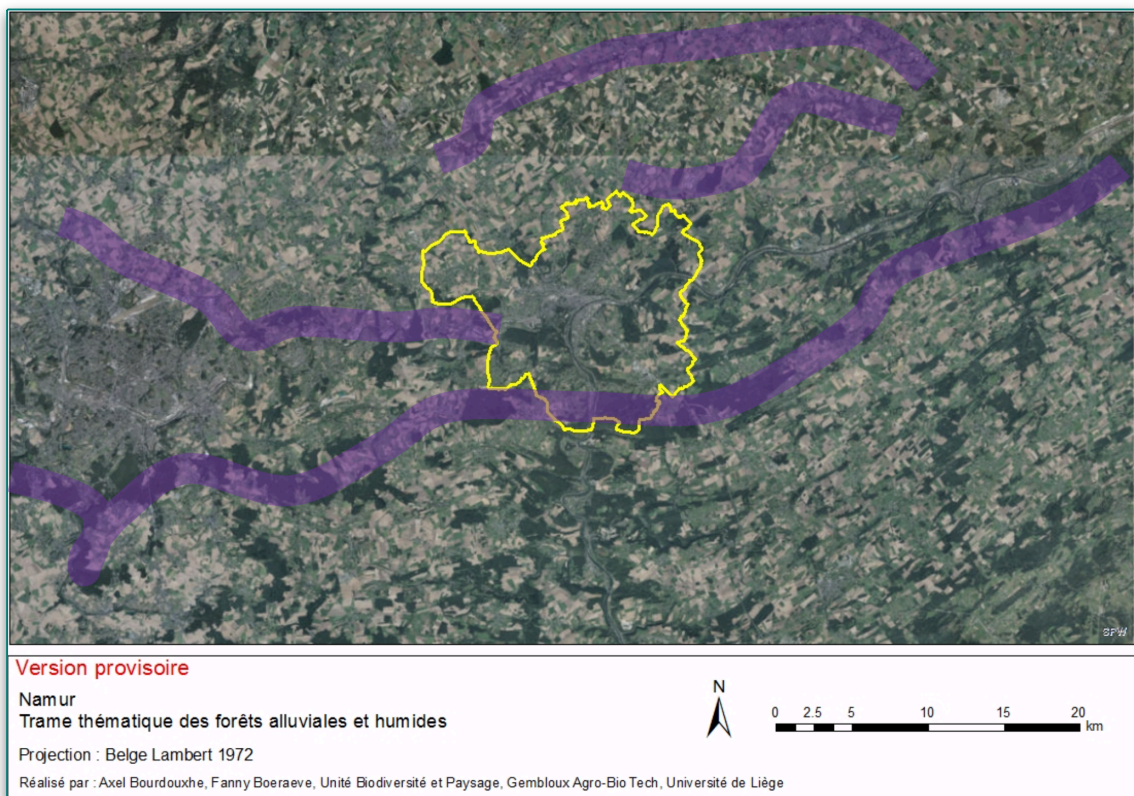


Figure 4. Cartographie de la trame thématique Forêts alluviales et humides traversant Namur créée pour le projet de cartographie de réseaux écologiques de la Région wallonne.

L'élaboration de chaque trame thématique suit cette démarche :

- (1) création des **cartes « Milieu »** de chaque trame thématique ;
- (2) détermination des **zones cœurs** :
 - depuis les zones d'intérêt recensées et les zonages réglementaires ;
 - depuis les inventaires d'espèces ;
- (3) détermination des **zones de développement** ;
- (4) détermination des **corridors** ;
- (5) détermination des **obstacles**.

Une vision globale du procédé d'élaboration est donnée à la Figure 5 et chaque étape est détaillée aux sous-points suivants.

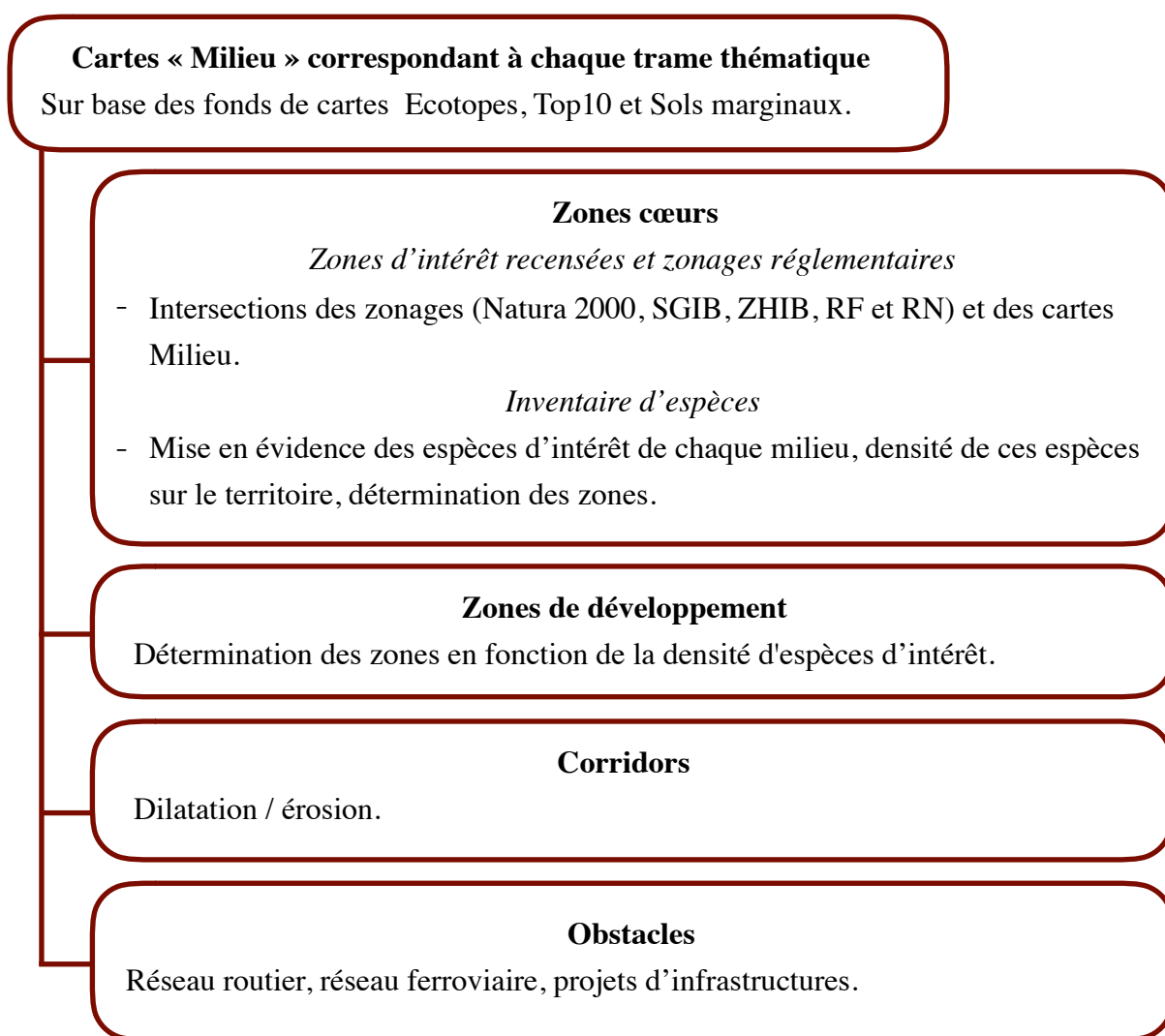


Figure 5. Schéma de la méthodologie d'élaboration des trames thématiques de Namur.

3.1. Cartes « Milieu » correspondant à chaque trame thématique

La première étape consiste en la construction des cartes « Milieu » représentant le milieu de chaque trame thématique, c'est-à-dire l'ensemble des zones dont les caractéristiques paysagères et édaphiques correspondent à chaque trame. Le travail ne s'arrête pas aux limites de la commune, mais s'étend d'un kilomètre au-delà de ces limites. Cette distance est tirée des recommandations du projet de la Région wallonne.

L'objectif étant de comparer les effets de l'exploitation de différents fonds de cartes, plusieurs cartes Milieu sont produites pour une même trame thématique. Pour ce faire, les cartes Ecotopes et Top10 sont utilisées ainsi que la carte des Sols marginaux de la plateforme Wal-ES (<http://webserver.wal-es.be/>). Ces cartes sont d'abord nettoyées des sols et des catégories de couverture terrestre impertinents à la trame thématique considérée, et ce, via un tri des caractéristiques paysagères et édaphiques. Ensuite, l'emploi d'outils QGIS permet la production des cartes Milieu.

À chaque trame thématique correspondent quatre cartes Milieu : trois cartes issues de l'exploitation d'Ecotopes et une issue de l'exploitation de Top10. Les opérations donnant lieu aux cartes « Milieu » sont détaillées aux points 3.1.1. et 3.1.2.

3.1.1. Milieu Prairies humides

Quatre cartes sont produites suites aux différentes manipulations des fonds de cartes. Un aperçu de ces opérations est fourni à la Figure 6.

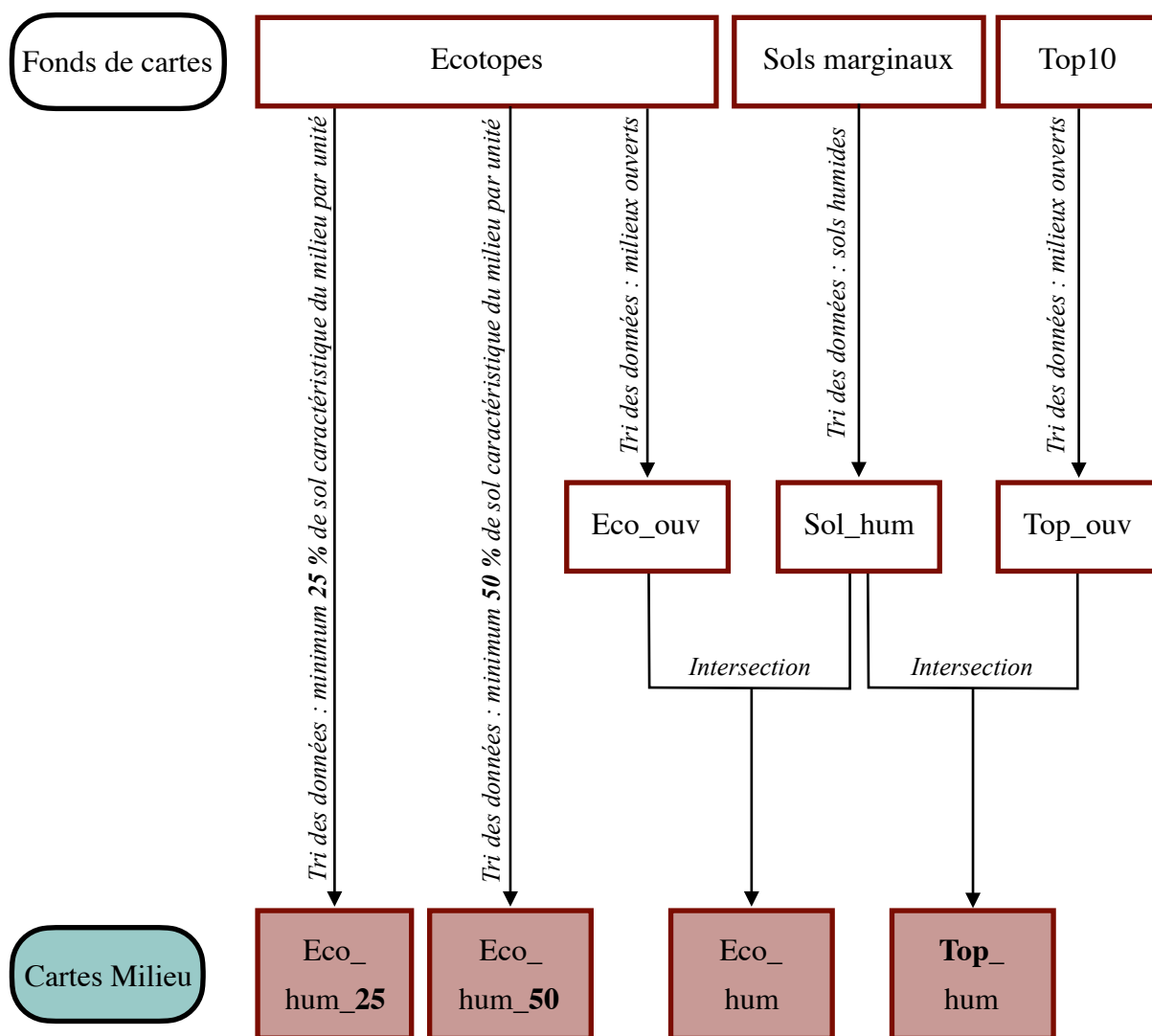


Figure 6. Schéma des étapes de construction des cartes Milieu de la trame thématique Prairies humides.

Manipulations d'Ecotopes

La première manipulation d'Ecotopes opérée dans le but de correspondre au milieu Prairies humides est décrite ci-après. Les colonnes subissant la modification sont indiquées entre parenthèses. Les unités gardées sont celles qui ont :

- minimum 25 % de couverture graminéoïde monospécifique permanente (MGramin)

ET

- minimum 25 % de sol à drainage imparfait ou mauvais (Dr_Humid) OU
- minimum 25 % de sol très humide (ou sol des tourbières) (Dr_VeryHu).

La carte résultante est appelée « Eco_hum_25 ».

La seconde manipulation d'Ecotopes est similaire à la première, la différence étant le pourcentage seuil. Les unités gardées sont ici celles qui ont :

- minimum 50 % de couverture graminéoïde monospécifique permanente (MGramin)

ET

- minimum 50 % de sol à drainage imparfait ou mauvais (Dr_Humid) OU
- minimum 50 % de sol très humide (ou sol des tourbières) (Dr_VeryHu).

La carte résultante est appelée « Eco_hum_50 ».

Intersection Ecotopes - Sols marginaux et intersection Top10 - Sols marginaux

Les couvertures de sol d'**Ecotopes** retenues afin de correspondre au milieu Prairies sont :

- 30 : couverture mixte (avec une majorité de cultures) ;
- 110 : couverture mixte herbacée et arborescente (avec majorité d'herbacées) ;
- 130 : prairies productives monospécifiques permanentes ;
- 135 : prairies et arbustaies diversifiées.

La carte résultante est appelée « Eco_ouv ».

Les types de sols retenus (typologie Wal-ES) de **Top10** correspondant au milieu Prairies sont :

- landes et fourrés ;
- prairies.

La carte résultante est appelée « Top_ouv ».

Ensuite, de la carte **Sols marginaux**, ont été gardés les sols à caractère humide :

- alluvions humides ;
- alluvions très humides ;
- sols humides ;
- sols non cartographiés d'aléa moyen ;
- sols non cartographiés d'aléa fort ;
- sols non marginaux de drainage cd ;
- sols tourbeux ;
- zones de sources.

La carte résultante est appelée « Sol_hum ».

L'intersection d'Eco_ouv et Sol_hum permet d'obtenir la carte Milieu « Eco_hum », tandis que l'intersection de Top_ouv et Sol_hum fournit la carte Milieu « Top_hum ».

3.1.2. Milieux Forêts

Quatre cartes Milieu sont également produites pour chacune des trames forestières. Un aperçu des manipulations des fonds de cartes permettant la création de ces cartes Milieu est fourni aux Figures 7 et 8.

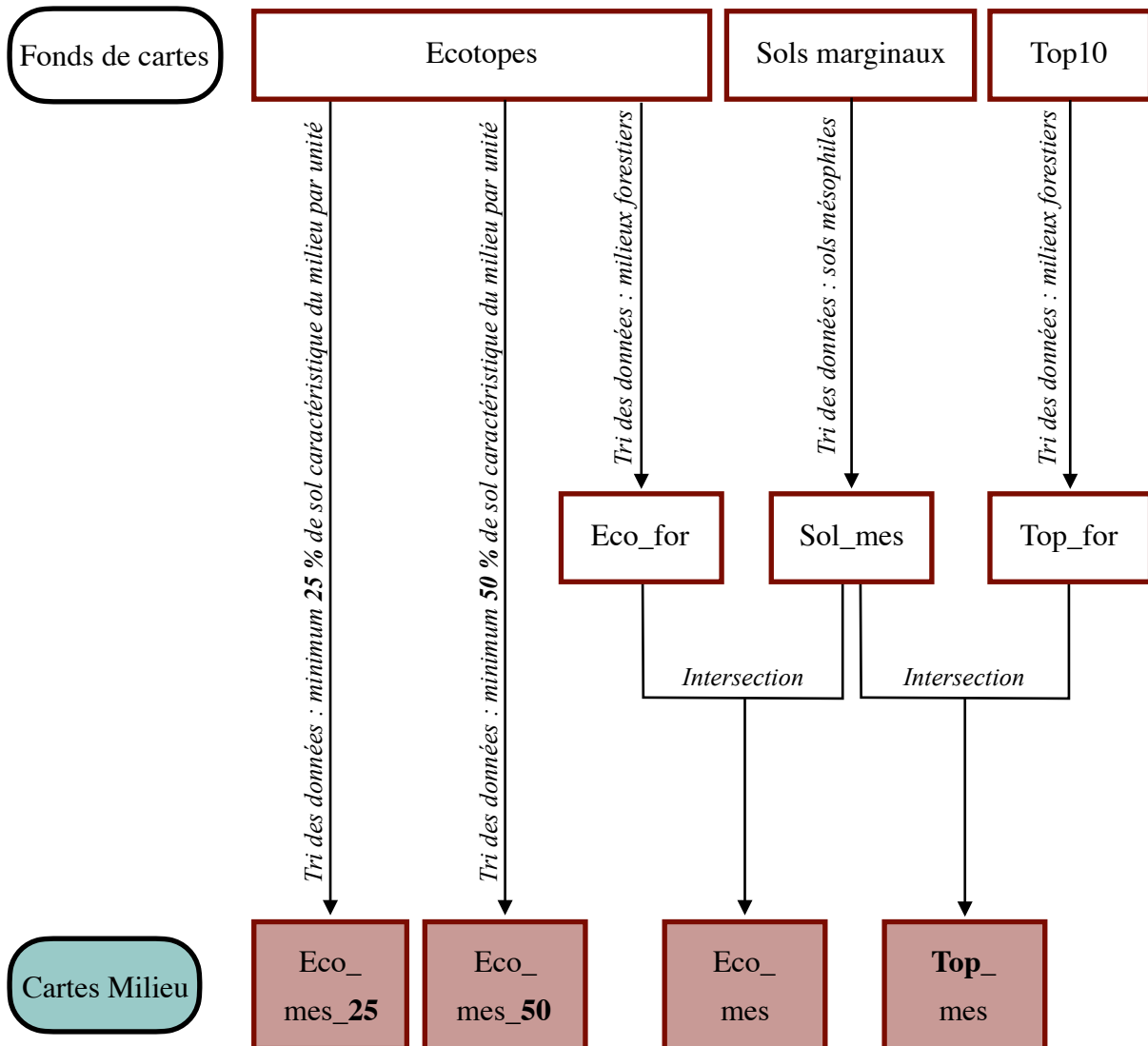


Figure 7. Schéma des étapes de construction des cartes Milieu de la trame thématique Forêts mésophiles.

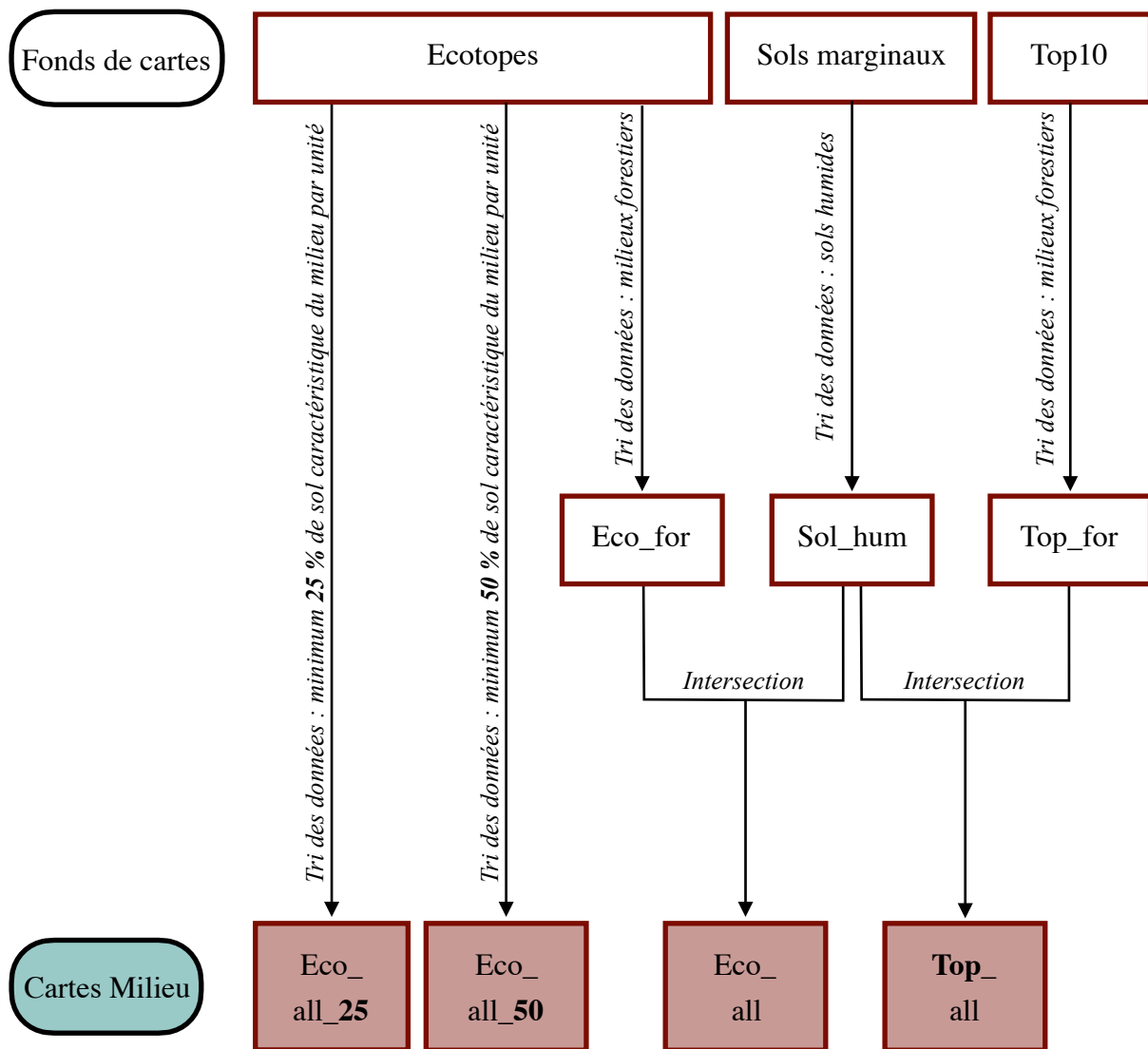


Figure 8. Schéma des étapes de construction des cartes Milieu de la trame thématique Forêts alluviales et humides.

Manipulations d'Ecotopes

Les manipulations d'Ecotopes pour le milieu Forêts mésophiles et le milieu Forêts alluviales et humides sont décrites au Tableau 1. Les unités sont choisies afin de correspondre au type de milieu concerné.

Tableau 1. *Manipulations de la carte Ecotopes pour correspondre aux milieux Forêts mésophiles et Forêts alluviales et humides et identifiants des cartes produites.*

	Forêts mésophiles	Forêts alluviales et humides
Manipulation	minimum 25 % de feuillus (angiospermes) ET minimum 25 % de sol à drainage favorable (argile ou limon) ou modéré	minimum 25 % de feuillus (angiospermes) ET minimum 25 % de sol à drainage imparfait ou mauvais OU de sol très humide (ou sol des tourbières)
Carte produite	« Eco_mes_25 »	« Eco_all_25 »
Manipulation	minimum 50 % de feuillus (angiospermes) ET minimum 50 % de sol à drainage favorable (argile ou limon) ou modéré	minimum 50 % de feuillus (angiospermes) ET minimum 50 % de sol à drainage imparfait ou mauvais OU de sol très humide (ou sol des tourbières)
Carte produite	« Eco_mes_50 »	« Eco_all_50 »

Intersection Ecotopes - Sols marginaux et intersection Top10 - Sols marginaux

Les intersections entre Ecotopes / Top10 et Sols marginaux sont détaillées au Tableau 2. Les catégories de couverture terrestre d'Ecotopes et les types de sols de Top10 ont été choisis pour correspondre au milieu Forêts. Les sols à caractère modérément humide de Sols marginaux ont été choisis pour concorder avec le milieu Forêts mésophiles tandis que les sols à caractère humide de Sols marginaux l'ont été pour concorder avec le milieu Forêts alluviales et humides. Cette catégorisation via le type de drainage sert de guide de différenciation entre les deux types de milieux forestiers.

Tableau 2. Unités et types de sols retenus d'Ecotopes, Top10 et Sols marginaux pour les trames thématiques Forêts mésophiles et Forêts alluviales et humides ainsi que les identifiants des cartes résultant de leurs intersections.

	Forêts mésophiles	Forêts alluviales et humides
Sols marginaux retenus	<ul style="list-style-type: none"> - Alluvions modérément secs et humides. - Sols non cartographiés d'aléa faible. - Sols non marginaux de drainage ab. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alluvions humides. - Alluvions très humides. - Sols humides. - Sols non cartographiés d'aléa moyen. - Sols non cartographiés d'aléa fort. - Sols non marginaux de drainage cd. - Sols tourbeux. - Zones de sources.
Unités Ecotopes	<ul style="list-style-type: none"> - 60 : forêt de feuillus à feuilles caduques. - 70 : forêt sempervirente à aiguilles. - 90 : forêt mixte. - 100 : couverture mixte herbacée et arborescente (avec majorité d'arbres). - 120 : zones récemment défrichées avec repousse de forêt, y compris les vides forestiers et les arbres de Noël. 	
Unités Top10	<ul style="list-style-type: none"> - Forêts feuillues. - Mélanges de feuillus-résineux. 	
Intersection Ecotopes et Sols marginaux	« Eco_mes »	« Eco_all »
Intersection Top10 et Sols marginaux	« Top_mes »	« Top_all »

3.1.3. Comparaison des cartes Milieu

Pour chaque trame thématique, les cartes Milieu sont comparées. Les éléments analysés sont décrits ci-dessous :

- calcul du pourcentage de recouvrement par rapport à la surface totale du territoire ;
- calcul du pourcentage de surface représentant réellement le milieu considéré. En effet, chaque unité d'Ecotopes n'est pas systématiquement composée à 100 % de la couverture terrestre qui la définit. Par exemple, l'unité appelée « sol nu » n'est pas nécessairement du sol nu à 100 % ;
- pour un des trois réseaux thématiques, sur une carte reprenant les zones qui diffèrent d'une carte Milieu à l'autre, une grille de points (2 km entre chaque point) est placée afin de choisir aléatoirement des zones à analyser plus précisément. Chaque zone touchée par un point est confrontée à l'Orthophotoplan (2018) fourni par la Région wallonne (<http://geoportail.wallonie.be/walonmap>) afin de vérifier la justesse des cartes Ecotopes et Top10.

3.2. Détermination des cœurs de biodiversité d'après les zones d'intérêt recensées et les zonages réglementaires

Les zones cœurs des trames thématiques vont en partie être désignées via les différents zonages relatifs à la biodiversité, comme expliqué dans les méthodologies françaises exploitées dans ce travail.

En Wallonie, la Loi sur la Conservation de la Nature (LCN) prévoit différents statuts de protection de sites : Réserve Naturelle (RN), Réserve Forestière (RF), Zone Humide d'Intérêt Biologique (ZHIB), Cavité Souterraine d'Intérêt Scientifique (CSIS) et site Natura 2000. Il existe aussi des recensements de zones d'intérêt tels que les Sites de Grand Intérêt Biologique (SGIB).

Ces zonages sont confrontés aux cartes Milieu et leurs intersections sont considérées zones cœurs. Chaque carte Milieu de chaque trame thématique est employée car l'objectif est l'analyse de l'effet de l'utilisation de différentes cartes de couverture de sol sur les éléments du réseau écologique.

3.3. Détermination des zones cœurs et des zones de développement d'après l'inventaire d'espèces

3.3.1. Préparation de l'inventaire

Les données sont manipulées via le langage de programmation R 3.4.3 et l'inventaire utilisé est la base de données de Natagora. Les observations antérieures à l'année 2000 sont enlevées afin de travailler avec les données les plus récentes. L'objectif est en effet de déterminer les sites de présence. Les observations de plus de 20 ans sont possiblement moins fiables, les espèces n'étant potentiellement plus présentes sur le site observé. Les doublons sont également supprimés de l'inventaire. Le résultat est appelé « Inv ».

Une deuxième étape est la suppression des observations comportant la même espèce, le même observateur, la même date et le même lieu qu'une autre observation. Lors de la détermination des zones, il s'agit en effet de localiser les sites de présence et non d'abondance. D'ailleurs, les observations sont groupées par nom d'espèces et par site. Cet inventaire est appelé « Inv_net ».

De plus sont relevées les espèces faisant partie des annexes I, IIa, IIb et III de la LCN et celles faisant partie de la liste rouge belge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) ayant un statut CR (*Critically Endangered* [en danger critique d'extinction]), EN (*Endangered* [en danger]), NT (*Near Threatened* [à la limite d'être menacé]) et VU (*Vulnerable* [vulnérable]). Ces espèces sont appelées « sensibles ». Elles sont utilisées lors du calcul de la richesse des espèces d'intérêt potentiel de chaque milieu, appelée **sensibilité biologique**.

3.3.2. Pression d'observation et richesse spécifique

Tout d'abord, sur la limite communale de Namur et un tampon d'un kilomètre, une grille de carrés de 250 m de côté et une grille de carrés de 500 m de côté sont créées : Grille1 et Grille2 respectivement. Ces grilles sont utilisées dans le but de faciliter la lecture et l'interprétation de l'information fournie par les inventaires. Cette façon de faire s'appelle le « **carroyage** » : une agrégation spatiale des données opérée via un maillage géographique qui morcèle le territoire et permet l'analyse de la répartition des données étudiées (Lajoie, 1992).

Deux tailles de mailles sont testées car elles ont une influence sur les résultats. En effet, Lajoie (1992) décrit la taille de la maille comme un élément déterminant dans l'analyse de la distribution de données sur un territoire. La perte d'informations est maximale s'il n'y a qu'une seule maille et nulle si la taille des mailles correspond à l'unité de définition de la couche étudiée.

Lajoie (1992) a recensé diverses études qui ont procédé à des carroyages sur des territoires d'échelles variées et compare les résultats. Cerema (2011) a également étudié la taille de maille. Il ressort de ces études que la taille doit être choisie en fonction de l'échelle de travail et de l'information à analyser et à conserver. Les exemples de carroyage pour des villes urbaines ont une maille qui varie de 100 m à 500 m de côté et qui dépend notamment du type de données à analyser. Namur est une ville de près de 130 km² fortement urbanisée et les analyses se font à une **échelle** de maximum **1/10.000**. Les tailles de maille choisies sont 250 et 500 m de côté.

Afin d'évaluer l'erreur potentielle causée par l'utilisation d'une seule source d'inventaires, la **pression d'observation** est évaluée. Elle est obtenue en comptant le nombre d'observations de la table « Inv » par carré de Grille1 et Grille2. Il résulte alors deux cartes de pression d'observation qui diffèrent par la taille de la maille utilisée et qui sont comparées. De plus, la **richesse spécifique** – nombre d'espèces présentes sur une surface donnée (Vanpeene-Bruhier et al., 1998) – est également évaluée via Grille1 et Grille2 et les cartes sont comparées. Les critères de comparaison sont le degré de similitude et la correspondance avec les éléments du paysage de l'Orthophotoplan à l'échelle de travail. Plus la taille de la maille est grande, plus l'information est simplifiée. L'objectif est donc de juger si, à l'échelle de Namur, concernant la pression d'observation, la richesse spécifique et la détermination d'éléments de réseau écologique, une maille de 500 m de côté est suffisante ou s'il faut réduire à 250 m.

De Grille1 et Grille2, seule celle considérée la plus pertinente à la désignation de zones cœurs et de développement est retenue pour la suite des manipulations : **Grille1**.

3.3.3. Zones cœurs

Ensuite sont exécutées les opérations destinées à désigner les zones cœurs depuis l'inventaire d'espèces. Celles-ci sont établies grâce à la sensibilité biologique. Les espèces d'intérêt qui sont potentiellement utilisables pour représenter chaque milieu sont révélées en trois étapes. D'abord, depuis l'inventaire nettoyé Inv_net, sont uniquement retenues les **espèces sensibles**, c'est-à-dire présentes dans la liste LCN ou UICN. Ensuite, pour chaque trame thématique et chaque carte Milieu, ne sont retenues que celles qui se trouvent sur la carte Milieu considérée. Enfin, l'habitat – fourni par Natagora (2018) et DGARNE (sd) – de chaque espèce d'intérêt potentiel est étudié (Annexe I). Les espèces ne correspondant pas à la trame thématique considérée sont écartées (Annexe II).

La **sensibilité biologique** de chaque trame thématique peut dès lors être analysée. À cet effet, le nombre d'espèces d'intérêt par carré de Grille1 est compté. Les zones cœurs sont définies en fonction du degré de sensibilité biologique : plus de 3 espèces par carré. Ce choix est arbitraire et n'a pas pu être appuyé par la littérature.

À nouveau, la comparaison entre toutes les cartes Milieu a lieu. À chaque trame thématique correspondent donc quatre cartes de zones cœurs déduites de la sensibilité biologique. Finalement, les zones cœurs issues des zones d'intérêts recensées et des zonages réglementaires et les zones cœurs issues de l'inventaire d'espèces sont jointes.

3.3.4. Zones de développement

Les zones de développement sont caractérisées de la même façon que les zones cœurs, c'est-à-dire en prenant les unités ayant une sensibilité biologique importante. Dans ce cas-ci, le degré de sensibilité biologique choisi, de façon arbitraire également, est plus faible que celui fixé pour les zones cœurs : de 2 à 3 espèces d'intérêt par carré. Ces zones sont ajoutées aux cartes contenant les zones cœurs. Ces cartes résultantes sont mentionnées « cartes Réseau » dans la suite du document.

Finalement, pour chaque trame thématique, les quatre **cartes Réseau**, composées des zones cœurs et des zones de développement, sont comparées. À cette fin, les zones divergeant d'une carte à l'autre sont confrontées à l'Orthophotoplan. Cela permet la désignation, pour chaque

trame thématique, de la carte Réseau la plus pertinente. Pour la suite du travail, seules ces trois cartes Réseau sont employées – une carte par trame thématique.

3.4. Détermination des corridors

Parmi les nombreuses méthodes disponibles, c'est la méthode « **dilatation / érosion** » qui est employée ici. Elle consiste en l'application de tampons positifs puis négatifs qui font apparaître les corridors potentiels.

La distance maximale de dilatation est de 100 m pour les Prairies humides et de 500 m pour les forêts (Berthoud, 2010). Idéalement, cette distance doit être fixées en fonction des capacités de dispersion des espèces cibles (Allag-Dhuisme et al., 2010b). Cependant, l'étude ne pouvant être menée pour chacune des espèces considérées et chaque zone, les distances moyennes issues de la littérature sont prises.

Les corridors sont ensuite ajustés grâce à l'Orthophotoplan et ajoutés aux cartes Réseau.

3.5. Détermination des obstacles

Les obstacles varient d'une trame thématique à l'autre et d'une espèce à l'autre. Ici, ils sont classés en fonction des trames thématiques. Les obstacles à perméabilité faible fixés par Région Rhône-Alpes (2010) sont utilisés ici :

- route avec trafic de plus de 5000 véhicules par jour ;
- voie ferrée avec ligne électrifiée à forte fréquence journalière (plus de 20 trains par jour) ;
- projet d'infrastructure en cours de réalisation à trafic supposé fort.

La carte des **voiries** fournie par la Ville de Namur (<https://carto.ville.namur.be/opendata>) est superposée aux cartes Zones. Les autoroutes et nationales sont considérées comme des obstacles à perméabilité faible car ayant un trafic de plus de 5000 véhicules par jour (ICEDD, 2008 ; Transitec, 2006). Elles font d'ailleurs partie du **réseau structurant** qui est « *l'ensemble des autoroutes, des axes qui appartiennent au réseau transeuropéen (RTE), des axes possédant un numéro « E » et des routes régionales « stratégiques » pour la mobilité intra régionale* » (Di Antonio, 2010).

La carte du **réseau ferroviaire** fournie par la Ville de Namur (<https://carto.ville.namur.be/opendata>) est superposée aux cartes Réseau. Le réseau ferroviaire est ici considéré à forte fréquence journalière étant donné l'importance de la ville (Tritel, 2012a ; Tritel, 2012b ; SNCB, 2019).

Enfin, les **projets d'infrastructure** pour 2019-2024 sur la commune de Namur sont donnés par le Plan Mobilité et Infrastructures (SPW, 2019b). Sont considérés obstacles les projets pouvant être qualifiés de réhabilitations superficielles ou lourdes. Les **réhabilitations superficielles** sont les « *entretiens préventifs (enduisage ou raclage/pose en une ou deux couches) qui prolongent la durée de vie des voiries en retardant la réhabilitation lourde et en empêchant les couches inférieures de se dégrader* » (SOFICO, sd) et les **réhabilitations lourdes** sont celles qui « *renforcent ou remplacent une partie ou l'ensemble du coffre de la chaussée, c'est-à-dire ses couches les plus profondes* » (SOFICO, sd).

L'ensemble de ces obstacles est ajouté aux cartes Réseau. Les zones coeurs, zones de développement et corridors sont alors ajustés.

3.6. Formation du réseau écologique

Les trois cartes Réseau sont assemblées et forment le réseau écologique. Lorsqu'il y a « conflit », par exemple quand une zone est en même temps cœur et développement, c'est le statut le plus fort qui est gardé. La carte résultante est appelée « RE ».

V. Résultats

1. Cartes Milieu

Les douze cartes Milieu ont été comparées. Le Tableau 3 indique les résultats des deux premières analyses :

- le calcul du pourcentage de recouvrement par rapport à la surface totale du territoire ;
- le calcul du pourcentage de surface représentant réellement le milieu considéré (voir 3.1.3. de la Méthodologie).

Tableau 3. *Sur la ville de Namur et son tampon d'un kilomètre : pourcentage du territoire qu'occupent les unités des cartes Ecotopes et Top10 qui correspondent à chaque milieu des trames thématiques et pourcentage des milieux réellement représentés (car les unités des cartes Ecotopes sont hétérogènes).*

Trame thématique	Carte Milieu	Pourcentage de recouvrement du territoire par les unités de la couche	Pourcentage du milieu correspondant réellement à la trame thématique	Pourcentage de recouvrement réel
Prairies humides	Eco_hum	6,7	85,1	5,7
	Eco_hum_25	12,5	68,0	8,5
	Eco_hum_50	7,0	84,3	5,9
	Top_hum	6,6		6,6
Forêts mésophiles	Eco_mes	12,7	77,2	9,8
	Eco_mes_25	26	73,1	19,0
	Eco_mes_50	17,8	84,8	15,1
	Top_mes	8,3		8,3
Forêts alluviales et humides	Eco_all	8,4	69,0	5,8
	Eco_all_25	12,3	65,0	8,0
	Eco_all_50	6,1	80,3	4,9
	Top_all	5,0		5,0

Pour chaque réseau thématique, les cartes qui couvrent un maximum de terrain sont celles issues des manipulations écotopes consistant à prendre les zones ayant au moins 25 % de caractéristiques édaphiques et paysagères correspondant au milieu considéré. Ce sont également ces cartes qui possèdent le pourcentage de milieu réellement représentatif le plus faible, mais qui finalement recouvrent le plus de territoire avec ce milieu réellement représentatif.

Les cartes issues des intersections (Eco_xxx et Top_xxx) varient légèrement à l'échelle du territoire recouvert : entre 0,8 % et 1,5 %. Cependant, c'est une variation de 13 à 23 % à l'échelle des cartes elles-mêmes.

Il n'y a pas d'autre tendance qui se dessine. En effet, les relations entre chaque carte milieu d'une même trame thématique, au niveau du pourcentage de recouvrement, diffèrent d'une trame à l'autre.

Ensuite, la dernière analyse comparative est, pour un des trois réseaux thématiques et sur une carte reprenant les zones qui diffèrent d'une carte Milieu à l'autre, de placer une grille de points afin de choisir aléatoirement des zones à analyser plus précisément. Chaque zone touchée par un point est alors confrontée à l'Orthophotoplan afin de vérifier la justesse des cartes Ecotopes et Top10 (voir 3.1.3 de la Méthodologie). La carte des différences est présentée à la Figure 9.

L'Orthophotoplan permet de caractériser les différences de surfaces entre les cartes. Il est révélé que chaque carte comporte des habitations, des cultures et des prairies que les autres cartes n'ont pas prises en compte. Aussi, les différences plus fines sont des variations de périmètre représentant une même zone. Les différences sont donc dues aux variables choisies pour la trame thématique, à la catégorisation du sol parfois divergente d'une carte à l'autre et à la forme des polygones composant ces cartes.

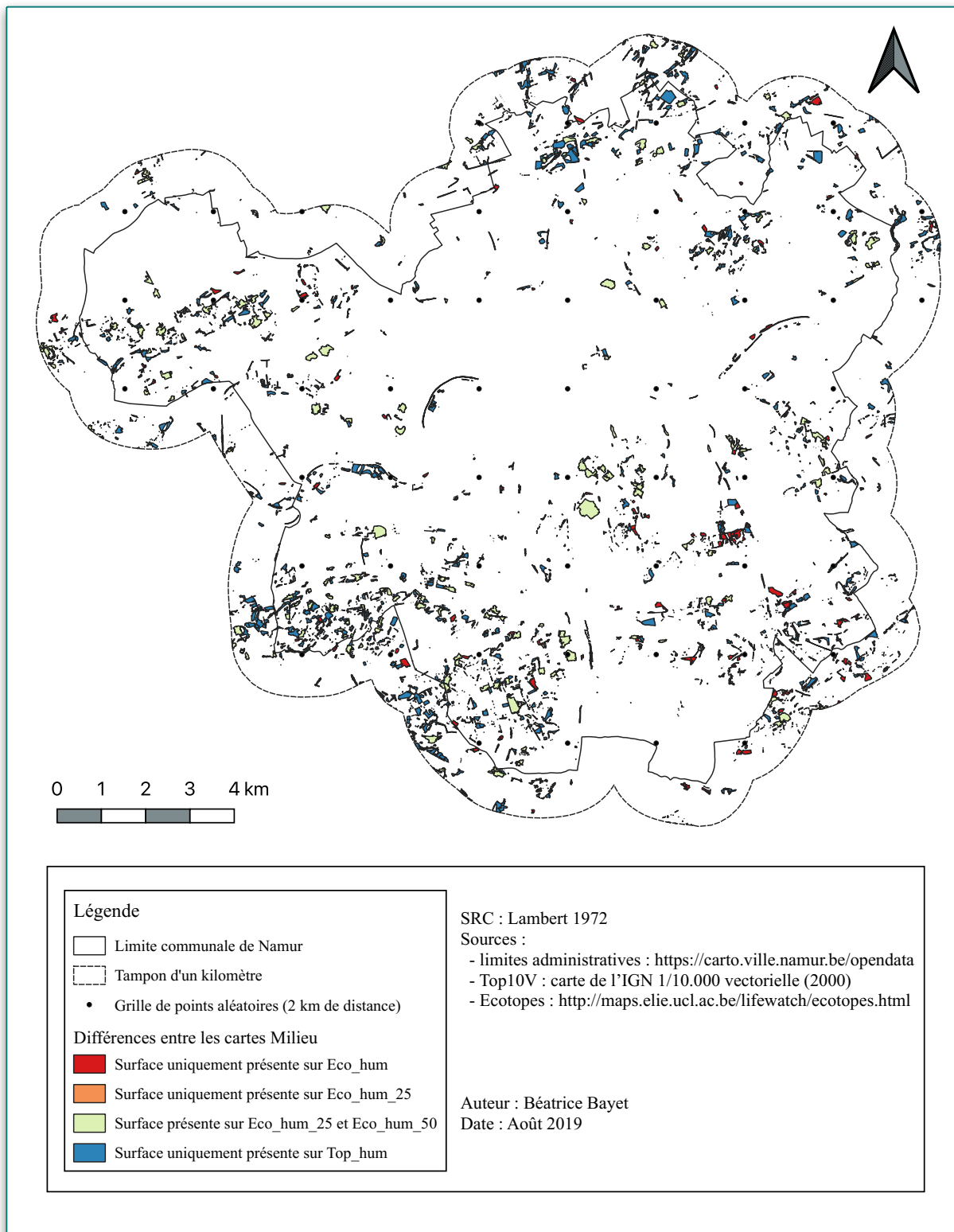


Figure 9. Cartographie des différences de surfaces entre les quatre cartes Milieu de la trame thématique Prairies humides.

2. Pression d'observation et richesse spécifique

Les quatre cartes de pression d'observation et de richesse spécifique issues des carroyages sont présentées aux Figures 10, 11, 12 et 13. Les deux cartes de pression d'observation n'ont bien entendu pas le même pourcentage de recouvrement : 63 % via les mailles de 250 m de côté et 88 % via celles de 500 m. Cependant, elles ont des distributions très similaires (Figures 10 et 12). Il en est de même pour la richesse spécifique, le pourcentage de recouvrement est de 62 % via les mailles de 250 m et 87 % via les mailles de 500 m, mais la distribution est similaire d'une carte à l'autre (Figures 11 et 13). Aussi, bien que le territoire soit observé à 63 % selon le carroyage le plus fin, il est à noter que ces 63 % sont à 82 % composés de moins de 20 observations par carré de 6,25 ha (320 observations / km²) sur 20 ans.

En conclusion, la précision du carroyage le plus fin n'est pas nécessaire en ce qui concerne la distribution de pression d'observation ou de richesse spécifique sur une commune telle que Namur. Pour la détermination des éléments du réseau écologique, cependant, le carroyage le plus fin est nécessaire car l'échelle de travail est de maximum 1/10.000. La diminution de précision de la localisation des espèces qu'engendrent les mailles de 500 m de côté est dans ce cas trop forte.

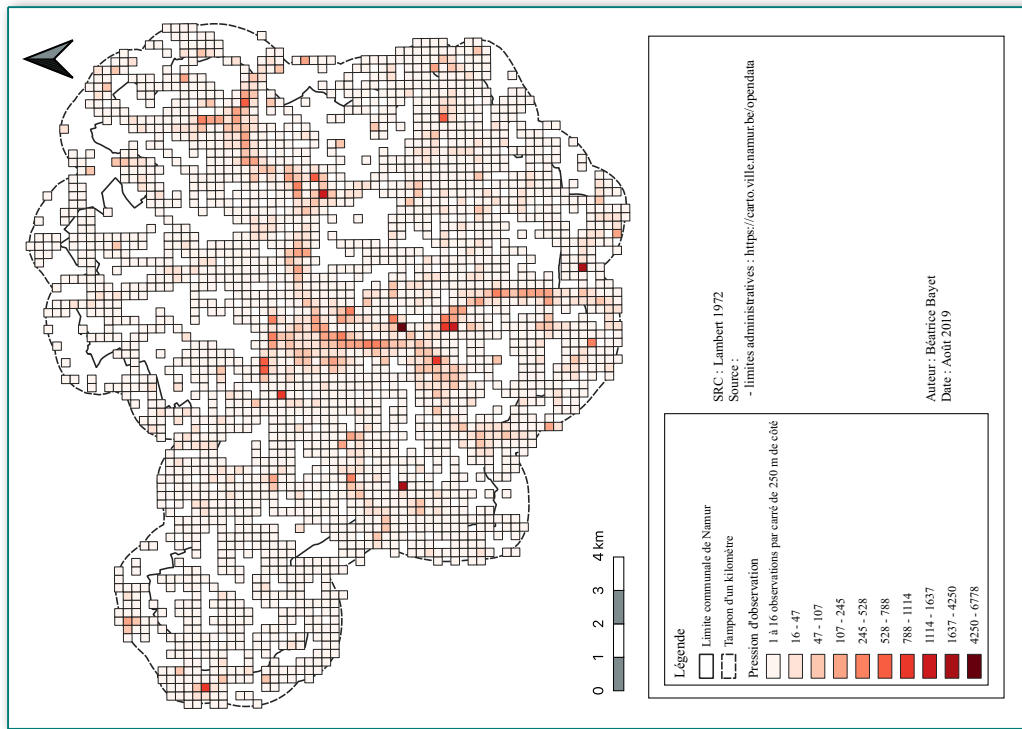


Figure 10. Par carré de 250 m de côté, nombre d'observations de Natagora depuis 2000 sur la commune de Namur et un tampon de d'un kilomètre.

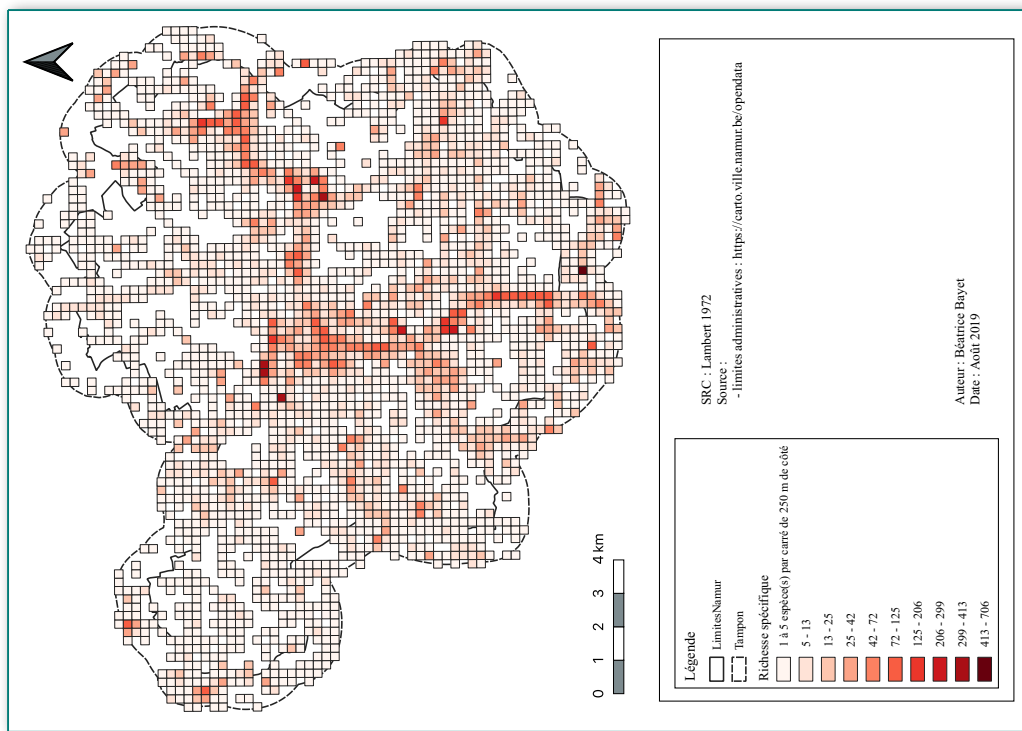


Figure 11. Par carré de 250 m de côté, nombre d'espèces relevées par Natagora depuis 2000 sur la commune de Namur et un tampon de d'un kilomètre.

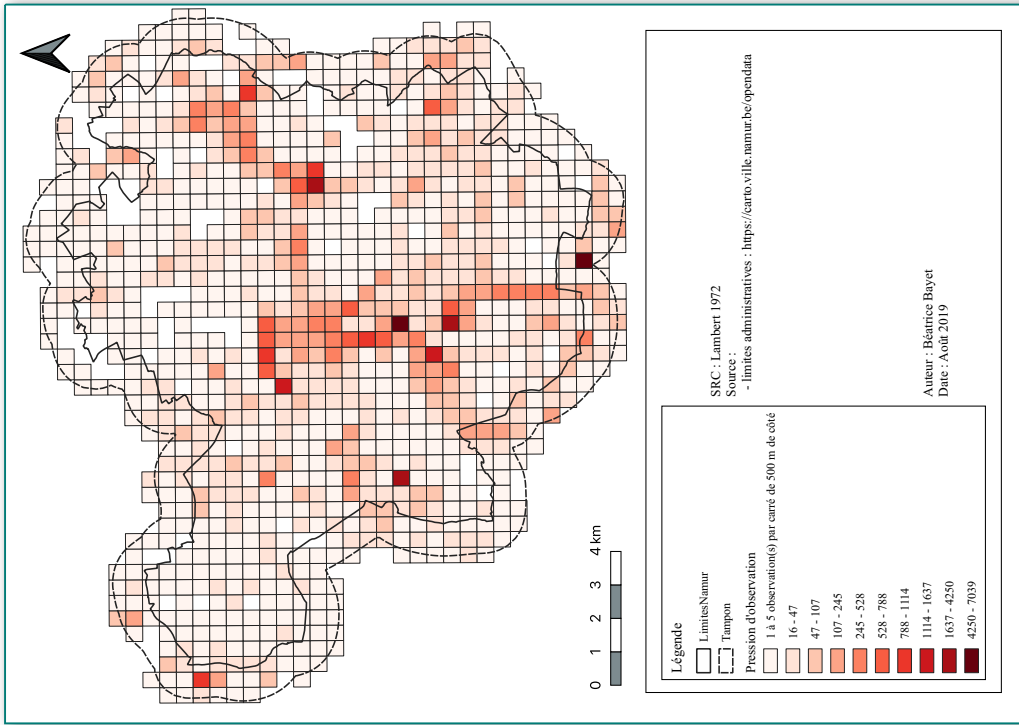


Figure 12. Par carré de 500 m de côté, nombre d'observations de Natagora depuis 2000 sur la commune de Namur et un tampon de d'un kilomètre.

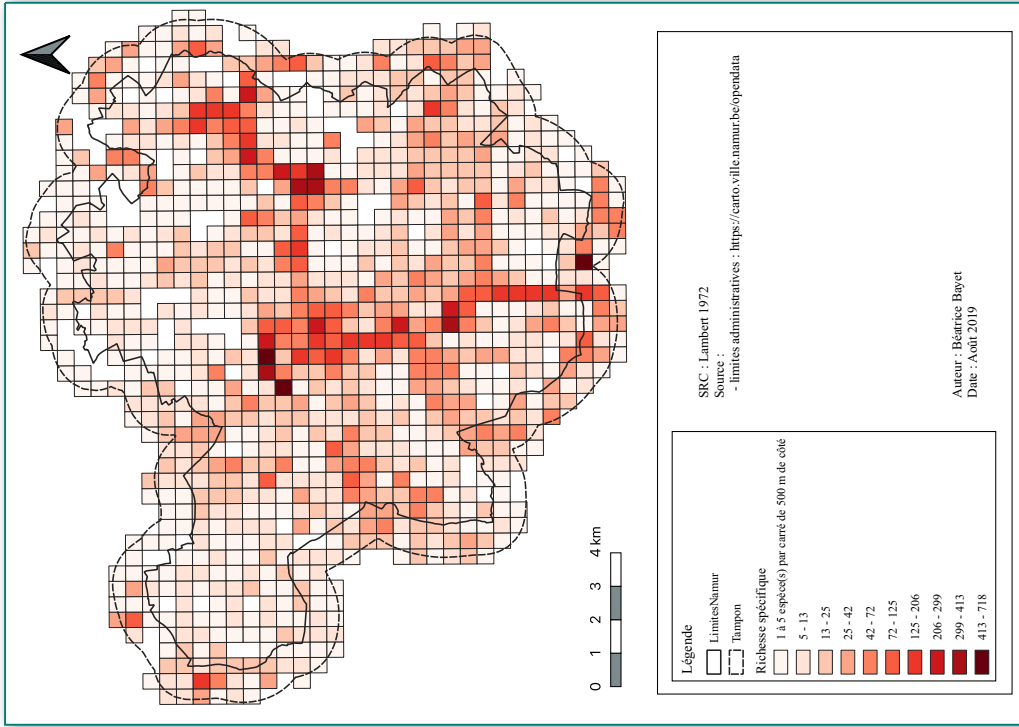


Figure 13. Par carré de 500 m de côté, nombre d'espèces relevées par Natagora depuis 2000 sur la commune de Namur et un tampon de d'un kilomètre.

3. Zones cœurs et zones de développement

Pour chaque carte Milieu de chaque trame thématique, une carte composée des zones cœurs et des zones de développement est créée et appelée carte Réseau. Les quatre cartes Réseau de chaque trame sont comparées et la plus pertinente est choisie pour la suite des opérations (voir 3.3.3. et 3.3.4. de la Méthodologie). Les opérations consistent en l'ajout des corridors et des obstacles (voir 3.4. et 3.5. de la Méthodologie). Ci-après sont présentés les résultats des comparaisons trame par trame, avant l'ajout des corridors et obstacles.

3.1. Prairies humides

Les surfaces uniques à chacune des cartes Réseau ont été analysées. Il y a des différences qui sont dues aux variations du tracé des limites zonales. Concernant ce type de différences, aucune carte ne se démarque par la précision de ses tracés, toutes contiennent des erreurs.

Il y a moins de surfaces uniques à la carte Réseau issue de Top10 que de surfaces uniques à chacune des autres cartes et certaines de ces surfaces sont des zones d'habitations. Cette carte est écartée. En effet, il est préférable d'avoir une carte comportant quelques zones inadéquates et de les écarter une fois sur le terrain plutôt que d'avoir une carte incomplète qui empêche la prise en compte de zones potentiellement pertinentes.

L'analyse des surfaces uniques à la carte issue de Eco_hum_25 et uniques à la carte issue de Eco_hum_50 permet de constater que cette dernière comporte moins de zones d'habitations. Celle-ci est donc gardée.

Enfin, la comparaison entre la carte issue d'Eco_hum et celle issue d'Eco_hum_50 révèle que les deux cartes sont similaires. Leurs différences sont des zones d'habitations, des prairies et des cultures comprises dans l'une et pas dans l'autre et *vice versa*. Il a été décidé de privilégier la carte comportant le plus de zones cœurs et de zones de développement issues de l'analyse de la sensibilité biologique : celle issue de Eco_hum_50.

3.2. Forêts mésophiles

De même que pour les Prairies humides, les surfaces uniques à chaque carte Réseau sont analysées. Une partie de ces surfaces divergentes est également due aux variations du tracé des limites zonales et aucune carte ne se démarque quant à la justesse du tracé.

Il n'y a pas de surfaces propres à la carte Réseau issue de Top10. Cette carte Réseau couvre de plus moins de territoire que les autres cartes. Elle est écartée pour les mêmes raisons que la carte Réseau des Prairies humides.

Ensuite, la carte Réseau issue de Eco_mes contient peu de zones différant de la carte Réseau issue de Eco_mes_50 et couvre moins de zones forestières. Elle est donc écartée.

Enfin, les cartes Réseau issues de Eco_hum_25 et Eco_hum_50 sont comparées. La première contient un plus grand nombre de zones d'habitat et de prairies, mais également plus de zones forestières. Bien qu'il y a un risque quant à l'adéquation de ces zones forestières avec la trame thématique Forêts mésophiles, c'est la carte issue de Eco_hum_25 qui est gardée, c'est-à-dire celle contenant le plus de zones forestières.

3.3. Forêts alluviales et humides

Le même procédé est appliqué pour la trame thématique des Forêts alluviales et humides : les surfaces uniques à chaque carte Réseau sont analysées. La carte Réseau issue de Top10 ne contient pas de zones différant des autres cartes et couvre moins de territoire. Elle est écartée pour les mêmes raisons que celles citées précédemment.

Ensuite, concernant les cartes issues de Eco_all_25 et Eco_all_50, la première contient des parcelles, des cultures, des forêts, mais également de nombreuses zones d'habitations. La carte issue de Eco_all_50 est donc préférée. Cependant, elle couvre moins de forêts que celle issue de Eco_all. Cette dernière est donc choisie.

4. Trames thématiques et réseau écologique

Les corridors et obstacles ont été ajoutés aux trois cartes représentant les trois trames thématiques. Les trames résultantes sont visibles aux Figures 14, 15 et 16. La somme de ces trames forme le réseau écologique présenté à la Figure 17.

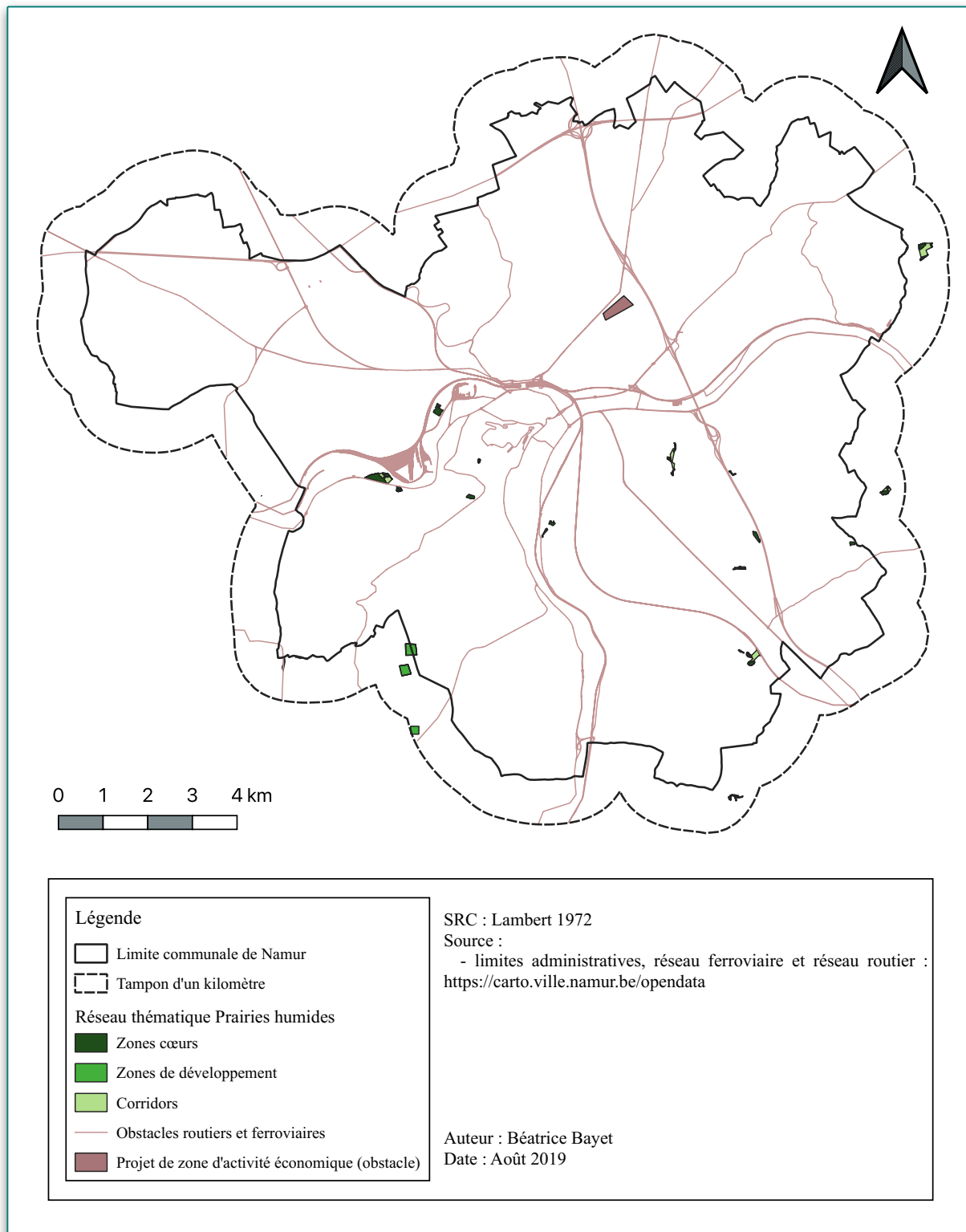


Figure 14. Trame thématique Prairies humides de la ville de Namur.

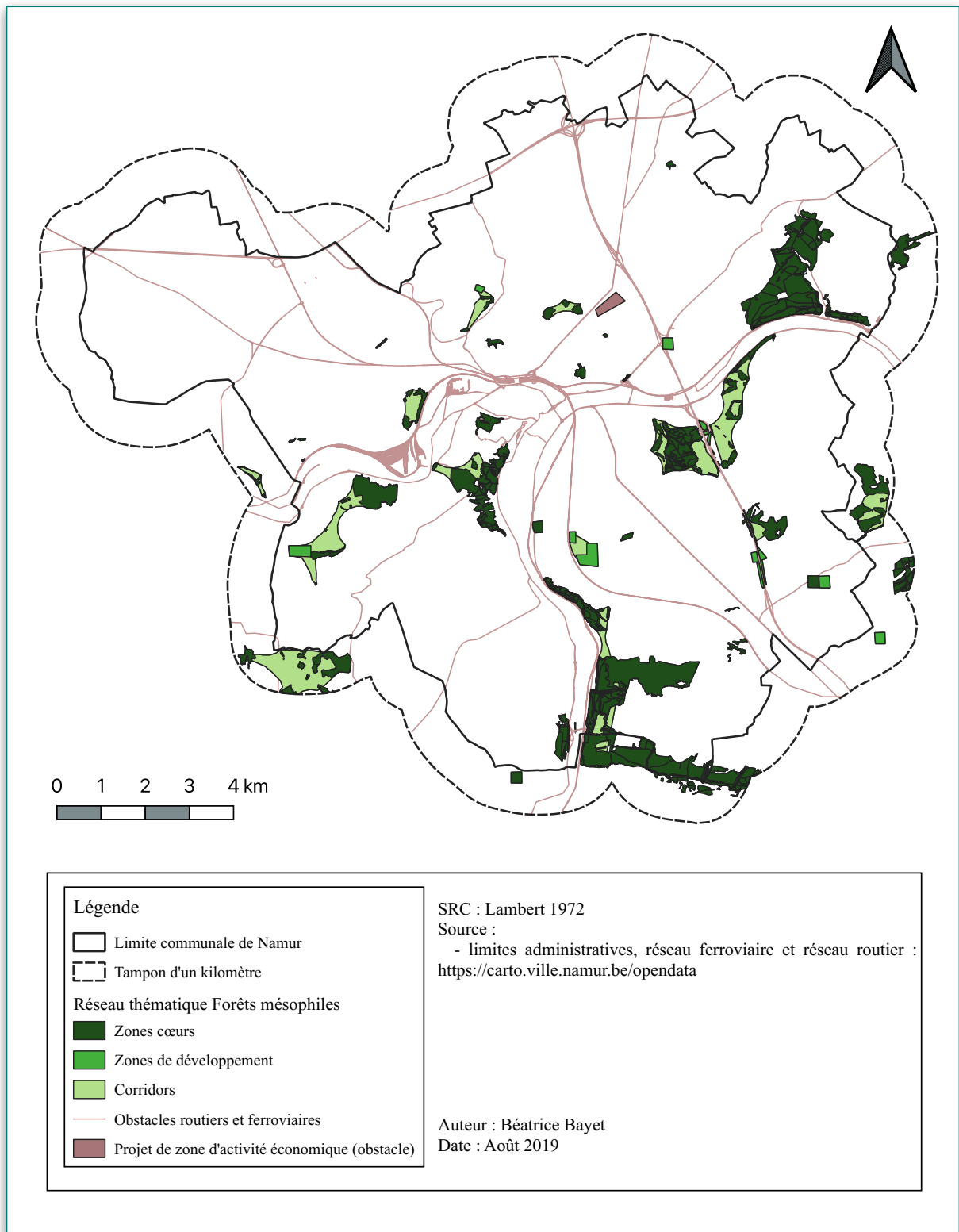


Figure 15. Trame thématique Forêts mésophiles de la ville de Namur.

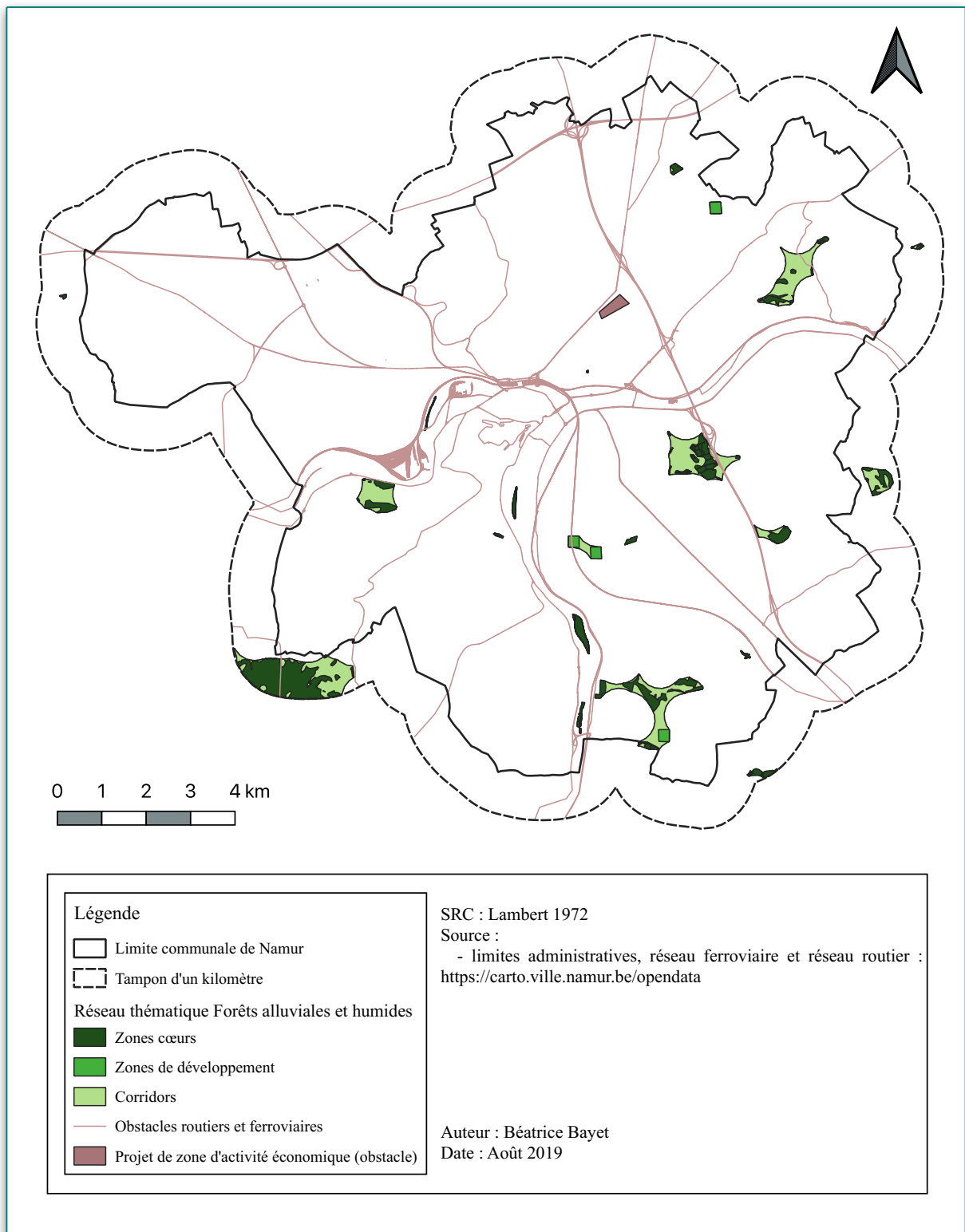
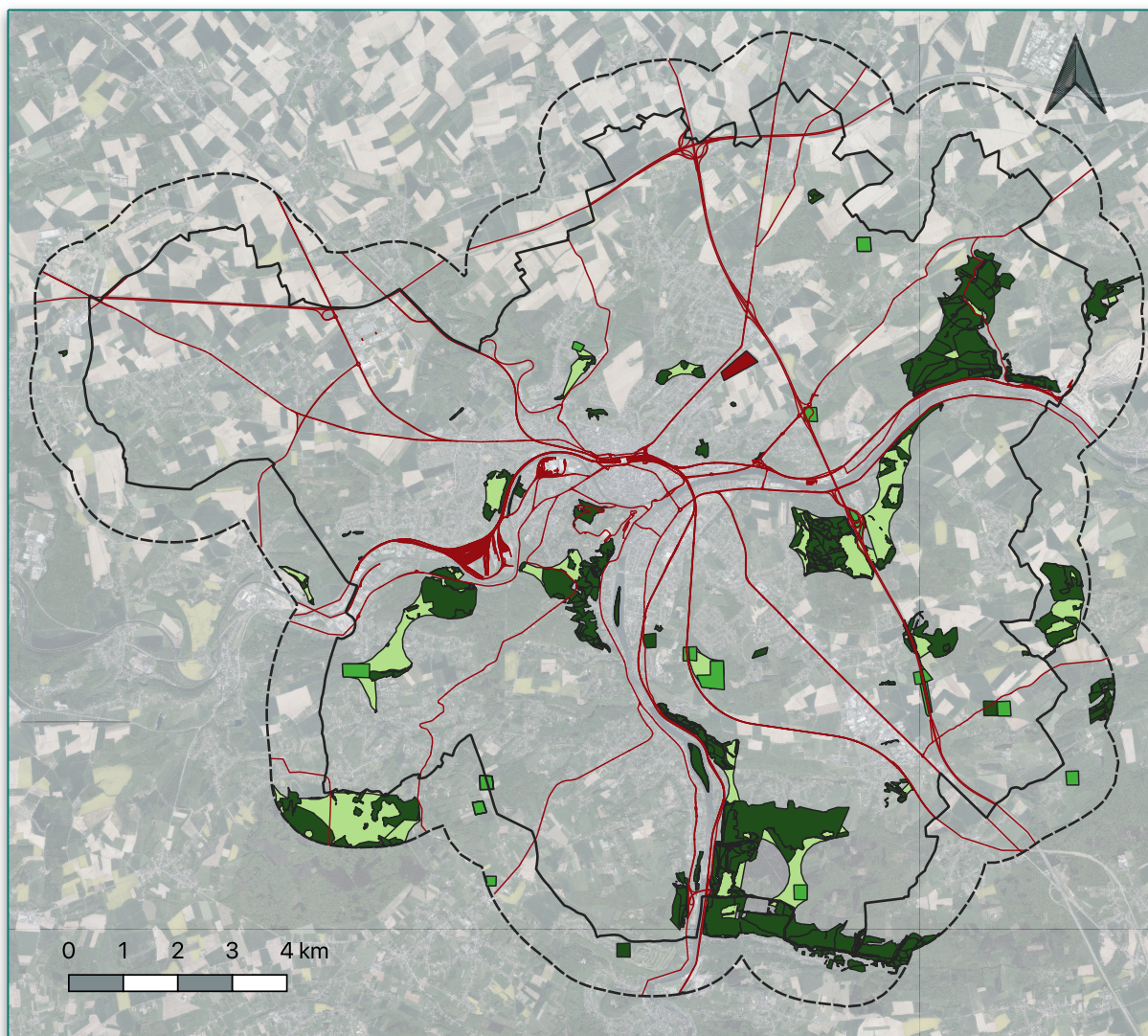


Figure 16. Trame thématique Forêts alluviales et humides de la ville de Namur.



Légende	
	Limite communale de Namur
	Tampon d'un kilomètre
Réseau écologique	
	Zones cœurs
	Zones de développement
	Corridors
	Obstacles routiers et ferroviaires
	Projet de zone d'activité économique (obstacle)

SRC : Lambert 1972
 Source :
 - limites administratives, réseau ferroviaire et réseau routier : <https://carto.ville.namur.be/opendata>
 - orthophotoplan (2018) : <https://geoportail.wallonie.be/walonmap>

Auteur : Béatrice Bayet
 Date : Août 2019

Figure 17. Réseau écologique de la ville de Namur.

VI. Discussion

1. Cartes Milieu

1.1. Pourcentages de recouvrement

La variabilité des différences de surface entre les trames thématiques ne dégage aucune tendance. Ceci pourrait signifier que l'exactitude de la définition du sol n'est pas constante au sein d'une carte.

Ensuite, en ce qui concerne la carte Ecotopes, les pourcentages de surface représentant réellement les milieux ne sont pas maximaux. Cela signifie que la plus petite unité de la carte, l'unité écotope, définie par l'occupation du sol, n'est pas aussi juste qu'elle pourrait l'être. Or, les variables non utilisées contiennent l'information qui pourrait corriger les erreurs. Cette information ne peut malheureusement pas être utilisée pour affiner les unités écotopes, étant donnée qu'elle n'est pas géolocalisée – seule l'unité écotope l'est. Cependant, cette information pourrait être prise en compte lors de présentation de résultats, mais cela pourrait complexifier la carte et en diminuer la lisibilité.

1.2. Justesse des cartes Milieu par rapport à l'Orthophotoplan

Comme le démontrent les cartes Eco_XXX_25 et Eco_XXX_50, la manipulation des différentes variables d'Ecotopes, autres que la variable « occupation du sol » qui définit l'unité écotope, permet de mettre en valeur des zones qui correspondent à une occupation du sol et que la variable « occupation du sol » n'a pas prises en compte. La question est de savoir alors si cela est bénéfique et quel seuil doit être employé. Les cartes Eco_XXX_25 sont les moins strictes en ce qui concerne le choix de zones représentatives d'un milieu, mais il n'a pas été possible de déterminer si elles sont les plus justes. Une analyse de cartes utilisant d'autres seuils tels que 75 % ou 100 % du milieu pourrait permettre d'interpréter davantage l'effet des seuils et de peut-être évaluer quel seuil correspond le mieux à la variable « occupation du sol ».

Les analyses des différences de surfaces des quatre cartes Milieu de la trame thématique Prairies humides n'ont pas permis de dégager une carte qui serait la plus représentative du milieu. L'analyse de davantage de zones pourrait donner d'autres résultats. Aussi, une analyse similaire appliquée aux trames forestières pourrait donner d'autres résultats. Si une carte venait à se démarquer, cela pourrait signifier que les forêts sont moins complexes à catégoriser ou que leurs limites sont plus visibles ou encore que leurs formes sont plus simples, ce qui mènerait à une meilleure identification, à moins d'erreurs et donc à une analyse des différences entre cartes plus pertinente.

1.3. Top10 vs Ecotopes

La carte Top10 date de 2000 tandis que la carte Ecotopes date de 2015. Les sols étant fréquemment modifiés, une telle différence entre des cartes décrivant l'occupation du sol doit être prise en compte lors des analyses. Cependant, il n'a pas été possible de faire des analyses pour établir si certaines des erreurs de Top10 étaient dues à l'âge de la carte ou non.

Aussi, les différences entre les cartes Milieu issues de Top10 et d'Ecotopes peuvent être causées par le choix des catégories édaphiques, étant donné que ces deux cartes n'utilisent pas le même référentiel de description des sols. Le choix des catégories pour les deux cartes a été fait en ayant pour objectif de faire correspondre ces catégories entre elles, cependant la possibilité existe qu'elles ne correspondent pas parfaitement et qu'elles causent alors des différences dans la sélection des zones représentatives du milieu considéré.

1.4. Choix des variables représentatives des milieux

Pour chaque carte, des choix ont été faits. Certains ont été guidés par ceux du Projet de la Région wallonne, d'autres ont été faits parce qu'ils semblaient les plus adéquats. Il aurait été judicieux de faire de plus amples recherches sur chaque type de milieu et chaque composante afin de faire ces choix le plus objectivement possible. Malheureusement le temps a manqué. Toutefois, si les choix sont faits suite à des recherches sur les caractéristiques de chaque milieu, la possibilité subsiste qu'ils soient différents d'une personne à l'autre.

2. Inventaire

Un seul inventaire a été utilisé dans ce travail, c'est-à-dire une seule source d'information sur la répartition des espèces. Or, il en existe d'autres telles que les inventaires de l'Observatoire de la Faune, de la Flore et des Habitats (OFFH). Malheureusement, leur accès est souvent rendu difficile, ce qui a pour directe conséquence de complexifier tout travail dépendant d'inventaires.

Les données fournies par l'inventaire n'ont pas été utilisées dans leur entièreté : celles antérieures à 2000 ont été enlevées. Dans la littérature, il n'est pas mentionné à partir de combien d'années un inventaire est considéré obsolète lorsqu'il s'agit d'évaluer la richesse spécifique. Il est tout de même pensable que la fiabilité de l'inventaire diminue avec les années, étant donné que les milieux évoluent et avec eux la répartition des espèces. C'est pourquoi, comme l'a fait le Conseil régional Pays de la Loire (2012), seules les données des vingt dernières années ont été retenues. La question est de savoir si, dans le contexte d'une ville importante telle que Namur, garder vingt années de l'inventaire est nécessaire et, dans ce cas, s'il faut écarter davantage ou moins de données.

Les espèces sensibles ont été choisies en fonction des annexes de la LCN et de la liste de l'UICN. Le choix de ces deux paramètres est arbitraire, de même que celui des annexes et catégories prises en compte. Une variabilité est donc possible d'une personne à l'autre concernant la définition des espèces sensibles.

3. Pression d'observation et richesse spécifique

La pression d'observation devrait être comparée à celle de communes semblables pour pouvoir interpréter le pourcentage de recouvrement. La littérature ne donnant pas d'information, il faudrait obtenir les données d'inventaires d'autres communes et en calculer le pourcentage de recouvrement de la même façon que pour Namur.

La pression d'observation suit fortement le tracé des routes. Cette hétérogénéité peut avoir un impact conséquent sur la richesse spécifique. En effet, plus un lieu est observé, plus les chances sont grandes de repérer les espèces occupant ce lieu. Ici, la pression d'observation est

d'une telle hétérogénéité qu'elle affecte visiblement la richesse spécifique et peut donc fausser les données.

Enfin, la majorité du territoire est recensée par moins de 320 observations / km² sur une période de 19 ans. De par le manque de références dans la littérature, il est difficile d'interpréter cette pression d'observation comme étant plutôt faible, plutôt forte ou dans la moyenne.

4. Carroyage

La taille de maille, dont le poids sur les résultats a été discuté dans la Méthodologie (3.3.2), n'est pas l'unique inconvénient. Lajoie (1992) en cite deux de plus : la position de la grille sur le territoire étudié et son utilisation-même pour des analyses géographiques de phénomènes précis.

La position de la grille a une influence directe sur les résultats : le nombre de mailles vides varie ainsi que le nombre de données par maille (Lajoie, 1992). Ceci implique que la distribution des données sur le territoire étudié varie également.

L'utilisation-même d'une grille pose parfois question car elle simplifie les positions des données dont la précision géographique est en fait importante (Lajoie, 1992). Dans ce travail, la grille est adéquate pour observer la pression d'observation, la richesse spécifique et la sensibilité biologique. Cette dernière permet de désigner les zones cœurs et de développement. Cependant, leurs périmètres correspondent aux mailles et dépendent des positions de celles-ci. Afin d'ajuster ces périmètres, les zones doivent alors être confrontées à l'Orthophotoplan et la position de espèces sensibles doit être affichée à nouveau. Ceci illustre donc le problème de la simplification géographique.

5. Zones cœurs et zones de développement

Le choix d'écarter les espèces sensibles absentes des cartes Milieu permet de réduire drastiquement la charge de travail due à la recherche des habitats de chaque espèce. Pour rappel, la méthode employée dans ce travail consiste à utiliser les milieux comme base de

travail et non la présence d'espèces. Néanmoins, cette méthode pourrait causer la perte d'espèces représentatives de chaque milieu, également importantes dans la détermination des éléments du réseau écologique. Aussi, les espèces présentes sur les cartes Milieu ne sont pas forcément d'intérêt par rapport au milieu considéré car elles n'étaient peut-être que de passage lorsqu'elles ont été observées.

Les zones cœurs et les zones de développement ont donc été choisies en fonction d'espèces sensibles – protégées ou en danger. Cependant, pour ne pas tomber dans le piège de la dévalorisation de la biodiversité ordinaire, des zones rassemblant un grand nombre d'individus – et non d'espèces – pourraient être désignées. Il faudrait dès lors que la pression d'observation soit plus homogène sur le territoire, ce qui serait possible grâce à des inventaires additionnels.

6. Corridors

La méthode de dilatation / érosion nécessite une vérification visuelle de chacun des corridors créés, étant donné que ceux-ci ne sont établis ni en fonction de l'occupation du sol, ni en fonction de l'affectation, mais plutôt en fonction des distances entre les zones cœurs et les zones de développement.

Il existe de nombreux programmes et outils spécialement conçus pour la modélisation spatiale de corridors : <http://conservationcorridor.org/corridor-toolbox/programs-and-tools/>, <http://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/corridor.htm>, <http://corridordesign.org/downloads>, etc. La méthode de dilatation / érosion paraissant moins rigoureuse, il serait pertinent de la comparer à d'autres méthodes.

7. Obstacles

Le nombre d'obstacles choisis et le poids qui leur est attribué ont un impact sur la structure du réseau écologique. Des obstacles non compris dans le document de référence auraient pu être ajoutés tels que les éoliennes ou les zones de lumière intense.

Aussi, les routes ont été considérées ici comme étant des obstacles ponctuels, c'est-à-dire que seule la route proprement dite a été considérée. Or, les perturbations dues aux routes – bruit, lumière, poussière et émissions gazeuses – ont un impact sur les zones voisines. Cet impact est plus ou moins fort et diminue avec la distance. Les zones perturbées peuvent s'étendre jusqu'à 2 km autour des routes (Reck & Kaule, 1992 cité par Berthoud, 2010).

8. Trames thématiques

La carte de la trame thématique Prairies humides comprend des zones qui sont en dehors de la trame des territoires biogéographiques déterminée par le Projet de la Région wallonne. Cela se comprend car les surfaces sont assez faibles. La trame des territoires biogéographiques des Forêts mésophiles, quant à elle, correspond tout à fait aux zones identifiées dans ce travail. Tandis que la trame des territoires des Forêts alluviales et humides correspond à la trame locale réalisée dans ce travail, avec toutefois des zones manquantes. Le tout est de savoir à partir de quelle surface zonale il est pertinent d'ajuster une trame de territoires avec les informations d'une trame locale.

Du fait qu'il y ait des zones manquantes aux trames des territoires biogéographiques, l'hypothèse est émise que d'autres enjeux de biodiversité propres à Namur n'ont pas été couverts par les trames thématiques. Il serait avisé d'étudier cette possibilité et de définir ces potentiels enjeux manquants.

VII. Conclusion

La première étape de construction du réseau écologique était de produire les douze cartes Milieu. Le pourcentage de recouvrement varie d'une carte à l'autre, ce qui implique qu'il y a bel et bien des différences entre les produits des manipulations de fonds de cartes. La variation entre les cartes n'est pas égale d'une trame à l'autre, ce qui implique que l'exactitude de la catégorisation des sols n'est pas constante sur le territoire.

Les unités de la carte Ecotopes ne sont pas aussi précises qu'elles pourraient l'être. En effet, le pourcentage de milieu réellement représenté implique que la plus petite unité de la couche, représentée par l'occupation du sol, pourrait être davantage affinée. Cet affinement serait utile dans un travail comme celui-ci.

Les différences entre chaque carte Milieu de la trame thématique Prairies humides sont dues à la variation des délimitations des polygones entre les cartes Ecotopes et Top10, aux variables utilisées pour chacune des manipulations et à la variation des catégorisations des sols entre Ecotopes et Top10 et également entre unités d'une même carte. L'analyse opérée sur les différences n'a pas permis de révéler si l'une de ces cartes est meilleure que les autres concernant sa justesse par rapport à l'Orthophotoplan.

En ce qui concerne la pression d'observation, elle est d'une telle hétérogénéité ici que son influence sur la richesse spécifique est clairement visible, que ce soit via les mailles de 250 m ou 500 m de côté. D'ailleurs, à propos de la taille des mailles, 500 m de côté est suffisant pour un territoire comme Namur – près de 140 km² – lorsqu'il s'agit d'évaluer la pression d'observation ou la richesse spécifique. Toutefois, lors de la délimitation des zones cœurs et de développement, même la maille de 250 m de côté n'est pas assez précise.

Au sujet des cartes des trames thématiques produites dans ce travail, celles-ci correspondent aux cartes des trames thématiques des territoires biogéographiques, avec quelques zones hors de celles-ci. La question est de déterminer si la surface de ces zones est suffisante pour justifier l'ajustement des trames des territoires. Aussi, vu qu'il y a des zones non comprises dans les trames thématiques des territoires, il est fortement possible que les trois trames thématiques ne couvrent également pas tous les enjeux de biodiversité namurois.

Enfin, les cartes d'une même trame thématique issues de cartes Milieu différentes varient entre elles. Elles possèdent toutefois chacune des erreurs et le choix de la carte jugée la plus pertinente est quelque peu arbitraire. Une analyse plus détaillée des différences entre chacune des cartes est nécessaire.

VIII. Perspectives

Comme dit dans la discussion, une comparaison des carte Milieu de chaque trame thématique et non d'une seule pourrait aider à mettre en valeur les manipulations et fonds de cartes les plus pertinents.

Le réseau écologique a été construit avec des cartes de trames thématiques issues de trois manipulations de fonds de carte. Il aurait été préférable de construire plusieurs réseaux écologiques avec les trames thématiques issues de chaque carte Milieu. Il en aurait résulter quatre réseaux écologiques qui auraient pu être comparés et qui auraient pu apporter des informations quant à la justesse des fonds de cartes. Malheureusement, par manque de temps, ces opérations n'ont pas pu avoir lieu.

Ensuite, comme dit dans la discussion, les trames thématiques des territoires biogéographiques ne suffisent potentiellement pas. Les enjeux de biodiversité propres à Namur ne sont possiblement pas couverts. C'est pourquoi, ces enjeux pourraient être définis et ajoutés au réseau écologique.

De plus, il serait judicieux de confronter les éléments constitutifs du réseau écologique au Plan de secteur, comme prévu dans la méthodologie du projet de la Région wallonne. Ils seraient décomposés en fonction des affectations du sol, ce qui donnerait des pistes sur la nature des obstacles éventuels et sur le type d'aménagement à envisager, en plus de permettre l'affinage des zones.

Enfin, pour s'assurer de l'opérationnalisation du réseau écologique, il serait approprié de procéder à des vérifications de terrain, ainsi que de solliciter l'expertise de parties prenantes locales telles que les naturalistes, comme prévu dans la méthodologie du projet de la Région wallonne.

IX. Bibliographie

- Allag-Dhuisme F., Amsallem J., Barthod C., Deshayes M., Graffin V., Lefeuvre C., Salles E., Barnetche C., Brouard-Masson J, Delaunay A., Garnier C.-C. & Trouvilliez J., 2010a. *Choix stratégiques de nature à contribuer à la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques – premier document en appui à la mise en œuvre de la Trame verte et bleue en France*. Proposition issue du comité opérationnel Trame verte et bleue. France : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM).
- Allag-Dhuisme F., Amsallem J., Barthod C., Deshayes M., Graffin V., Lefeuvre C., Salles E. (coord), Barnetche C., Brouard-Masson J, Delaunay A., Garnier CC & Trouvilliez J., 2010b. *Guide méthodologique identifiant les enjeux nationaux et transfrontaliers relatifs à la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques et comportant un volet relatif à l'élaboration des schémas régionaux de cohérence écologique – deuxième document en appui à la mise en œuvre de la Trame verte et bleue en France*. Proposition issue du comité opérationnel Trame verte et bleue. France : MEEDDM.
- Bennett G., 2004. *Integrating biodiversity conservation and sustainable use: lessons learned from ecological network*. Gland, Switzerland, and Cambridge, UK: IUCN.
- Bernier A. & Théau J., 2013. Modélisation de réseaux écologiques et impacts des choix méthodologiques sur leur configuration spatiale : analyse de cas en Estrie (Québec, Canada). *VertigO – la Rev. électronique en Sci. l'environnement, Débats Perspect.*, **13**(2) 0-38.
- Berthoud G., 2010. *Guide méthodologique pour des réseaux écologiques hiérarchisés*. Note technique.
- Bischoff N. T. & Jongman R. H. G., 1993. *Development of Rural Areas in Europe: The Claim for Nature*. The Hague, the Netherlands: Sdu.
- Boitani L., Falcucci A., Maiorano L. & Rondinini C., 2007. Ecological networks as conceptual frameworks or operational tools in conservation. *Conserv. Biol.*, **21**(6), 1414–1422.
- Centre de ressources Trame verte et bleue, sd. Échelles d'action. <http://www.Trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/echelles-action>, (15/03/2019).
- Cerema, 2011. *Traitements géomatiques par carreaux pour l'observation des territoires*. France : Cerema ed.
- Collectif, 2017. *Des outils pour la mise en œuvre de la TVB*. Collection « Cahiers techniques », n°91. Montpellier : AFB.

- Conseil régional Pays de la Loire, 2012. *Référentiel méthodologique de définition des continuités écologiques des Mauges et du Choletais - détermination des cœurs et des corridors de biodiversité*. Note technique.
- Damschen E. I., Haddad N. M., Orrock J. L., Tewksbury J. J. & Levey D. J., 2006. Corridors increase plant species richness at large scales. *Science.*, **313**(5791), 1284–1286.
- Debray A., 2011. La notion de réseau écologique en France : construction scientifique, appropriation par les politiques publiques et traduction territoriale. *VertigO – la Rev. électronique en Sci. l’environnement, Débats Perspect.*
- Dehouck H. & Amsallem J., 2018. *Analyse des méthodes de précision des continuités écologiques à l’échelle locale en France*. Rapport de recherche. France : Ministère de la transition écologique et solidaire/Irstea/Centre de ressources Trame verte et bleue.
- Di Antonio C., 2010. Réforme de la gestion : définition du réseau structurant. <https://diantonio.wallonie.be/cms/render/live/fr/sites/walgov7/home/presse--actualites/publications/reforme-de-la-gestion--definition-du-reseau-structurant.html>, (22/07/2019).
- DREAL Poitou Charente, sd. *Identification des Réservoirs de Biodiversité - Méthode et premières propositions*. Note technique. France : DREAL.
- DREAL Franche-Comté, 2012. *De la Trame Verte et Bleue..... à sa traduction dans les Plans Locaux d’Urbanisme (PLU)*. Note technique. France : DREAL/MPP.
- DREAL Lorraine, 2013. *Repères : de la trame verte et bleue... à sa traduction dans les Schémas de COhérence Territoriale et Plans Locaux d’Urbanisme*. Note technique. France : DREAL.
- Dufrêne M., 2004. *Réseau écologique - Structure écologique principale. Concepts, structure, stratégie d’élaboration*. Rapport de recherche interne. Gembloux, Belgique : DGARNE/CRNFB/OFFH.
- France, 2019. *Code de l’environnement*, Legifrance (éd.), 363.
- Forman R. T. T. & Godron M., 1986. *Landscape ecology*. New York, NY: Wiley.
- Hess G. R. & Fischer R. A., 2001. Communicating clearly about conservation corridors. *Landsc. Urban Plan.*, **55**(3), 195–208.
- ICEDD, 2008. Des comptages. Pourquoi ? Comment ?. *CeMathèque*, **23**, 0–32.
- IGN, 2013. Banques de données et représentations cartographiques. <http://www.ngi.be/FR/FR1-5-1-1.shtm>, (25/07/2019).
- IRM, sd. Atlas climatique. <https://www.meteo.be/fr/climat/atlas-climatique>, (06/04/2019).
- Huggett R. J., 2004. *Fundamentals of biogeography*. 2nd ed. New York, NY: Routledge.
- Jongman R. H. G., 1995. Nature conservation planning in Europe: developing ecological networks. *Landsc. Urban Plan.*, **32**(3), 169–183.
- Jongman R. H. G., 2004. The context and concept of ecological networks. In: Jongman R.H.G. & Pungetti G. eds. *Ecological Networks and Greenways: Concept, Design,*

- Implementation*. Cambridge, UK: The press syndicate of the University of Cambridge, 7–32.
- Jongman R. H. G., 2007. Ecological networks, from concept to implementation. *In*: Hong S.-K., Nakagoshi N., Fu B.J. & Morimoto Y. eds. *Landscape Ecological Applications in Man-Influenced Areas: Linking Man and Nature Systems*. Dordrecht, the Netherlands: Springer, 57–69.
- Lajoie G., 1992. *Le carroyage des informations urbaines*. Mont-Saint-Aignan, France : Presses universitaires de Rouen et du Havre.
- LifeWatch ERIC, 2018. Who we are. <https://www.lifewatch.eu/web/guest/who-we-are>, (25/07/2019).
- LifeWatch BELGIUM, sd. L'infrastructure LifeWatch en Belgique. <http://lifewatch.be/fr/project-infrastructure-lifewatch-en-belgique>, (25/07/2019).
- MacArthur, R. H. & Wilson, E. O., 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography, *Evolution*, **17**(4), 373–387.
- Melin E., 1997. La problématique du réseau écologique : Bases théoriques et perspectives d'une stratégie écologique d'occupation et de gestion de l'espace. *In*: *Colloque International Le Réseau Écologique*. Région wallonne, Arquennes, 39–56.
- Mougenot C. & Melin E., 2000. Entre science et action : le concept de réseau écologique. *Natures Sci. Sociétés*, **8**(3), 20–30.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2014. *Stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable 2015-2020*, adoption en Conseil des ministres le 4 février 2015.
- Natagora, 2018. Les espèces de chez nous. <https://www.natagora.be/les-especes-de-chez-nous>, (07/07/2019).
- Préfet de la région Champagne Ardenne, 2015. *Schéma Régional de Cohérence Écologique de la région Champagne Ardenne - Tome 3 : rapport méthodologique pour la définition des composantes de la trame verte et bleue régionale*. Rapport.
- Premier Ministre, 2014. Décret n° 2014-45 du 20 janvier 2014 portant adoption des orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques. Journal Officiel de la République Française du 22 janvier 2014, 1166.
- Province de Namur, 2018a. Environnement. <https://www.province.namur.be/environnement#>, (30/03/2019).
- Province de Namur, 2018b. Agriculture. <https://www.province.namur.be/agriculture>, (30/03/2019).
- Région Rhône-Alpes, 2010. *Méthode d'élaboration de la Cartographie des Réseaux Ecologiques de Rhône-Alpes*. Note technique.
- SNCB, 2019. Plan de transport SNCB - Province de Namur. https://cdn.belgiantrain.be/-/media/corporate/themes-et-dossiers/transportplan/20190619_roadshow_namur_layout_v15.ashx, (22/07/2019).

- SOFICO, sd. Entretien et réhabilitation. <https://sofico.org/fr/reseau-structurant/entretien-et-rehabilitation/>, (22/07/2019).
- SPW, 2019a. Plan de secteur en vigueur. <https://geoportail.wallonie.be/catalogue/7fe2f305-1302-4297-b67e-792f55acd834.html>; (25/07/2019).
- SPW, 2019b. Plan mobilité et infrastructures 2019-2024. <https://infrastructures.wallonie.be/files/PDF/SPW%20PLAN%20INFRASTRUCTURE%202019-2024-v5.pdf>, (22/07/2019).
- Transitec, 2006. Le plan de mobilité de Jambes sous la lorgnette. *Confluent*, **342**(18), 0–8.
- Tritel, 2012a. Etude relative à la situation et aux perspectives du réseau ferroviaire en Wallonie : Atlas cartographique - Rapport final. http://mobilite.wallonie.be/files/eDocsMobilite/politiques%20de%20mobilité/politique%20ferroviaire/R_2_Atlas.pdf, (22/07/2019).
- Tritel, 2012b. Projet de Plan de développement de la desserte ferroviaire en Wallonie pour la période 2013–2025. http://mobilite.wallonie.be/files/eDocsMobilite/politiques%20de%20mobilité/politique%20ferroviaire/Plan_desserte_definitif.pdf, (22/07/2019).
- Turner M. G., 2005. Landscape Ecology: What Is the State of the Science? *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, **36**(1), 319–344.
- Turner M. G. & Gardner R. H., 2015. *Landscape ecology in theory and practice. Pattern and process*. 2nd ed. New York, NY: Springer.
- Van Asbroeck P., 2019. Plan Communal de Développement de la Nature. <http://biodiversite.wallonie.be/fr/pcdn.html?IDC=3158>, (07/05/2019).
- Vanpeene-Bruhier S., Moyne M.-L. & Brun J.-J., 1998. La richesse spécifique : un outil pour la prise en compte de la biodiversité dans la gestion de l'espace - Application en Haute Maurienne (Aussois, Savoie). *Ingénieries - EAT*, **15**, 47–59.
- Wal-ES, sd. Les principaux types d'écosystèmes. <http://webserver.wal-es.be/fr/principaux-ecosystemes.html?IDC=5840>, (25/07/2019).

Annexes

Annexe I. Habitats des espèces sensibles présentes sur les cartes Milieu.

Nom	Habitat
<i>Alytes obstetricans</i>	Régions forestières à relief marqué qui comportent un nombre important de mares et d'étangs.
<i>Anguis fragilis</i>	Terrains ensoleillés ou semi-ombragés à forte couverture herbacée.
<i>Anthus pratensis</i>	Divers milieux ouverts, avec zones rases, zones touffues et perchoirs bas : prairies, landes, tourbières, coupes forestières, etc.
<i>Aythya ferina</i>	A proximité immédiate d'eau stagnante riche en plantes aquatiques.
<i>Bufo bufo</i>	Milieux terrestres (forêts, parcs, jardins, etc.).
<i>Castor fiber</i>	Cours d'eau, étangs.
<i>Cetonia aurata</i>	Larve : sol et terreau des vieilles souches. Adulte : fleurs de Sorbiers, Eglantiers, Composées et d'Ombellifères.
<i>Circus macrourus</i>	Plaines herbeuses d'Asie. Hivernation en Afrique. Migration : passage par la Wallonie.
<i>Colletes cunicularius</i>	Terrains sablonneux : sablières, dunes littorales.
<i>Cordulegaster bidentata</i>	Au-dessus de rus à forte pente, crons, suintements situés en milieu forestier euillé.
<i>Dytiscus marginalis</i>	Fossés et mares.
<i>Eliomys quercinus</i>	Parcs, jardins, haies, milieux boisés (avec abris).
<i>Eptesicus serotinus</i>	Lisière forestière, long des éclairages publics et dans prairies et jardins. Reproduction dans les combles.
<i>Erinaceus europaeus</i>	Milieux ouverts.
<i>Falco vespertinus</i>	Milieux ouverts avec bosquets.
<i>Felis silvestris</i>	Grands massifs boisés, forêts riches en sous-bois, taillis, lisières buissonneuses, friches arbustives.
<i>Formica rufa</i>	Forêts hétérogènes avec trouées.
<i>Fraxinus excelsior</i>	Sol normal à frais.
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	Cours d'eau avec berges naturelles et plages de galets dont les rives sont recouvertes d'arbres et buissons.
<i>Gnorimus nobilis</i>	Larve : dans bois pourri des pruniers. Adulte : le plus souvent sur les fleurs de sureaux.
<i>Lucanus cervus</i>	Massifs forestiers ; milieux périurbains arborés tels que les jardins, parcs, vergers, haies et arbres isolés.

<i>Meles meles</i>	Massifs forestiers feuillus, lisières, talus, bosquet, fourré d'épineux, haie épaisse.
<i>Milvus milvus</i>	Paysages mixtes, (forêts, bosquets et pâturages).
<i>Myotis dasycneme</i>	Milieux aquatiques, prairies, étendues d'eaux dégagées bordées de végétation basse et touffue, milieux humides et bois. Reproduction dans les combles. Hivernage dans les souterrains.
<i>Numenius arquata</i>	Marais, tourbières et prairies humides.
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Milieux plutôt sec avec couvert buissonneux bien développé : lisières forestières, ronciers, friches arbustives, anciennes carrières ou sablières. Nourriture : dans champs et prairies.
<i>Osmia bicolor</i>	Nids : coquille d'escargot.
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chasse : milieux humides, jardins, parcs, éclairages publics, milieux forestiers et agricoles. Reproduction et hivernage : bâtiments.
<i>Podarcis muralis</i>	Affleurements rocheux, carrières, voies ferrées, ruines, cimetières, talus de route, etc.
<i>Prionus coriarius</i>	Bois morts et dépérissants, ou fraîchement abattus.
<i>Proserpinus proserpina</i>	Epilobes.
<i>Rana temporaria</i>	Forêts, jardins, champs, tourbières, etc.
<i>Salamandra salamandra</i>	Milieux forestiers. Moins fréquent : carrières de pierres, prairies en zone de vallées et végétations de broussailles herbacées.
<i>Satyrrium w-album</i>	Forêts, lisières et parcs avec ormes, en particulier grands arbres mûres et florifères.
<i>Sciurus vulgaris</i>	Bois, forêts, grosses haies, parcs, vergers.
<i>Sorex araneus</i>	Milieux humides : prairies, marais, tourbières, bord des cours d'eau ; pied des haies et dans les habitats forestiers ou les landes.
<i>Streptopelia turtur</i>	Forêt et bosquets, à proximité des zones de culture.
<i>Sympecma fusca</i>	Eaux stagnantes, tourbières, vieux bras morts de rivières, anciennes sablières, mares de bas-marais.
<i>Triturus cristatus</i>	Reproduction : eau stagnante (mares et étangs). Habitat terrestre : boisements, haies et fourrés, à proximité des sites de reproduction.
<i>Turdus iliacus</i>	Prairies, haies et milieux boisés.
<i>Vanellus vanellus</i>	Milieux ouverts, à végétation rase et offrant un large champ de vision.

Annexe II. Liste des espèces sensibles présentes sur chaque carte Milieu. Les cases grisées font ressortir les espèces considérées non pertinentes à la trame thématique. La fréquence relative d'observation est également fournie.

Nom scientifique	Prairies humides				Forêts mésophiles				Forêts alluviales et humides				Fréquence relative
	Eco hum	Eco hum 25	Eco hum 50	Top hum	Eco mes	Eco mes 25	Eco mes 50	Top mes	Eco all	Eco all 25	Eco all 50	Top all	
<i>Aythya ferina</i>					1				1			1	13,78
<i>Meles meles</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12,08
<i>Alytes obstetricans</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			9,44
<i>Turdus iliacus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8,07
<i>Anguis fragilis</i>	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	5,95
<i>Milvus milvus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5,85
<i>Sciurus vulgaris</i>		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	5,85
<i>Rana temporaria</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5,71
<i>Podarcis muralis</i>	1	1		1	1	1	1	1					4,91
<i>Anthus pratensis</i>	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1		3,45
<i>Vanellus vanellus</i>	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1		3,11
<i>Fraxinus excelsior</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	2,83
<i>Bufo bufo</i>	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	2,78
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	1	1		1	1	1	1		1	1	1	1	2,36
<i>Salamandra salamandra</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,27
<i>Erinaceus europaeus</i>		1	1		1	1	1		1	1	1		1,79
<i>Cetonia aurata</i>		1			1	1	1			1			1,27
<i>Castor fiber</i>	1					1			1				0,85
<i>Oryctolagus cuniculus</i>					1	1		1		1	1		0,85
<i>Eptesicus serotinus</i>									1	1	1	1	0,52
<i>Satyrion w-album</i>					1	1	1		1	1		1	0,42
<i>Myotis dasycneme</i>						1	1		1	1	1	1	0,38
<i>Lucanus cervus</i>		1								1			0,33
<i>Sympecma fusca</i>	1	1		1	1	1				1			0,33
<i>Colletes cunicularius</i>					1	1	1						0,28
<i>Felis silvestris</i>						1	1						0,28
<i>Numenius arquata</i>		1		1					1	1			0,28
<i>Osmia bicolor</i>					1	1							0,28
<i>Prionus coriarius</i>						1			1	1	1		0,28
<i>Proserpinus proserpina</i>					1	1							0,24
<i>Streptopelia turtur</i>					1	1	1						0,24
<i>Cordulegaster bidentata</i>		1			1	1	1			1	1		0,19
<i>Eliomys quercinus</i>						1							0,09
<i>Falco vespertinus</i>				1					1				0,09
<i>Gnorimus nobilis</i>										1			0,09
<i>Gomphus vulgatissimus</i>					1	1	1	1					0,09
<i>Triturus cristatus</i>		1	1										0,09
<i>Circus macrourus</i>										1			0,05
<i>Dytiscus marginalis</i>										1			0,05
<i>Formica rufa</i>									1	1	1	1	0,05
<i>Sorex araneus</i>					1	1	1						0,05

