

Master en fondements et pratiques de la durabilité

Les réseaux écologiques urbains dans l'effort de conservation de la biodiversité : conception, objectifs et limites

Le cas de la trame verte urbaine lausannoise

Charles-Eric Oswald

Sous la direction du Prof. Joëlle Salomon Cavin et du Prof. Pascal Vittoz



Août – 2022

Photo page précédente : Promenade de la Ficelle, Lausanne (Charles-Eric Oswald, août 2022)

Ce travail n'a pas été rédigé en vue d'une publication, d'une édition ou diffusion. Son format et tout ou partie de son contenu répondent donc à cet état de fait. Les contenus n'engagent pas l'Université de Lausanne. Ce travail n'en est pas moins soumis aux règles sur le droit d'auteur. A ce titre, les citations tirées du présent mémoire ne sont autorisées que dans la mesure où la source et le nom de l'auteur-e sont clairement cités. La loi fédérale sur le droit d'auteur est en outre applicable.

Résumé

L'urbanisation et la protection de la biodiversité ont longtemps été considérées comme incompatibles. Or, depuis la prise de conscience de l'impact écologique du milieu urbain, l'enjeu de conservation de la biodiversité est de plus en plus intégré dans les politiques de développement de la ville. Récemment, cette problématique s'est traduite par des propositions en faveur de la restauration de réseaux écologiques urbains qui doivent permettre un meilleur flux d'espèces animales et végétales. Cependant, leur degré de contribution aux efforts de conservation de la diversité biologique n'est pas encore clair et leur application concrète peu étudiée. Afin d'offrir un nouvel éclairage à cette problématique, cette recherche propose de s'intéresser au cas de la trame verte urbaine lausannoise et d'évaluer la manière dont elle contribue à la protection de la biodiversité en se concentrant sur sa conception, ses objectifs et ses limites. Dans ce cadre, des entretiens ont été menés avec les porteurs de projet ainsi qu'une étude documentaire puis les données ont été analysées grâce à la méthode de la théorisation ancrée. Les résultats montrent que la planification de la restauration du réseau écologique lausannois est basée sur une approche physiographique, fonctionnelle et d'aménagement. D'une part, la restauration cherche à reconstruire, pour différents milieux, des liaisons biologiques fonctionnelles et majoritairement discontinues entre des zones nodales situées en périphérie de l'agglomération lausannoise pour des espèces cibles relativement peu exigeantes. D'autre part, elle participe au développement de l'agglomération en raison des multiples rôles sociaux, économiques, agricoles et environnementaux qui sont également attribués à la trame verte. Si cet aspect motive la réalisation du réseau écologique lausannois, il limite inévitablement sa capacité à conserver la biodiversité. Qui plus est, l'aménagement du milieu urbain, le manque de données biologiques et de connaissances et les lacunes législatives réduisent l'ampleur des mesures mises en place. En conclusion, nous émettons des doutes quant à sa capacité à protéger significativement la biodiversité mais relevons que cette nouvelle forme de l'aménagement urbain conduit à un changement positif dans le rapport des politiques de la ville et de la population à l'enjeu écologique.

Mots-clés

Réseau écologique urbain / Trame verte urbaine / Conservation de la biodiversité /
Restauration de la biodiversité / Connectivité écologique / Corridor écologique / Espaces
verts / Nature en ville.

Abstract

For a long time, urbanization and preservation of biological diversity have been considered as incompatible. However, since the awareness of the ecological impact of the urban area, the question of biodiversity conservation has been increasingly integrated to city development policies. Most recently, this issue has led to proposals to restore the urban ecological networks that should allow for a better distribution of animal and plant species. However, their contribution to biodiversity conservation is still unclear and their application has been little studied. In order to further investigate this issue, this research proposes to focus on the case of Lausanne's urban greenway and to evaluate the way in which it contributes to the protection of biodiversity by focusing on its conception, its objectives and its limits. Within this framework, interviews were conducted with the project leaders as well as a documentation review, then the data were analyzed using the grounded theory method. The results show that the planning of the restoration of Lausanne's ecological network is based on a physiographic, functional and planning approach. On the one hand, the restoration seeks to reconstruct, for different environments, functional and mostly discontinuous biological links between nodal zones located on the outskirts of the Lausanne agglomeration for relatively undemanding target species. On the other hand, it participates in the development of the agglomeration because of the multiple social, economic, agricultural and environmental roles that are also attributed to the greenway. While this aspect motivates the creation of Lausanne's ecological network, it inevitably limits its capacity to conserve biodiversity. Moreover, the planning of the urban environment, the lack of biological data and knowledge, and legislative gaps reduce the scope of the measures put in place. In conclusion, we doubt about its capacity to significantly protect biodiversity, but we note that this new form of urban planning leads to a positive change in the relationship of city policies and the population with the ecological issue.

Key words

Urban ecological network / Urban greenway / Biodiversity conservation / Ecological restoration / Ecological connectivity / Wildlife corridor / Green spaces / Urban nature.

Remerciement

La réalisation de ce mémoire n'a été possible que grâce au soutien, aux conseils et à l'aide de nombreuses personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

Tout d'abord, je tiens à remercier chaleureusement mes co-directeurs de mémoire, Madame Joëlle Salomon Cavin et Monsieur Pascal Vittoz pour leur patience, leur disponibilité, et surtout leurs judicieux conseils.

Je tiens à témoigner ma reconnaissance aux personnes ayant pris part à mes entretiens – Madame Pascale Aubert, Monsieur Benoît Biéler, Monsieur Eric Morard et Monsieur Yves Bonard.

Je tiens également à remercier les personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire et leur confiance :

À Justine pour la relecture de ce mémoire et son importance toute particulière durant mon parcours académique qui a su me motiver et être présente dans les moments de doutes.

À mes sœurs, Chéryl et Christèle, et à mon frère, Jean-Michaël, pour leur encouragement et leurs précieux conseils.

À Alexis, Maxime, Nicolas et Zoé qui ont été d'un soutien sans faille durant toute la rédaction de ce mémoire et qui ont su égayer mes années d'études.

Enfin, j'adresse un remerciement tout particulier, à mes parents pour la relecture et pour leur soutien inconditionnel.

Table des matières

RÉSUMÉ	1
MOTS-CLÉS.....	1
REMERCIEMENT.....	3
INTRODUCTION.....	7
I. ÉTAT DE L'ART.....	9
1. PERTE DE BIODIVERSITÉ ET FRAGMENTATION	9
2. MILIEU URBAIN : IMPACT SUR LA BIODIVERSITÉ ET FRAGMENTATION.....	10
3. CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ EN MILIEU URBAIN.....	11
4. LA CONNECTIVITÉ ÉCOLOGIQUE.....	14
4.1. Réseaux écologiques	16
4.1.1. Approches et méthodes de restauration de réseaux écologiques en milieu urbain	20
5. DÉVELOPPEMENT ET ENJEUX HISTORIQUES DE LA CONNECTIVITÉ ÉCOLOGIQUE EN TANT QUE STRATÉGIE DE CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ EN MILIEU URBAIN.....	21
5.1. La nature en ville entre nécessités sociales et écologiques.....	25
II. PRÉSENTATION DE LA RECHERCHE.....	27
1. PROBLÉMATIQUE	27
2. MÉTHODOLOGIE	30
2.1. Les outils de récolte de données	30
2.2. Méthode d'analyse des données	32
3. ZONE D'ÉTUDE.....	33
III. CONTEXTE DU CAS D'ÉTUDE.....	34
1. CONTEXTE INTERNATIONAL, NATIONAL ET RÉGIONAL.....	34
2. CONTEXTE AU NIVEAU LOCAL.....	38
3. LES ACTEURS EN JEU	43
3.1. Commune de Lausanne	43
3.2. Les communes de l'Ouest lausannois	44
IV. RÉSULTATS	46
1. CONCEPTION ET STRATÉGIE DE RESTAURATION DU RÉSEAU ÉCOLOGIQUE LAUSANNOIS.....	46
1.1. Méthode de diagnostic de l'état du réseau écologique urbain existant	46
1.2. Structure et état initial du réseau écologique urbain lausannois.....	49
1.3. Conception des mesures de restauration du réseau écologique lausannois.....	52
1.4. Mise en œuvre du réseau écologique lausannois.....	59
2. OBJECTIFS DE SAUVEGARDE ET DE RESTAURATION DU RÉSEAU ÉCOLOGIQUE LAUSANNOIS...61	
2.1. Une approche multifonctionnelle de la trame verte urbaine.....	66
2.2. Différentes dimensions dans le développement urbain qu'il faut coordonner.	67
2.3. Synthèse des objectifs du réseau écologique lausannois.....	69
3. LIMITES ET CONTRAINTES À LA RESTAURATION DU RÉSEAU ÉCOLOGIQUE URBAIN LAUSANNOIS.....	72
3.1. Limites conceptuelles.....	72
3.2. Limites d'application.....	74
3.2.1. Dimension privée.....	74
3.2.2. Dimension publique.....	76
3.2.3. Dimension systémique.....	78
3.3. Synthèse des limites à la restauration du réseau écologique lausannois.....	79

V. DISCUSSION.....	81
CONCLUSION	90
RÉFÉRENCES.....	93
ANNEXES.....	102

Figures

Figure 1 : Composantes d'un réseau écologique	17
Figure 2 : Différentes fonctions des corridors écologiques.....	18
Figure 3 : Différentes formes de corridors écologiques.....	19
Figure 4 : Système de parcs urbains dessiné par Olmsted en 1857.....	22
Figure 5 : Périmètre de déploiement du réseau écologique lausannois.....	33
Figure 6 : Réseau écologique national	36
Figure 7 : Réseau écologique cantonal.....	37
Figure 8 : Réseau vert du PALM tel que défini en 2008.....	40
Figure 9 : Schéma des différentes politiques de réseaux écologiques.....	42
Figure 10 : Structure générale et préexistante du réseau écologique lausannois	49
Figure 11 : Réseau écologique cantonale : région centre.....	50
Figure 12 : Exemple d'une liaison biologique - Biotope relais du sous-réseau des lieux humides dans le parc du Denantou à Lausanne.....	54
Figure 13 : Exemple de liaison biologique : Zone relais (sous-réseau des milieux secs) le long des voies de chemin de fer à Lausanne	54
Figure 14 : Exemple d'une zone nodale : Embouchure de la Venoge (sous-réseau des eaux-libres et forestier).....	55
Figure 15 : Absence de zone tampon entre la route (matrice urbaine) et la zone relais.....	56
Figure 16 : Carte de synthèse du réseau écologique lausannois projetée.....	58
Figure 17 : Parc du Denantou à Lausanne est un exemple d'utilisation d'un espace vert comme lieu de récréation (zone tondu) et comme zone relais (bois).....	62
Figure 18: Promenade paysagère au sein de la ville de Lausanne ayant également la fonction de liaison biologique	63

Tableaux

Tableau 1 : Synthèse des objectifs du réseau écologique lausannois.....	71
Tableau 2 : Synthèse des limites à la restauration du réseau écologique lausannois	80

Introduction

Au moment de la rédaction de ces lignes, 35 % des espèces répertoriées en Suisse ont été définies comme menacées ou déjà éteintes (OFEV, 2022). Loin de concerner uniquement la Suisse, l'érosion de la biodiversité et la dégradation des espaces naturels, à l'instar du changement climatique, sont de nos jours des problèmes environnementaux globaux menaçant les conditions de vie et la survie de l'espèce humaine. Face à ce constat, la protection de la biodiversité n'est donc pas seulement une nécessité justifiée par l'argument intrinsèque et la préoccupation éthique, mais elle l'est car l'existence de l'être humain est tributaire des ressources et des services fournis par la diversité biologique. Sans être exhaustif, elle est à la base de notre capacité de production alimentaire, influe directement sur les conditions environnementales en agissant comme puits de carbone, sur la qualité de l'air et de l'eau ou protège contre les risques naturels.

Afin d'endiguer la perte potentielle de ces services indispensables à notre prospérité, il est nécessaire que des actions à l'échelle globale, régionale et locale soient entreprises. Cependant, force est de constater que la 14^{ème} et dernière Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique en 2018 admet que les objectifs précédemment fixés pour protéger la diversité biologique au niveau mondial n'ont pour leur majorité pas été réalisés (CBD, 2019). L'échec à l'échelle globale pousse à se demander si à des échelles plus locales il en va de même.

La ville, comme entité à l'échelle locale, appelle, depuis plusieurs années, à un renforcement plus prononcé de sa part d'espaces verts afin de répondre à la demande, dans l'objectif d'un meilleur cadre de vie, d'une réduction des nuisances et d'un besoin des services rendus par la nature. Cette aspiration n'est pas nouvelle, la ville, depuis l'époque de la révolution industrielle et l'exode rural qui a coïncidé, a toujours trouvé dans les espaces de nature, un objet au service de l'aménagement urbain. Longtemps envisagée comme des patchs disséminés au sein du territoire urbain, elle a peu à peu évolué vers une trame d'espaces verts irriguant la ville de sa périphérie jusqu'au centre. Au fil du temps et à la mise en lumière de l'intérêt des réseaux écologiques dans la conservation de la biodiversité, cette trame verte s'est peu à peu imposée comme outil d'aménagement idéal offrant plusieurs fonctions. L'appel à plus de nature en ville n'est donc plus rattaché uniquement à des besoins utilitaristes, mais il se justifie par la préoccupation écologique. Or, le fait que la ville participe à l'effort de conservation de la biodiversité est relativement récent puisque, longtemps, le milieu urbain a été considéré comme un espace uniquement réservé à l'homme où les quelques bribes de parcelles de nature restantes subsistaient en raison de leur utilité directe.

Le milieu urbain est en partie responsable de la perte de biodiversité du fait qu'il évolue en fragmentant le paysage, il est donc plus que jamais important de considérer la ville dans les efforts de conservation de la biodiversité. La trame verte urbaine semble, dans ce contexte, un outil prometteur, mais il existe encore peu d'étude sur leur réelle efficacité et leur application de manière générale en milieu urbain. Il est en ce sens profitable de se saisir de la manière dont sont aménagées les trames vertes urbaines et à plus forte raison de leur efficacité dans la tâche de protéger la biodiversité.

Dans le contexte précédemment présenté, ce mémoire propose de s'intéresser au cas lausannois qui depuis quelques années poursuit l'ambition de restaurer un réseau écologique à l'échelle de son agglomération. La ville de Lausanne reconnue en Suisse comme « ville verte » et s'étant engagée relativement tôt dans la gestion écologique de ces parcelles vertes en fait un cas d'étude intéressant.

Avant de présenter plus en détail la recherche, nous nous attardons, en premier lieu, sur une revue de la littérature visant à une meilleure compréhension de l'enjeu de conservation de la biodiversité en milieu urbain et sa relation avec les concepts de connectivité écologique et de réseau écologique.

I. État de l'art

1. Perte de biodiversité et fragmentation

Il est largement reconnu que des changements profonds au sein des processus naturels sont engendrés par les activités humaines. Si celles-ci affectent, elles-mêmes, les conditions de vie de l'être humain, elles menacent également tant bien directement qu'indirectement la stabilité des écosystèmes naturels (Pereira et al., 2010). Ces menaces ont largement été identifiées par la communauté scientifique. De manière générale, cinq moteurs conduisant au déclin de la biodiversité sont distinguables : la surexploitation des espèces et des écosystèmes, l'introduction d'espèces envahissantes, la pollution, le changement climatique et le changement dans l'utilisation des terres et des mers (WWF, 2020). Mises bout à bout, ces causes sont responsables, par exemple, du déclin de 68% des populations de vertébrés suivies entre 1970 et 2016¹ par le WWF (WWF, 2020). Bien que ces chiffres fassent seulement état du déclin dans un sous-embranchement du règne animal, ils sont révélateurs de la pression exercée sur la biodiversité. Cependant, si chaque moteur a une implication dans le déclin de la biodiversité, le changement dans l'utilisation des terres et des mers constitue la cause majeure de la perte de biodiversité et est caractérisé par la détérioration et la destruction des habitats naturels (Vitousek et al., 1997). Ce phénomène est intimement lié au concept de fragmentation du paysage puisqu'il est généralement la résultante de la modification de l'occupation des sols due en grande partie, au cours de l'histoire de l'homme, au défrichement des grandes étendues de forêts pour l'agriculture et les autres infrastructures humaines (Haddad et al., 2015; Saunders et al., 1991).

Issue de la théorie de la biogéographie insulaire de MacArthur et Wilson (1963), la notion de fragmentation du paysage est définie comme une transformation d'une étendue d'habitat en fragments plus petits et isolés par une matrice transformée par l'homme (Fahrig, 2003; Haddad et al., 2015; Wilcove et al., 1986). De manière concrète, Fahrig (2003) identifie quatre caractéristiques de la fragmentation : 1) réduction du nombre d'habitats, 2) augmentation du nombre de parcelles d'habitat, 3) diminution de la taille des parcelles d'habitat, 4) isolement des parcelles d'habitat. En ce sens, la fragmentation du paysage se décompose en deux effets : une perte d'habitats et une modification configurationnelle de ces derniers. La combinaison de ces deux éléments, dans la définition de la fragmentation, implique que la recherche sur ces impacts a parfois de la peine à démêler l'influence de chacun sur la biodiversité (Saunders et

¹ Cette proportion est évaluée sur la base de 20 811 populations et de 4 392 espèces de vertébrés.

al., 1991). Cependant, la perte d'habitats constituerait le facteur prépondérant de la modification de la composition, de la diversité génétique, de la répartition et de la taille des populations (Saunders et al., 1991).

En définitive, s'il est possible de distinguer deux aspects de la fragmentation (perte d'habitats et fragmentation en soi), ses conséquences sur le biote sont généralement négatives puisqu'ils instituent des changements physiques et biogéographiques de l'habitat (Saunders et al., 1991). Néanmoins, il est notable que les recherches récentes démontrent que si la perte d'habitats a définitivement des effets négatifs sur le biote, la fragmentation en soi peut avoir des effets neutres ou positifs (Fahrig, 2003). En effet, il a été démontré que la subdivision d'un habitat en plusieurs parcelles plus petites permet, dans certains cas, à certaines espèces d'augmenter en nombre du fait que ces nouvelles parcelles d'habitats peuvent jouer le rôle de refuge temporaire et ainsi réduire les effets néfastes de certaines interactions biotiques (notamment prédation et compétition; Fahrig, 2003). Ce dernier élément peut constituer une opportunité pour la conservation de la biodiversité dans le cas de zones où la fragmentation du paysage est si avancée que les stratégies de conservation de la biodiversité doivent s'axer sur l'optimisation et la gestion des parcelles d'habitats résiduelles et isolées.

2. Milieu urbain : impact sur la biodiversité et fragmentation

Le milieu urbain est en constante expansion sur l'ensemble de la surface du globe. Cette augmentation coïncide également avec une augmentation importante des personnes habitant en ville. Si actuellement la population mondiale urbaine est de 55 % (Groupe de la Banque mondiale, 2020), les tendances démographiques démontrent qu'elle sera d'environ 70% (Damon, 2011) en 2050 ce qui conduira inéluctablement à un étalement et une densification du milieu urbain toujours plus importants. Or, les villes ont également une implication dans la fragmentation du paysage puisqu'elles affectent la configuration des paysages (Miller & Hobbs, 2002) et, de manière générale, sont une cause du déclin de la biodiversité et des services écosystémiques associés (Bolund & Hunhammar, 1999; Mcdonald et al., 2008; McKinney, 2006). En effet, à l'instar d'autres zones modifiées par l'homme, le milieu urbain et ses infrastructures constituent un élément structurel du paysage agissant comme une barrière infranchissable pour la majorité des espèces. Il est caractérisé comme étant une zone à forte densité d'individus, d'infrastructures construites et de surfaces imperméables (Mcdonald et al., 2008; McKinney, 2006). Ces caractéristiques et l'établissement durable dans le temps des milieux urbains engendrent une perte d'habitats plus forte que les autres changements

anthropiques d'occupation des sols (McKinney, 2002). Les milieux naturels qui subsistent sont souvent des patches de végétation isolés et de petites tailles formant une mosaïque hétérogène de parcelles vertes hostiles à la satisfaction des besoins de la biodiversité (Pickett et al., 2011).

Outre le fait que la ville ait une incidence sur la biodiversité par la fragmentation des habitats, elle induit également d'autres pressions sur le biote du fait de la concentration d'activités humaines. Par exemple, le milieu urbain est fortement sujet à l'introduction d'espèces exotiques et domestiquées qui peuvent avoir un effet néfaste sur la composition des espèces indigènes et sur la richesse spécifique (Hamer & McDonnell, 2008; McKinney, 2006). Ces effets néfastes découlent d'un changement dans les interactions biologiques antagonistes, comme le parasitisme, la compétition et la prédation, ou de l'impact sur la nature physique et chimique de l'habitat engendré par l'établissement de ces espèces (Crooks, 2002). Les différences climatiques entre la zone urbaine et périurbaine, engendrée par les activités humaines (imperméabilisation, industries, climatisation, véhicules, etc.) affectent également le développement ou le comportement de certaines espèces (Hamer & McDonnell, 2008; McKinney, 2006; Pickett et al., 2011). À noter encore que les pollutions lumineuses et sonores sont également des éléments pouvant perturber la biodiversité urbaine (Hamer & McDonnell, 2008).

En somme, l'ensemble de ces éléments délétères affectent drastiquement la biodiversité. On assiste, par exemple, à une baisse de la densité de certaines espèces d'oiseaux et de plantes en milieu urbain (Aronson et al., 2014). Plusieurs études attestent également d'une homogénéisation biotique au sein du milieu urbain. Autrement dit, on observe une diminution graduelle de la richesse spécifique en se rapprochant des centres urbains laissant place à des espèces généralistes adaptées et emblématiques au milieu urbain (McKinney, 2006). Cependant, plusieurs auteurs notent le potentiel de conservation de la biodiversité en milieu urbain du fait de la présence d'une part tout de même importante de la biodiversité mondiale et d'espèces rares et menacées (McDonald et al., 2008; McDonnell & Hahs, 2013; McKinney, 2006; Miller & Hobbs, 2002). Ce potentiel dépendra notamment de l'aménagement et de la gestion des parcelles résiduelles d'espaces verts.

3. Conservation de la biodiversité en milieu urbain

Au regard des constats ci-dessus exposés, la conservation de la biodiversité en milieu urbain et périurbain est essentielle pour minimiser le déclin de la diversité du vivant (Goddard et al., 2010; McDonnell & Hahs, 2013). Elle est également nécessaire, d'un point de vue utilitariste,

puisque bon nombre d'études notent les bénéfices de la conservation de la biodiversité urbaine sur le bien-être humain et la santé publique, compte tenu des nombreux services écosystémiques et ressources offerts par le vivant (Kowarik, 2011; McDonnell & Hahs, 2013; Miller & Hobbs, 2002). Cependant, la conservation de la biodiversité tend à se concentrer dans les zones où la présence humaine est faible et se traduit généralement par la création d'aires protégées permettant une mise à l'abri du biote de l'influence néfaste de l'homme (McDonald et al., 2008; Miller & Hobbs, 2002). Cette orientation dans la préservation et la conservation serait intimement liée au fait, d'une part, que le milieu urbain est une zone trop fortement modifiée et dominée par l'homme rendant ainsi les efforts de conservation inattrayants en matière de coût-bénéfice et, d'autre part, en raison d'un intérêt moindre du monde scientifique dans la recherche sur la conservation en milieu urbain (Miller & Hobbs, 2002). Cependant, une conservation efficace et utile nécessiterait d'un côté des moyens et une volonté politique et d'un autre côté des connaissances et une compréhension avancées des différents éléments qui influent sur la richesse spécifique (McDonnell & Hahs, 2013; Miller & Hobbs, 2002). D'autant plus que ces éléments dépendent l'un de l'autre pour permettre la mise en place efficace de zones urbaines plus durables (McDonnell & Hahs, 2013). De surcroît, les conflits d'intérêts entre les nécessités infrastructurelles et écologiques sont préjudiciables à la conservation en milieu urbain (Blanc et al., 2012; Miller & Hobbs, 2002; Yu et al., 2012).

Les études existantes sur la préservation du vivant en milieu urbain ainsi que les théories générales de la biologie de conservation permettent de cibler les éléments qui méritent d'être pris en considération pour impacter positivement la biodiversité urbaine. De manière générale, dans les milieux fragmentés, la conservation devrait se concentrer sur la quantité et la qualité des habitats isolés, de sorte qu'ils soient représentatifs des habitats nécessaires au biote endémique, sur leur connectivité et sur la gestion d'autres perturbations comme le changement climatique ou l'introduction d'espèces exotiques (Haddad et al., 2015). D'autres auteurs privilégient de se concentrer sur la préservation des habitats résiduels (McKinney, 2002), sur la connectivité des habitats (Miller, 2005), sur le maintien ou la restauration des écosystèmes ou des communautés présentes avant la fragmentation (Saunders et al., 1991) ou encore sur la conservation d'une diversité d'habitats (Law & Dickman, 1998).

Cette pluralité d'approches dans la conservation de la biodiversité des milieux fragmentés démontre qu'il n'existe pas encore de consensus en la matière. Qui plus est, si les éléments généraux et essentiels à la viabilité des écosystèmes sont connus, il est souvent plus difficile de définir les stratégies d'application de ces derniers comme le type d'habitat qui doit être

privilegié, leur taille minimale nécessaire ou encore la distance minimale qui doit les séparer. Ces éléments devront être examinés cas par cas en se concentrant sur les caractéristiques du milieu fragmenté ainsi que sur le type d'espèces à préserver (Lepczyk et al., 2017).

Si les éléments précédents se concentraient sur les stratégies générales de conservation de la biodiversité en milieu fragmenté, le milieu urbain, en tant également qu'espace fragmenté, possède certaines spécificités ne permettant pas de répondre au déclin de la biodiversité en son sein de la même manière. Selon Hamer & McDonnell (2008) et McKinney (2002), la conservation de la biodiversité en milieu urbain doit se focaliser sur la disponibilité et la qualité des habitats en conservant, quand cela est possible, les habitats résiduels et en restaurant un certain nombre d'habitats modifiés. En matière de qualité des habitats, l'hétérogénéité et la complexité de ces derniers semblent constituer un élément important pour la diversité d'espèces végétales (Kowarik, 2011; Lepczyk et al., 2017). Chez les espèces animales, la présence de ressources diverses au sein de différents types d'espaces verts peut avoir un effet important sur leur abondance (Lepczyk et al., 2017). La taille des habitats s'avère également déterminante pour la diversité biologique, mais il est difficile d'y répondre correctement en milieu urbain compte tenu de l'espace allouable aux espaces verts et du manque de compréhension des seuils de taille minimale des parcelles nécessaires à la biodiversité (Lepczyk et al., 2017). En matière de disponibilité d'habitat, la mise en place de petits espaces verts de qualité à proximité de parcs de quartier plus grands peut être une option intéressante pour favoriser la diversité des espèces (Lepczyk et al., 2017).

D'autres stratégies de conservation ont été plébiscitées par d'autres études comme l'attention particulière qui devrait être mise sur la conception et la gestion des jardins privés (Goddard et al., 2010). Bien conçus, ces derniers permettent notamment de fournir des ressources supplémentaires au biote et améliorent la connectivité entre habitats (Goddard et al., 2010). Cependant, la conception et la gestion de jardins privés dépendent de la sensibilité des propriétaires à la préservation du vivant. C'est en cela que certains défendent l'idée qu'une conservation efficace demande également une sensibilisation des citoyens à la nécessité de la préservation de la biodiversité et l'importance des espèces indigènes (Kowarik, 2011; McKinney, 2002; Miller, 2005; Miller & Hobbs, 2002).

Enfin, la connectivité entre habitats, dont il a été fait mention brièvement ci-dessus, est un sujet de recherche de plus en plus présent dans les études sur la conservation de la biodiversité en milieu urbain. Elle représente également un élément essentiel pour le maintien de populations

d'espèces dans un paysage fragmenté (Goddard et al., 2010; Haddad et al., 2015; Hamer & McDonnell, 2008; Lepczyk et al., 2017; Miller, 2005).

4. La connectivité écologique

La connectivité entre habitats naturels, ou connectivité écologique, est un concept fondamental de l'écologie du paysage (et au croisement d'un bon nombre de sous-disciplines de l'écologie) et, tel qu'il a été mentionné précédemment, un élément important du maintien de la biodiversité dans les écosystèmes. Elle est définie comme « *le degré dans lequel le paysage facilite ou entrave le mouvement entre les parcelles d'habitats* » (Taylor et al., 1993, p. 571). Or, le mouvement et la dispersion des organismes sont une composante importante de la viabilité des populations et donc de la diversité des espèces (Kadoya, 2009). En effet, du point de vue de l'écosystème, le déplacement des organismes régit en grande partie la distribution et l'interaction des espèces, il est essentiel à la diversité génétique, il affecte la structure des habitats et il peut améliorer la quantité de ressources (Jeltsch et al., 2013). Du point de vue de l'organisme, il est nécessaire principalement pour la reproduction ainsi que pour la recherche de nourriture, qui inclut des mouvements quotidiens et des mouvements périodiques comme la migration (Jeltsch et al., 2013). La connectivité écologique régit, en ce sens, la viabilité des écosystèmes et la pérennité de la biodiversité et sera d'autant plus importante que le changement des conditions bioclimatiques induit par le changement climatique sera prononcé, car elle forcera la migration d'espèces afin qu'elles conservent des conditions favorables à leur cycle de vie (Bergès et al., 2010). Ce rôle bénéfique attribué à la connectivité écologique découle en réalité d'un ensemble de théories sur la distribution des espèces et notamment de deux principales. Premièrement, les théories biogéographiques des îles généralisent l'idée que plus la taille d'un espace isolé est grande et plus son éloignement à un réservoir de biodiversité est faible, plus le taux de colonisation de l'espace isolé est élevé par rapport au taux d'extinction (Bergès et al., 2010). En d'autres termes, plus la connectivité écologique est importante, plus la richesse spécifique d'un espace isolé est élevée. Deuxièmement, la théorie des métapopulations part du principe qu'une population ne constitue pas un élément isolé, mais comme faisant partie d'un ensemble de populations, appelé métapopulation, réparties dans différentes parcelles d'habitat où des échanges d'individus permettent de conserver les flux de gènes entre les sous-populations (Bergès et al., 2010). Si une population individuelle peut disparaître, la métapopulation est souvent stable, car les habitats libérés par la population éteinte peuvent être recolonisés par une autre (Hanski, 1998). Il découle de cette idée que plus les flux migratoires

sont facilités entre les habitats, plus la viabilité des populations est conservée (Bergès et al., 2010). Autrement dit, une connectivité élevée entre les patchs d'habitat permet de conserver une métapopulation stable. Ces théories et d'autres, bien qu'elles aient certaines limites, suggèrent donc l'importance de la connectivité écologique dans le maintien de la biodiversité.

Le degré de connectivité écologique dépend de la structure du paysage, mais également de la réponse des organismes à cette structure (Kadoya, 2009; Tischendorf & Fahrig, 2000). Dans ce contexte, deux types de connectivités sont habituellement différenciées : structurelle et fonctionnelle. La connectivité structurelle se rapporte à la continuité spatiale et à la relation physique entre les parcelles d'habitats. Elle ne prend donc pas en considération la réponse comportementale des organismes à la configuration du paysage (Taylor et al., 1993). En revanche, la connectivité fonctionnelle se rapporte directement à l'individu, elle rend compte de l'impact de la structure du paysage et des interactions entre les organismes sur leur déplacement (Pe'er et al., 2011). Dans ce contexte, la connectivité fonctionnelle est dépendante de la connectivité structurelle, mais n'est pas uniquement fonction de cette dernière. En ce sens, deux parcelles d'habitats reliées physiquement n'occasionnent pas forcément un déplacement des individus puisqu'il dépend des caractéristiques et de la composition de l'habitat de liaison et de l'espèce considérée (Baguette et al., 2013). À l'inverse, les habitats peuvent être structurellement disjoints, mais fonctionnellement connectés pour des espèces.

Dans le cadre de la mise en place de stratégies de conservation de la biodiversité qui cherchent à limiter l'effet néfaste de la fragmentation des espaces naturels par une reconnexion des habitats résiduels, ces éléments sont particulièrement importants à considérer. En effet, la mise en place de structures de liaison, sans connaissances détaillées des processus de dispersion incluant l'identification d'espèces cibles et des composantes biologiques nécessaires à leur déplacement, peuvent n'avoir aucun effet sur le mouvement des organismes (Baguette et al., 2013). Or, bien que l'on constate, depuis la fin des années 90, que la connectivité écologique est un sujet de plus en plus présent dans les études en biologie de la conservation, les connaissances sur les mécanismes de soutien dans le fonctionnement des systèmes écologiques sont encore incomplètes, rendant les stratégies de conservation se concentrant sur cet élément encore imprécises et incertaines (Bergès et al., 2010).

Malgré les lacunes apparentes en matière d'opérationnalisation, la facilitation du déplacement des individus par la mise en place de structures de connectivité écologique est reconnue comme élément important pour le maintien de la biodiversité et tout particulièrement dans les milieux

fragmentés que représentent les villes (Baguette et al., 2013; Bergès et al., 2010; Ignatieva et al., 2011). Qui plus est, pour être viable, cette stratégie doit être couplée aux actions communes de conservation de la biodiversité que sont l'amélioration de la superficie, de la qualité et de la quantité des habitats (Pe'er et al., 2011; Yu et al., 2012). En effet, relier deux habitats isolés et pauvres en diversité biologique, sans entreprendre d'actions de restauration sur les habitats reconnectés, n'occasionnera pas nécessairement une augmentation du nombre d'individus et de la richesse spécifique. En d'autres termes, la connectivité écologique, à elle seule, ne peut être considérée comme une stratégie de conservation de la biodiversité dans un espace fortement fragmenté. Elle le devient lorsqu'elle est appréhendée au sein d'un système écologique où des actions de conservation et de restauration sont entreprises sur les diverses structures paysagères qui le composent. De cette manière, parler de restauration de la connectivité écologique revient en termes effectifs à parler à la mise en réseau d'habitats ayant une valeur écologique forte ou plus simplement de réseau écologique.

4.1. Réseaux écologiques

Les réseaux écologiques constituent un concept formalisé relativement récemment et dont la définition varie en fonction de la discipline où il est employé. En écologie, ce terme se rapporte généralement aux interactions entre les espèces formant un réseau constitué de nœuds, représentant des paires d'espèces, reliées entre elles par des liens représentant les interactions entre celles-ci (Landi et al., 2018). En urbanisme, il désigne généralement les connexions spatiales d'ordre visuel d'espace de nature (Ignatieva et al., 2011). La branche de l'écologie du paysage, émergeant au début des années 80 dans un contexte de prise de conscience des problématiques environnementales et des effets néfastes de la fragmentation des paysages, a peu à peu repris le concept de réseaux écologiques en le transposant sur l'organisation spatiale des paysages (Debray, 2011). On constate qu'au sein même de cette discipline, il n'existe pas de définition faisant office de référence et elle varie en fonction de l'approche adoptée par les études traitant de ce sujet.

En dépit de cette polysémie, l'une des définitions reprises par plusieurs études est celle d'Opdam (2006) qui caractérise les réseaux écologiques « *comme un ensemble d'écosystèmes d'un même type, reliés en un système spatialement cohérent par des flux d'organismes, et interagissant avec la matrice paysagère dans laquelle il s'inscrit* » (Opdam et al., 2006, p. 324). En d'autres termes, ils décrivent, dans un espace fragmenté, les habitats et les liens existants, entre eux, par lesquels les espèces se dispersent. Dans ce contexte, les nœuds et les liens,

précédemment mentionnés dans la définition *stricto sensu* écologique des réseaux, se rapportent ici à des structures paysagères et non directement aux espèces.

Les réseaux écologiques se décomposent généralement en trois structures paysagères (figure 1) ayant chacune une fonction et une valeur écologique spécifique : les zones nodales, les corridors et les zones tampons (Bernier & Théau, 2013; Nor et al., 2017; Wang et al., 2021).

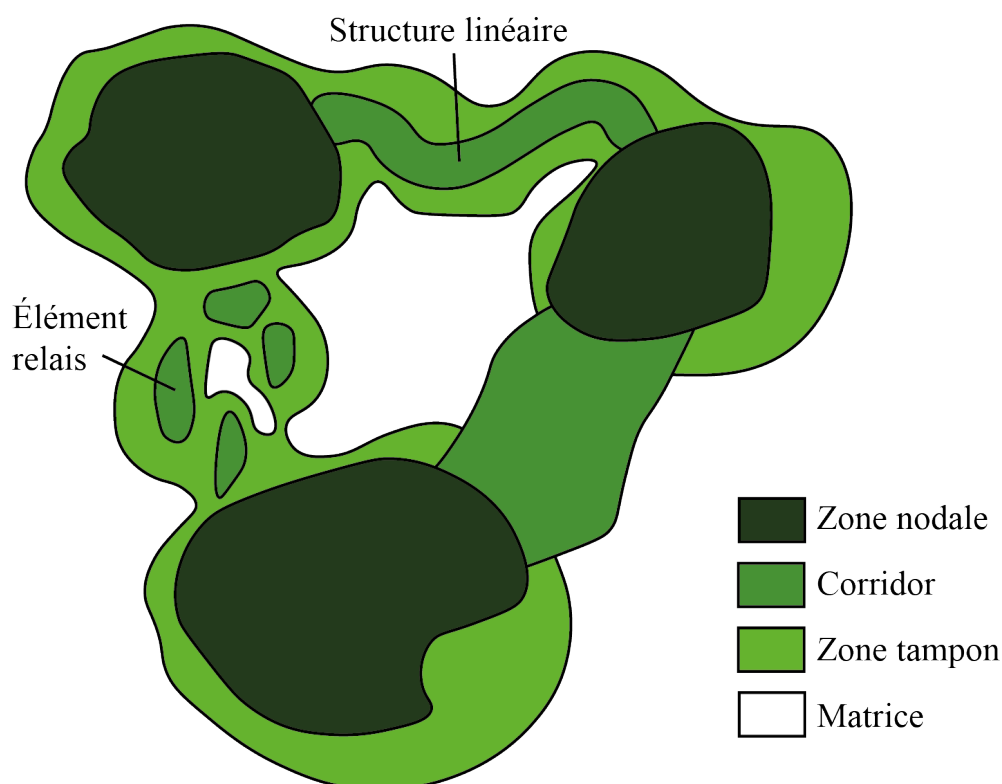


Figure 1: Composantes d'un réseau écologique (Adapté de Bernier & Théau, 2013)

Zones nodales

Les zones nodales ou noyaux correspondent à des espaces naturels caractérisés par leur rôle de réservoirs de faune et de flore du fait qu'elles constituent des zones où les espèces peuvent exercer la majorité de leur cycle de vie et depuis lesquelles elles se dispersent vers d'autres zones nodales (Bernier & Théau, 2013). Plus leur taille est importante et leur qualité est élevée, plus il y aura d'espèces et plus elles seront nombreuses et réparties sur le territoire plus le degré de connectivité écologique pourra être élevé (Clergeau & Blanc, 2013). Elles correspondent, par exemple, à de grandes surfaces forestières, herbacées ou aquatiques. On parle également de zones nodales secondaires lorsque leur taille est plus restreinte et ne permet pas à la plupart des espèces d'effectuer l'ensemble de leur cycle de vie en leur sein (Clergeau & Blanc, 2013). Ces espaces se retrouvent particulièrement en ville sous la forme de jardins et de parcs publics.

Corridors

Les corridors ou zones de liaison sont des éléments qui assurent la connectivité entre les zones nodales et limitent la fragmentation des habitats naturels. Ils permettent le déplacement des espèces ainsi que les échanges physiques et génétiques entre les réservoirs. Ces zones peuvent remplir également d'autres rôles comme ceux d'habitat, de filtre, de barrière, de source ou de puits en fonction de leur configuration, de leurs caractéristiques et des espèces qui les empruntent (Figure 2 ; Bergès et al., 2010).

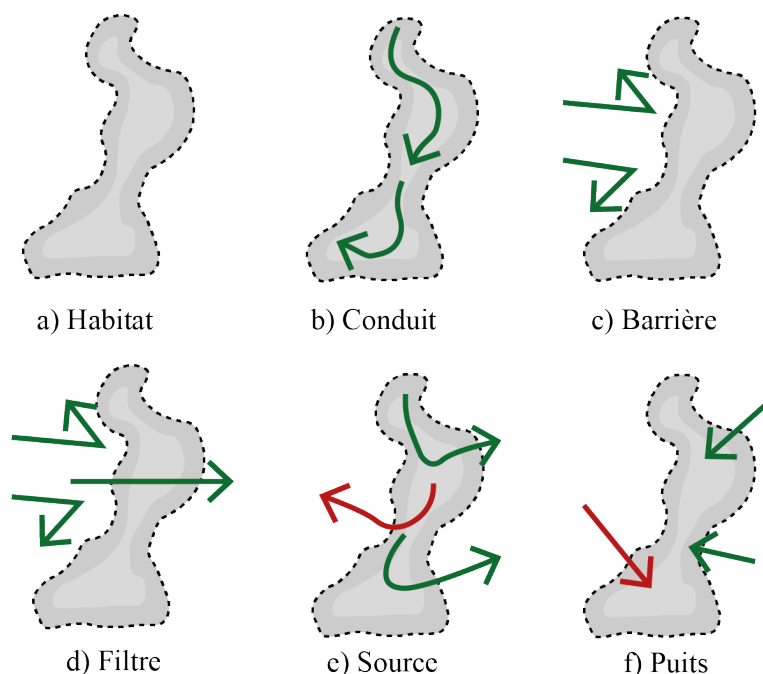


Figure 2 : Différentes fonctions des corridors écologiques (Adapté de Bergès et al., 2010)

De manière générale, ces corridors se distinguent sous trois formes (figure 3) :

1. Les corridors continus, avec des structures linéaires, ou en nœuds sont des liaisons continues à travers un environnement inhospitalier ; ils sont utiles généralement aux espèces supportant mal les changements de milieu au cours de leurs déplacements (Bennett, 2003).
2. Les corridors discontinus constituent une suite de plusieurs patches d'espace de nature séparés par intervalle par une matrice inhospitalière. Ce type d'élément est décomposé lui-même en trois formes en fonction du rôle attribué. Premièrement, le pas japonais ou « stepping stone » sert en général uniquement au déplacement en offrant des espaces plus sécurisants que le paysage alentour. Deuxièmement, les relais qui permettent également le déplacement, particulièrement de grande distance, mais offrent en plus la

possibilité d'une brève halte pour les espèces qui les empruntent. Enfin, l'îlot-refuge, proche de la fonction de la zone nodale, offre la possibilité d'un séjour plus long en son sein où certaines espèces peuvent couvrir leurs besoins temporairement. Les corridors discontinus sont des liaisons utiles aux espèces pouvant effectuer de courts déplacements dans des environnements inhospitaliers et se retrouvent particulièrement dans les espaces fortement fragmentés (Bennett, 2003).

3. Les mosaïques paysagères sont des suites d'espaces naturels non perturbés et d'espaces naturels modifiés, mais où il n'existe pas de discontinuités nettes entre ceux-ci. Ce type de structure est utile à certaines espèces tolérant dans leur déplacement des types d'habitats différents (Bennett, 2003).

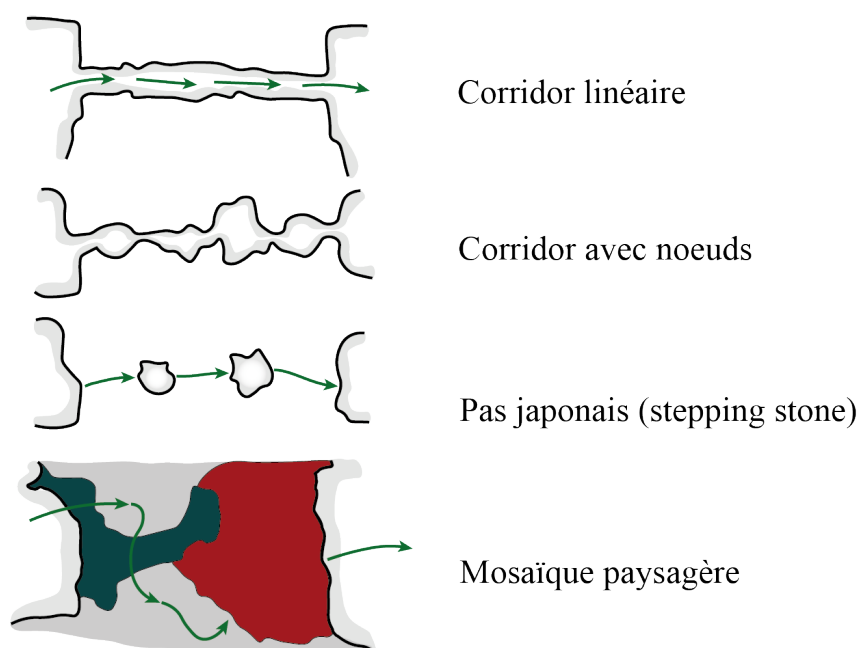


Figure 3 : Différentes formes de corridors écologiques (Adapté de Bergès et al., 2010)

Zones tampons

Les zones tampons sont des espaces de transition entourant les différents éléments du réseau qui protègent des perturbations externes provenant des zones alentour inhospitalières (la matrice). Ces zones sont souvent multifonctionnelles du fait qu'elles sont à l'interface entre activité humaine et habitat naturel (Bernier & Théau, 2013). Elles peuvent également servir d'habitat, dépendamment de leurs caractéristiques, pour des organismes spécifiques.

Matrice

La matrice n'appartient pas strictement au réseau écologique, mais elle est l'espace qui environne les éléments qui le composent. Elle se caractérise comme étant le milieu impropre

au cycle de vie des espèces et forme un obstacle au déplacement des organismes. Elle peut être traversée par des espèces mobiles lorsque son imperméabilité n'est pas excessivement forte (Clergeau & Blanc, 2013).

En définitive, les réseaux écologiques sont une approche qui permet de juger du degré de connectivité écologique d'un espace donné et de considérer comme un ensemble d'une part l'aspect fonctionnel de la connectivité, focalisé sur l'individu et les caractéristiques des structures paysagères, et d'autre part sur son aspect structurel, focalisé sur l'organisation et la configuration spatiale des structures paysagères. Nous avons ici mis en évidence ce que représente un réseau écologique au sens de l'écologie du paysage sans lui attribuer de fonctions. Or, comme nous l'avons brièvement introduit plus haut, le renforcement de réseaux écologiques comme outil de restauration de la connectivité écologique est, depuis plusieurs années, considéré comme une stratégie de conservation de la biodiversité appropriée face à la fragmentation du paysage (Baguette et al., 2013; De Montis et al., 2016; Ignatieva et al., 2011; nous nous attarderons plus tard, dans cette revue de la littérature, sur le développement de cette idée). Si elle a d'abord été pensée dans les espaces ruraux, elle est de plus en plus, malgré une recherche limitée, développée dans les zones urbaines (Nor et al., 2017). En effet, le milieu urbain appelant à toujours plus de nature pour améliorer le cadre de vie des habitants, il a su trouver dans les réseaux écologiques l'opportunité de répondre d'une part à cet enjeu, mais également dans le même temps à la conservation de la biodiversité et aux problèmes environnementaux (Clergeau & Blanc, 2013).

4.1.1. Approches et méthodes de restauration de réseaux écologiques en milieu urbain

Selon De Montis et al. (2016), la restauration des réseaux écologiques se distingue selon trois approches : 1) « *l'approche physiographique, centrée sur le maintien et le renforcement de la structure spatiale des différents écosystèmes existants* » (De Montis et al., 2016, p. 313) ; 2) « *L'approche fonctionnelle, orientée vers la gestion des processus écologiques* » (De Montis et al., 2016, p. 313), autrement dit, sur la restauration fonctionnelle des espaces nécessaires au cycle de vie des espèces cibles ; 3) « *l'approche d'aménagement, centrée sur une perspective d'aménagement multifonctionnelle : écologique, récréative, esthétique, etc.* » (De Montis et al., 2016, p. 313). Bien que chaque approche puisse être adoptée indépendamment des autres, il est constaté qu'elles sont souvent dans les projets de restauration mobilisées en même temps (De Montis et al., 2016).

La restauration des réseaux écologiques en milieu urbain comprend en règle générale la revalorisation et la protection d'espaces verts existants (zones nodales), la création de nouvelles formes spatiales (corridors continus et discontinus, zones nodales secondaires, zones tampons, etc.), la réduction de l'imperméabilité de la matrice urbaine et la restauration de la connectivité écologique entre les parcelles d'espaces verts (Nor et al., 2017; Kong et al., 2010). Ces objectifs généraux et l'ampleur des mesures pour y répondre doivent découler d'un diagnostic aussi précis que possible sur l'état du réseau. Selon Baguette et al. (2013, p.321), cinq étapes sont nécessaires dans cette phase de diagnostic : 1) *sélectionner des types d'écosystèmes et leurs espèces parapluie*², 2) *cartographier les habitats et leur qualité*, 3) *évaluer les liens entre les populations et leur capacité de dispersion à l'aide d'outils génétiques*, 4) *proposer des mesures de gestion des paysages spécifiques aux espèces*, 5) *superposer les différents réseaux pour la mise en œuvre d'actions de conservation multi-espèces adaptées*. Cependant, la difficulté d'une telle méthode est la sélection des espèces parapluies et la résolution des conflits entre espèces engendrés par la superposition des réseaux écologiques (Baguette et al., 2013).

5. Développement et enjeux historiques de la connectivité écologique en tant que stratégie de conservation de la biodiversité en milieu urbain

Les milieux de vie humains, à leurs prémices, constituaient des espaces peu denses où les habitations se trouvaient disséminées en fonction des caractéristiques naturelles du paysage. Ainsi ces espaces étaient inclus au sein d'une matrice naturelle. L'avènement du milieu urbain, initié particulièrement par la révolution industrielle, va réorganiser drastiquement l'occupation du sol de ces milieux, remplaçant la matrice naturelle par une matrice du bâti où les espaces verts sont réduits à des parcelles isolées et impropres à la satisfaction des besoins de la majorité des organismes (Ignatieva et al., 2011). Ces espaces sont peu à peu convertis en parcs, jardins, cimetières, etc., mais restent isolés les uns des autres (Ignatieva et al., 2011).

Au 19^{ème} siècle émerge l'idée de connecter les parcs publics entre eux au sein des villes (Arrif et al., 2011). Frederick Law Olmsted, architecte-paysagiste américain connu notamment pour la conception de nombreux parcs urbains, aurait été un des premiers à proposer une planification pour la mise en réseaux des différents parcs publics (Clergeau & Blanc, 2013; Fábos, 2004). C'est dans ce contexte qu'on retrouve aux États-Unis, mais également dans plusieurs pays européens, durant la deuxième moitié du siècle, le développement de l'idée de *parkways*, de

² Espèce définie comme représentative de l'écosystème dans lequel elle vit et dont la préservation peut en partie ou totalement favoriser celle des autres (Caro et al., 2005).

État de l'art

larges bandes de promenades végétalisées permettant de relier entre eux les parcs urbains (Figure 4 ; Clergeau & Blanc, 2013; Fábos, 2004; Toublanc & Bonin, 2012). Cette conception de l'espace vert linéaire en ville, à cette époque, a une visée hygiéniste, récréative et esthétique, la nature étant considérée comme source de santé, de régénération et de salubrité et permettant de contrer l'avitilissement industriel de la ville (Clergeau & Blanc, 2013; Ignatieva et al., 2011; Mehdi et al., 2012; Toublanc & Bonin, 2012). Ces premières traces de la volonté de créer un maillage vert à travers un réseau interconnecté de parcs urbains linéaires constituent les prémices de ce que l'on appellera plus tard les trames vertes ou réseaux écologiques. Le développement de ces réseaux d'espaces verts n'est pas motivé par des nécessités écologiques, même si fortuitement ils ont pu favoriser la biodiversité, mais sont pensés à des fins d'aménagement du milieu urbain pour répondre à des nécessités d'ordre social. Ainsi la nature, dans la lignée de pensée de cette époque, est encore largement considérée sous une perspective utilitariste et anthropocentrique (Toublanc & Bonin, 2012).

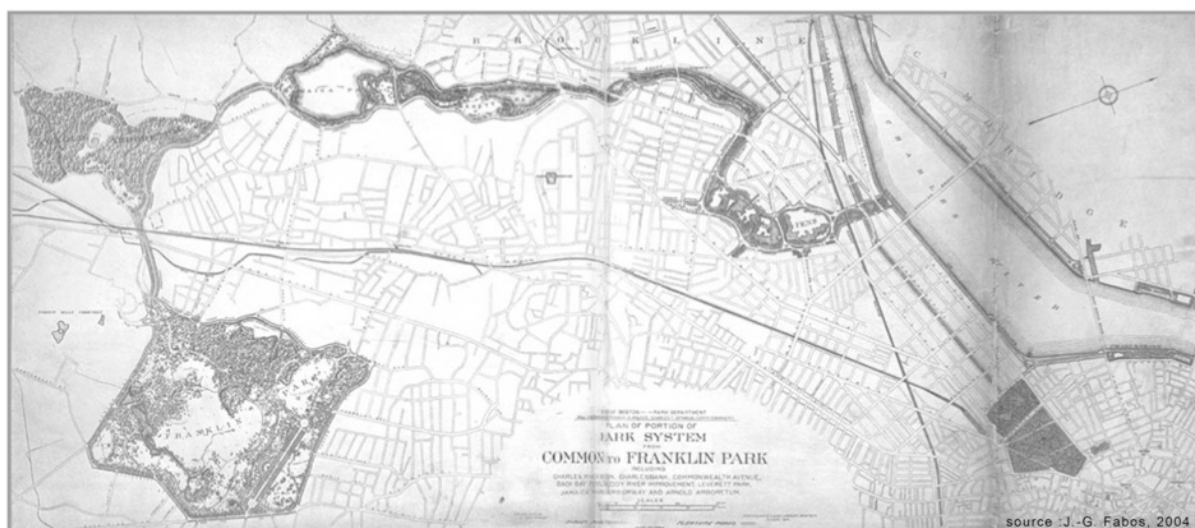


Figure 4 : Système de parcs urbains à Boston et dessiné par Olmsted en 1857 (Fábos, 2004)

Si l'idée de réseaux d'espaces verts urbains semble s'être développée dans un premier temps aux États-Unis, on constate qu'au fil de la première partie du 20^{ème} siècle, dans une partie de l'Europe, les concepts d'aménagement d'espaces de verdure en ville vont également connaître une évolution importante. La création, au sein des zones urbaines, de systèmes de parcs urbains (terrains de récréation, avenues-promenades, grands parcs urbains, jardins de quartier, etc.) propre à l'idée initiale des *parkways* vont peu à peu laisser place à un autre concept, les *Green Belt*. Il se traduit par des systèmes de ceintures vertes entourant les villes et constitués d'espaces naturels ou semi-naturels (Clergeau & Blanc, 2013; Mehdi et al., 2012; Toublanc & Bonin,

2012). L'idée de trame verte dans cette configuration n'a plus pour ambition principale d'assurer un certain esthétisme et une certaine salubrité au milieu urbain et plus largement le développement de la continuité des espaces verts au sein même de la matrice urbaine, mais cherche à limiter l'étalement urbain à sa périphérie et favoriser le développement d'aires agricoles et naturelles autour de la ville (Clergeau & Blanc, 2013).

Cette approche va se poursuivre, et même s'intensifier en Europe, durant la deuxième partie du 20^{ème} siècle, du fait de la reconstruction des infrastructures urbaines détruites à la suite de la Seconde Guerre mondiale qui laisse entrevoir un fort étalement urbain. La couronne d'espaces verts en périphérie de la ville peut donc plus que jamais agir comme barrière à ce dernier (Clergeau & Blanc, 2013). Cependant, les continuités vertes incluses au sein de la ville sont toujours présentes dans la pensée de certains urbanistes-paysagistes en Europe (Clergeau & Blanc, 2013). Ils soutiennent l'importance des pénétrantes vertes dans le milieu urbain. Certaines villes européennes vont alors s'attacher à reverdir leur centre urbain, mais cet objectif se conclura souvent par la création de patches verts isolés omettant l'idée de trames vertes et de ce fait de connectivité écologique. À nouveau ces aménagements sont essentiellement mis en place dans l'idée de restreindre le développement du bâti et d'assurer sa discontinuité ; ainsi l'approche est quasi exclusivement paysagère (Toublanc & Bonin, 2012).

Les années 80 vont constituer un tournant dans l'approche des continuités vertes avec le retour de l'idée de les développer au sein du tissu urbain. C'est à cette même période que pour décrire ces structures, la notion de trame verte va définitivement être employée (Toublanc & Bonin, 2012). Si en majeure partie elle vise toujours à limiter le front urbain, elle cherche également à offrir de nouvelles fonctions. En effet, les schémas directeurs d'aménagement de ces zones vertes se concentrent sur le développement de l'idée de zones tampons évoquées déjà dans les années 70. Ainsi les buts principaux sont de relier la ville à la nature et d'améliorer l'interface ville-campagne (Arrif et al., 2011; Toublanc & Bonin, 2012). Malgré cette évolution, la trame verte réaffirme, dans une nouvelle conception, sa fonction paysagère, urbanistique et récréative, elle délaisse encore dans sa mise en place les préoccupations environnementales et dans une plus grande mesure celles écologiques. Pourtant, ces années correspondent à une période charnière dans la prise de conscience des problématiques environnementales et écologiques, provoquée entre autres par différentes théories mettant en exergue les effets néfastes des activités humaines sur l'environnement et la biosphère. Qui plus est, les bénéfices de la continuité des espaces naturels commencent à être théorisés par les chercheurs de la nouvelle branche de l'écologie du paysage, mais ses enjeux sont rarement pris en compte dans la

justification et la conception de zones vertes en milieu urbain (Arrif et al., 2011). En fin de compte, si elles ne visent pas à répondre à ses préoccupations, l'accentuation du développement des trames vertes est d'une certaine manière causée par ces dernières.

Poussée par ces nouveaux enjeux, la notion de trame verte va connaître, dans les années 90, une mutation importante. En effet, la mise en lumière par la Convention sur la diversité biologique (1992) des menaces pesant sur la biodiversité et la théorisation de l'importance de la connectivité écologique pour la sauvegarde de la biodiversité va transformer la trame verte d'un outil quasi exclusivement urbanistique et paysager en un outil potentiel à la conservation de la biodiversité mondiale et urbaine (Mehdi et al., 2012; Toublanc & Bonin, 2012).

Dans ce contexte, la notion de réseau écologique urbain, mise en avant par l'écologie du paysage, va être reprise pour parler de l'aspect biologique de la trame verte et de son impact bénéfique sur la biodiversité. Face à ce changement de paradigme, les continuités écologiques deviennent un enjeu intégrant les politiques environnementales internationales. En Europe, une stratégie paneuropéenne sur la diversité biologique et paysagère est définie en 1995. Elle vise entre autres la restauration d'un réseau écologique viable sur l'ensemble du continent européen (Nations Unies, 2007). En France, dans le sillage de cette idée, le Grenelle de l'environnement instaure, en 2007, la nécessité de reconstituer une trame verte et bleue pour préserver la biodiversité. Cette idée s'apparente à un réseau écologique à l'échelle nationale (Toublanc & Bonin, 2012). La Suisse va également, dès 1997, suivre l'orientation européenne et internationale en adoptant plusieurs conceptions paysagères et écologiques à l'échelle du pays et en établissant définitivement en 2004 un plan de réseau écologique national (OFEFP, 2004).

En définitive, ces politiques environnementales vont s'étendre au milieu urbain où leurs potentiels écologiques sont de plus en plus considérés. De nombreuses villes, dès lors, vont s'attacher à restaurer les continuités écologiques disparues pour reformer des réseaux écologiques prouvant ainsi que cette approche devient incontournable pour la conservation de la biodiversité et dans une plus grande mesure comme outil d'implantation des espaces verts pour répondre à des besoins sociaux (Clergeau & Blanc, 2013). En effet, si l'on constate que la mise en place de continuités écologiques et plus largement des espaces verts en milieu urbain durant le début du 21^{ème} siècle répondent à de nouvelles préoccupations écologiques et environnementales, elles sont dans leur opérationnalisation toujours envisagées sous l'angle du paysage et de son utilité sociale (Clergeau & Blanc, 2013). La notion de trame verte urbaine n'est en définitive pas cantonnée dans une définition exclusive, la pluralité de termes pouvant

faire écho à celle-ci en est une preuve. L'évolution qu'elle a subie depuis deux siècles, passant d'une conception de l'aménagement urbain à celle d'un système écologique, fait qu'aujourd'hui sa définition est multiple et dépendra du contexte dans lequel cette notion est évoquée et des disciplines et acteurs qui l'emploient.

5.1. La nature en ville entre nécessités sociales et écologiques

Ce bref historique de l'évolution du rapport à la nature en ville et à la connectivité écologique, comme nous l'avons vu, permet de révéler la double conception actuelle qui régit la mise en place des structures de continuité écologique : d'une part l'approche environnementale et écologique et d'autre part l'approche paysagère et sociale. Ainsi, elles participent à l'embellissement de la ville, à l'usage récréatif, à la circulation des personnes, favorisent la biodiversité, l'agriculture urbaine, l'épanouissement et les liens sociaux, fournissent des emplois et régulent l'étalement urbain et les problèmes environnementaux (Arrif et al., 2011; Blanc et al., 2012).

La connectivité écologique urbaine est donc multifonctionnelle et influencée par le caractère éminemment social du milieu urbain (Mehdi et al., 2012). Cela démontre qu'elle est plus qu'un concept scientifique, elle est également un enjeu de société multidimensionnel. En fin de compte, il n'est pas question d'affirmer, ici, une dichotomie entre approche sociale et écologique dans la manière de se saisir d'enjeux écologiques, mais cet historique rend compte que la connectivité écologique, dans le contexte urbain, ne constitue pas une réponse à la seule problématique de la fragmentation du milieu urbain. Plus encore, pour certains auteurs, la connectivité écologique et plus largement la nature en ville « *est encore aujourd'hui principalement un élément du décor urbain, de l'architecte et de l'urbaniste* » (Arrif et al., 2011, p.11), admettant ainsi l'absence de la perspective écologique dans les structures de continuité écologique. Si cette affirmation est vraie, en matière d'écologie du paysage, cela signifierait une focalisation exclusive sur les aspects structurels de la connectivité écologique, qui nous l'avons vu plus haut, est insuffisant pour répondre aux besoins fondamentaux des espèces.

Dans ce contexte, la question des conceptions et des objectifs privilégiés dans la mise en place de structures de connectivité écologique en milieu urbain est importante pour la compréhension de la viabilité d'un réseau écologique en milieu urbain. De surcroît, la pluralité d'éléments, listés ci-dessus, auxquels la connectivité écologique est associée ainsi que la configuration du bâti des milieux urbains, les nombreux acteurs impliqués dans sa mise en place et le manque de

État de l'art

connaissances en matière d'écologie urbaine peuvent être des obstacles à la connectivité écologique en milieu urbain (Blanc et al., 2012).

II. Présentation de la recherche

1. Problématique

À l’instar d’autres causes au déclin de la biodiversité, la fragmentation croissante du paysage découlant de l’augmentation de surfaces anthropisées constituerait la première menace pour la diversité biologique (Fischer & Lindenmayer, 2007). Si ce phénomène engendre une multitude d’impacts sur le biote et les écosystèmes naturels, il affecte particulièrement la capacité des organismes à se déplacer (Baguette et al., 2013). Or, cette capacité est essentielle, entre autres, à la satisfaction des besoins fondamentaux des organismes, au maintien de la stabilité des écosystèmes et aux échanges génétiques au sein des populations (Jeltsch et al., 2013). Dans ce cadre et dans la lutte contre l’érosion de la biodiversité, dont la nécessité a été établie par la Convention sur la diversité biologique en 1992, plusieurs stratégies pour la restreindre ont été formulées dont celle de la restauration de la connectivité écologique entre habitats naturels. Dans ce contexte, divers projets se sont développés à travers le monde visant à restaurer des réseaux écologiques. La plupart de ces projets de conservation de la biodiversité se conçoivent dans les zones où la présence humaine est relativement faible (Miller & Hobbs, 2002). Cependant, la fragmentation des habitats naturels est particulièrement avancée au sein des milieux urbains. Le développement et la densification des villes dans le monde constitueraient une des causes au déclin de la biodiversité (Bolund & Hunhammar, 1999; Mcdonald et al., 2008; McKinney, 2006).

Passant de 320'000 habitants et habitantes en 1991 à 433'000 en 2020 (OFS, 2021), l’agglomération lausannoise n’échappe pas à ce phénomène. L’urbanisation et la densification qu’elle a connue durant les deux derniers siècles ont coïncidé avec la perte d’espaces de valeur écologique exceptionnelle et une diminution importante de sa biodiversité. En effet, la situation géographique de l’agglomération et son climat particulier offrent des conditions propices à une diversité biologique élevée et des habitats variés. Qui plus est, elle se trouve à un carrefour important pour la biodiversité où se rencontrent des espèces nord-européennes et méditerranéennes (Cudry, 2009).

Depuis le 19^{ème} siècle, 299 espèces végétales (25 % de celles recensées à ce jour) auraient disparu de l’agglomération lausannoise (Ville de Lausanne, 2012). Le milieu urbain lausannois est également sujet à une diminution de la richesse spécifique en direction de son centre-ville et à un remplacement d’espèces indigènes spécialisées par des espèces généralistes (Ville de Lausanne, 2012). Cependant, l’agglomération lausannoise et particulièrement la ville de

Présentation de la recherche

Lausanne est engagée depuis de nombreuses années dans le reverdissement de son territoire. Si les espaces verts couvraient 77 ha en 1940 à Lausanne, ils couvrent aujourd'hui 328 ha (Curdy, 2009) ce qui correspond à 44 % de la surface communale lausannoise (Ville de Lausanne, 2012). Cette augmentation des espaces verts visait dans un premier temps à développer les lieux de détente et de loisir ainsi que les liaisons piétonnes entre ceux-ci. Face à la montée des préoccupations environnementales et écologiques, les services de la nature en ville de Lausanne vont s'orienter vers une diversification des espaces de nature, prenant plus en considération ces enjeux (Curdy, 2009). Cette stratégie est dans la lignée d'une nouvelle approche de l'organisation des espaces urbains non construits, elle porte le nom de gestion différenciée des espaces verts urbains. Née en France dans les années 80 et diffusée en Europe par la suite, elle fait son apparition en Suisse romande pour la première fois à Lausanne (Ernwein, 2016). Ses objectifs sont de rendre les espaces de nature plus fonctionnels, d'améliorer la qualité de vie et paysagère en ville et de mieux répondre aux enjeux environnementaux et écologiques (Curdy, 2009). Plus précisément, cette approche caractérise chaque espace de nature selon leurs valeurs écologiques, d'usage et de maintenance, cette évaluation permet de définir lesquelles devront être prioritaires (Ernwein, 2016). De cette approche, qui se concentre surtout au niveau parcellaire, et dans le cadre des nouvelles directives fédérales et cantonales sur la mise en place de réseau écologique, la ville de Lausanne va peu à peu s'emparer de la nécessité d'aménager un réseau écologique à l'échelle de son agglomération.

Cependant, la restauration de continuités écologiques en milieu urbain fait face à plusieurs enjeux, notamment scientifiques. En effet, bien que le concept de connectivité écologique soit largement documenté au niveau de sa nécessité pour le maintien de la biodiversité, les connaissances sur son application concrète, dans le cadre de stratégies de restauration, sont beaucoup plus lacunaires (LaPoint et al., 2015). Cette complexité provient en majeure partie de la double dimension, fonctionnelle et structurelle, de la connectivité écologique qui demande pour sa restauration des connaissances détaillées, d'une part, sur la configuration spatiale des liaisons biologiques propice aux déplacements des individus et, d'autre part, sur leur composition qui assure qu'elles soient empruntées par des espèces cibles (Baguette et al., 2013). Qui plus est, les stratégies de liaison en milieu urbain rentrent directement en concurrence avec l'occupation du sol préexistante et les autres politiques de développement des villes ne facilitant ainsi pas le déploiement efficace de structures de connectivité écologique (Miller & Hobbs, 2002). Face à ces éléments, la restauration de la connectivité écologique en milieu urbain requiert la prise en considération d'un grand nombre d'éléments pour avoir un impact

significatif sur la biodiversité. Pourtant, peu d'études se sont attachées à analyser le déploiement des réseaux écologiques en milieu urbain afin de rendre compte des enjeux de conception et de leur capacité à agir pour la conservation de la biodiversité. En l'état, nous posons la question générale de recherche suivante :

Dans quelle mesure la conception de la stratégie de reconnexion des habitats naturels dans le réseau écologique lausannois permet-elle de protéger la diversité biologique ?

Au vu de l'interrogation générale et des différents éléments mis en évidence ci-dessus, nous nous concentrons à examiner cinq sous-questions :

- Quelles sont les réflexions et les bases théoriques sous-jacentes dans la restauration du réseau écologique lausannois ? De quelle manière cette restauration est-elle mise en œuvre sur le territoire ?
- Quels objectifs cherche-t-elle à atteindre ? Quelles raisons sont invoquées ?
- Quelles sont les limites et les contraintes de la mise en place d'une telle infrastructure ?

Trois hypothèses de recherche, au vu de la question générale de recherche et de ses sous-questions, ont été dressées :

- La restauration de la connectivité écologique dans le réseau écologique urbain lausannois est basée sur une approche essentiellement physiographique et sur la mise en place de petites zones relais entre deux zones nodales qui répondent aux besoins d'espèces relativement communes et peu exigeantes.
- L'objectif de la restauration du réseau écologique lausannois est de contribuer à la protection de la biodiversité tout en profitant d'assurer le verdissement de l'agglomération lausannoise pour le bien-être humain, la sensibilisation de la population aux nécessités de conservation de la biodiversité et la protection de l'environnement. Cette pluralité d'objectifs peut réduire la place disponible pour la biodiversité et augmenter le nombre d'obstacles à son déplacement.
- Les conflits d'intérêts politiques, l'occupation des sols, les besoins financiers et le manque de connaissances limitent le déploiement de structures de connectivité écologique efficaces.

Ce travail se concentrera, dans un premier temps, sur la définition de la méthodologie, afin d'expliquer la méthode de collecte et d'analyse des données. Dans un deuxième temps, le contexte de déploiement du réseau écologique lausannois est formulé. Cette partie permet de

comprendre les raisons pour lesquelles l'agglomération lausannoise s'est engagée dans une politique de restauration de la connectivité écologique et de connaître les éléments sur lesquels elle se base. Dans un troisième temps, nous mettons en avant les résultats de la recherche. Enfin, dans une dernière partie, nous revenons sur les résultats et les hypothèses de recherche.

2. Méthodologie

Ce travail de recherche s'inscrit dans un cadre interdisciplinaire et une approche qualitative faisant à la fois appel aux sciences sociales et aux sciences naturelles. Selon Michon (2003, p.421) « *pour aborder les problèmes de gestion de la nature et, plus particulièrement, de la biodiversité, il était clairement fait appel à des démarches pluridisciplinaires centrées sur les interactions entre pratiques sociales et dynamiques de la biodiversité.* » Dans le cadre de notre étude, cette approche semble pertinente puisque les questions autour d'un réseau écologique en milieu urbain requièrent non seulement des bases théoriques issues de sciences rattachées à l'écologie et à la biologie, mais également des notions et des conceptions qui proviennent des sciences qui s'intéressent aux mécanismes qui régissent nos sociétés.

Dans un premier temps, la démarche méthodologique a été de construire un cadre théorique dans le but d'appréhender théoriquement l'analyse de l'objet d'étude. Ce cadre se base sur une revue de la littérature sur la conservation de la biodiversité en milieu urbain axé sur la restauration de la connectivité écologique. Dans un second temps, une récolte de données sur le cas d'étude a été effectuée.

2.1. Les outils de récolte de données

La récolte de données se base sur un croisement de données provenant de trois approches distinctes : l'enquête exploratoire, l'analyse de documents officiels et l'enquête par entretiens semi-directifs. Ce choix de sources de données multiples permet de réduire les biais et les lacunes de chaque méthode et permet d'approfondir l'étude du cas choisi (Roy, 2009).

L'enquête exploratoire

Une enquête exploratoire a été réalisée en amont de la formulation de la problématique et de la question de recherche définitive. Selon Sauvayre (2013, p.8), « *Cette étape est à la fois essentielle pour construire la problématique de la recherche, élaborer les hypothèses et choisir les méthodes les plus appropriées à l'objet de recherche* ». Elle a consisté en la lecture de documents en lien avec le cas d'étude choisi, d'études générales sur l'objet de recherche et d'un entretien avec madame Pascale Aubert chargée de la planification et du développement de la

nature en ville. Les informations récoltées dans cette phase préliminaire de l'étude ont permis d'une part de mieux s'appropriier le sujet de recherche et d'autre part de centrer la problématique sur un aspect particulier et pertinent du point de vue des connaissances déjà établies sur le sujet.

L'étude documentaire

La stratégie de restauration des réseaux écologiques urbains est une politique publique dans le sens où celle-ci est « *une intervention d'une autorité investie de puissance publique et de légitimité gouvernementale sur un domaine spécifique de la société ou du territoire* ». (Grawitz & Leca, 1985, cité dans Nyeck, 2014, p.384). De ce fait, des documents législatifs, de planification et des études sont associés à cette stratégie et leur étude permet de collecter des données déjà existantes sur le sujet. De manière plus précise, elle permet dans cette étude de définir le contexte et les parties prenantes de l'objet de recherche, de synthétiser la méthode, les réflexions et la planification de la stratégie de restauration du réseau écologique lausannois et d'extraire les objectifs de son déploiement. En particulier, les plans directeurs et d'affectation communaux et intercommunaux, les rapports de conception nationaux, cantonaux et communaux et les études sur l'objet de recherche ont été largement exploités.

Les entretiens semi-directifs

La majeure partie des données, pour déterminer les éléments non explicitement mentionnés dans les documents en lien avec le cas d'étude, ont été recueillies par des entretiens semi-directifs avec des acteurs ayant pris part directement à la conception de la stratégie de restauration du réseau écologique urbain lausannois. L'entretien est une méthode qualitative pour recueillir « *des informations et des éléments de réflexions très riches et nuancés.* » (Van Campenhoudt et al., 2011, p.170). Cette méthode est adaptée pour saisir le sens et les raisons des pratiques de l'enquête (Sauvayre, 2013). Dans le cadre de ce travail, elle semble pertinente notamment pour identifier les réflexions sous-jacentes à la planification de la restauration du réseau écologique urbain, ses objectifs implicites et les limites auxquelles font face les acteurs de la restauration d'une telle structure dans l'agglomération lausannoise. La variante d'entretien semi-directif a été choisie. Elle combine « *attitude non-directive pour favoriser l'exploration de la pensée dans un climat de confiance et projet directif pour obtenir des informations sur des points définis à l'avance* » (Berthier, 2010, p.78, cité dans Sauvayre, 2013, p.9). Elle permet d'approfondir un cas d'étude spécifique et permet à l'enquête de s'exprimer librement sur les interrogations relativement ouvertes et définies par l'enquêteur.

Un nombre relativement restreint d'entretiens a été effectué compte tenu des données collectées en amont par l'étude documentaire et du petit nombre de personnes directement impliqué dans

la planification du réseau écologique lausannois et ayant des connaissances suffisantes sur ce dernier. Nous nous sommes donc largement focalisés sur les personnes ayant pris part directement à l'étude fondatrice du réseau écologique lausannois. D'une part, nous avons réalisé un entretien avec le directeur (M. Eric Morard) du bureau ayant été mandaté pour analyser le réseau écologique et fournir un guide pour sa restauration. Cela a permis notamment de mieux cerner la composante biologique du réseau et son approche théorique. D'autre part, nous avons effectué des entretiens avec des membres du comité de pilotage de l'étude : la déléguée à la nature de la ville de Lausanne (deux entretiens avec Mme Pascale Aubert) et le directeur du bureau de la stratégie du développement de l'Ouest lausannois (SDOL ; M. Benoît Biéler) qui sont impliqués dans l'application sur le territoire des concepts développés. Ces entretiens se sont donc axés sur des questions en rapport avec la mise en place du réseau. Pour apporter une vision plus globale à nos données et comprendre l'articulation du réseau écologique avec les autres politiques sectorielles de la ville, nous avons également effectué un entretien avec un représentant du service de l'urbanisme de la ville de Lausanne (M. Yves Bonard).

2.2. Méthode d'analyse des données

Les données recueillies ont été décryptées sur la base de l'analyse par théorisation ancrée. Cette méthode d'analyse qualitative cherche à « *rendre compte de la dynamique d'une situation qu'il (le chercheur) a étudiée pendant un certain temps. Souhaitant aller au-delà de la simple description de ce qu'il a observé ou de ce qu'on lui a raconté, il désire cerner les processus, les logiques, les enjeux à l'œuvre* » (Paillé, 2019, p.192). Le but étant de faire émerger des catégories et du sens aux données empiriques récoltées et à conceptualiser les relations entre celles-ci. L'attention est portée sur le texte comme source de données, que ce soient des notes de terrain, des transcriptions d'entretiens, des journaux de bord, ou divers documents, par exemple (Paillé, 2019). Cette approche semble donc appropriée pour identifier les enjeux, sur la base des entretiens semi-directifs et des documents identifiés, de la restauration d'un réseau écologique en milieu urbain en relevant les éléments qui le guident et qui le limitent.

Mise en œuvre de la méthode d'analyse de données

Après la retranscription des entretiens et l'identification des éléments utiles dans les documents officiels sur le réseau écologique lausannois, la première phase a été de transformer les données brutes en une formulation plus scientifique et de mettre en évidence les éléments de réponses pour chaque sous-question. Nous avons employé un système de couleurs afin de faire ressortir séparément les réflexions et les théories sous-jacentes à la conception du réseau écologique, ses

objectifs et ses freins. Dans une deuxième phase, cette première grille d'analyse a ensuite subi une lecture approfondie pour mettre en relation les éléments de réponses dans différentes catégories et par thème de recherche. Le but de cette étape est de donner un sens plus général à l'ensemble des données brutes déjà triées.

3. Zone d'étude

Le périmètre d'étude (figure 5) a été identifié sur la base de l'analyse préliminaire du déploiement spatial de la politique du réseau écologique urbain lausannois et de l'Ouest lausannois. Rigidement, ce déploiement se cantonne au sein des limites des communes de l'Ouest lausannois, ayant adhéré à l'entité « stratégie et développement de l'Ouest lausannois » (Bussigny, Chavannes-près-Renens, Crissier, Ecublens, Prilly, Renens, Saint-Sulpice et Villars-Sainte-Croix), et de la commune de Lausanne. Cependant, les structures de connectivité écologique ne se limitent pas à des frontières administratives et une attention sur des zones hors périmètre est nécessaire pour se saisir des enjeux d'une telle infrastructure. Par souci de clarté, nous utiliserons le terme d'agglomération lausannoise, par la suite, pour parler de l'ensemble de cette zone d'étude et de réseau écologique lausannois pour parler de cette infrastructure dans

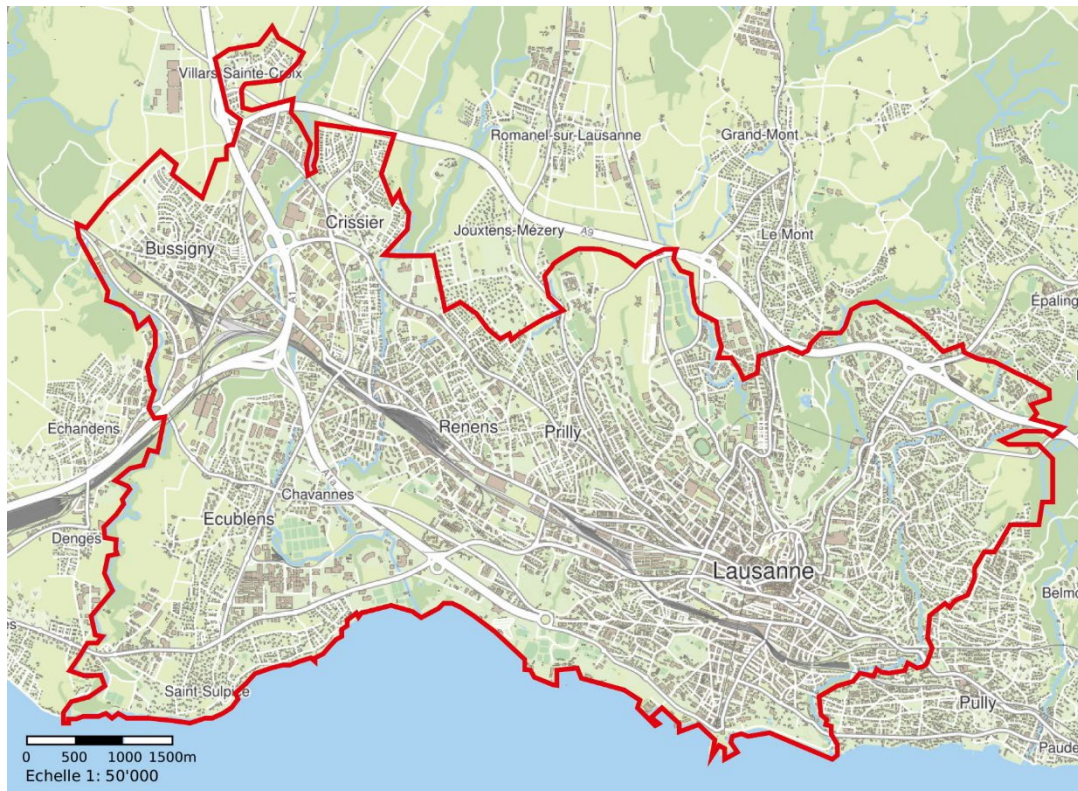


Figure 5 : Périmètre de déploiement du réseau écologique lausannois (adapté de Delarze, 2014a)

le périmètre défini.

III. Contexte du cas d'étude

Comme nous l'avons déjà brièvement introduit dans notre cadre théorique, la conservation de la biodiversité en milieu urbain axée sur la reconnexion écologique des habitats est issue de l'apparition de nouvelles préoccupations à l'égard de la nature qui peu à peu ont réorienté la gestion des espaces verts en ville. L'agglomération lausannoise fait partie de ces villes qui ont pris la mesure de ces nouvelles préoccupations et la mise en œuvre de sa trame verte découle d'un contexte général d'adoption à des échelles supérieures de politiques de restauration de réseaux écologiques. De cette manière, pour se saisir plus profondément du cas lausannois, il paraît nécessaire de s'attarder sur ces politiques historiquement adoptées à différents échelons qui jouent un rôle dans la manière dont le réseau écologique urbain lausannois est appréhendé et conçu.

1. Contexte international, national et régional

Sur le plan international, la nécessité de la connexion entre les zones essentielles pour la biodiversité a été formellement reconnue dans le Plan de mise en œuvre du Sommet mondial sur le développement durable de Johannesburg en 2002. Il est affirmé que pour réduire le rythme actuel d'appauvrissement de la diversité biologique, des mesures doivent être prises pour « *promouvoir la mise en place de réseaux et de couloirs écologiques aux niveaux national et régional* » (point 44g) (Nations Unies, 2002, p.38).

Au niveau européen, cette reconnaissance fait son apparition quelques années auparavant, en 1992, avec la directive « Habitats » de l'Union européenne. Elle a notamment pour objectif la mise en place d'un réseau écologique à l'échelle des pays de l'Union européenne : le « Réseau Natura 2000 ». Ce projet fait suite directement aux objectifs fixés par la Convention sur la diversité biologique lors du Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992. En 1995 et dans le cadre de la Stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère, les ministres européens de l'Environnement approuvent de nouvelles directives pour la constitution d'un Réseau écologique paneuropéen. Celui-ci vient compléter et détailler les différentes politiques en matière de réseau vert de l'Union européenne (Nations Unies, 2007). Enfin, en 1996 et dans le cadre de la convention de Berne, le réseau « Émeraude » est défini. Il sert à étendre le réseau « Natura 2000 » aux pays non-membres de l'Union européenne et à l'identification des zones nodales du Réseau écologique paneuropéen (Nations Unies, 2007).

Contexte du cas d'étude

Dans ce contexte, la Confédération suisse note la nécessité d'établir une stratégie de conservation et de gestion de la biodiversité et du paysage sur son territoire axée sur la mise en réseau des biotopes. Dès 1997, plusieurs principes directeurs vont être publiés et vont aboutir en 2004 à l'établissement d'un projet de réseau écologique national (REN ; figure 6) répondant à la stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère et se basant sur les prescriptions de cette dernière. Ce projet a pour objectif de limiter la destruction des habitats naturels qui est associée à la fragmentation des écosystèmes en prenant des mesures, non pas comme il était usuel de le faire, au niveau des grandes parcelles de nature, indépendamment de leur relation entre elles, mais au niveau de l'ensemble du tissu territorial, englobant ainsi les dynamiques écologiques et les flux d'échanges entre les différents milieux naturels (OFEFP, 2004). Ce projet se traduit, d'une part, par la valorisation, la reconstitution et la protection des habitats qu'ils soient terrestres, aquatiques ou aériens et, d'autre part, par le renforcement de la connectivité des milieux pour les besoins de la biodiversité. En outre, il sert également à la sensibilisation des gestionnaires du territoire sur la nécessité de l'interconnexion des milieux naturels et d'une meilleure contribution aux dispositions légales en matière de protection de la nature et du paysage (OFEFP, 2004).

Les résultats des travaux sur le REN permettent de mettre en évidence les différents écosystèmes naturels et semi-naturels sur le territoire suisse et les principales structures de connectivité écologique existantes et potentielles entre eux à différent niveau du territoire suisse. En effet, le REN se décompose en différents sous-réseaux permettant de préciser par région les caractéristiques du réseau écologique national (OFEFP, 2004). Ces sous-réseaux sont eux-mêmes décomposés en continuums qui se réfèrent à des milieux spécifiques du paysage suisse. Ils sont présumés être des milieux favorables à certains groupes écologiques de même ensemble fonctionnel et composés de plusieurs éléments continus (OFEFP, 2004). Cinq continuums ont été identifiés : les continuums forestiers, agricoles, prairiaux thermophiles, des zones humides et aquatiques (OFEFP, 2004). De ce découpage, différentes guildes d'espèces représentatives de chacun de ces milieux ont été prises en considération et permettent de préciser les zones nodales et leurs zones associées (d'extension, de développement et tampon) et de déterminer par l'étude de leur déplacement les corridors écologiques qui les connectent (OFEFP, 2004).

Contexte du cas d'étude

En définitive, le projet de réseau écologique national reste assez général et conceptuel. Il est admis par l'Office fédéral de l'environnement, en l'état de la publication du rapport, que les données utilisées pour la cartographie du REN sont parfois approximatives. Il est du ressort des cantons et des communes de préciser le réseau à l'échelle de leur territoire (OFEFP, 2004). Néanmoins, le REN offre une base de données importante pour la réalisation de réseaux écologiques à des échelles plus locales et notamment à l'échelle des villes. Plusieurs des zones nodales du réseau écologique lausannois sont issues des zones d'intérêt identifiées dans le REN.

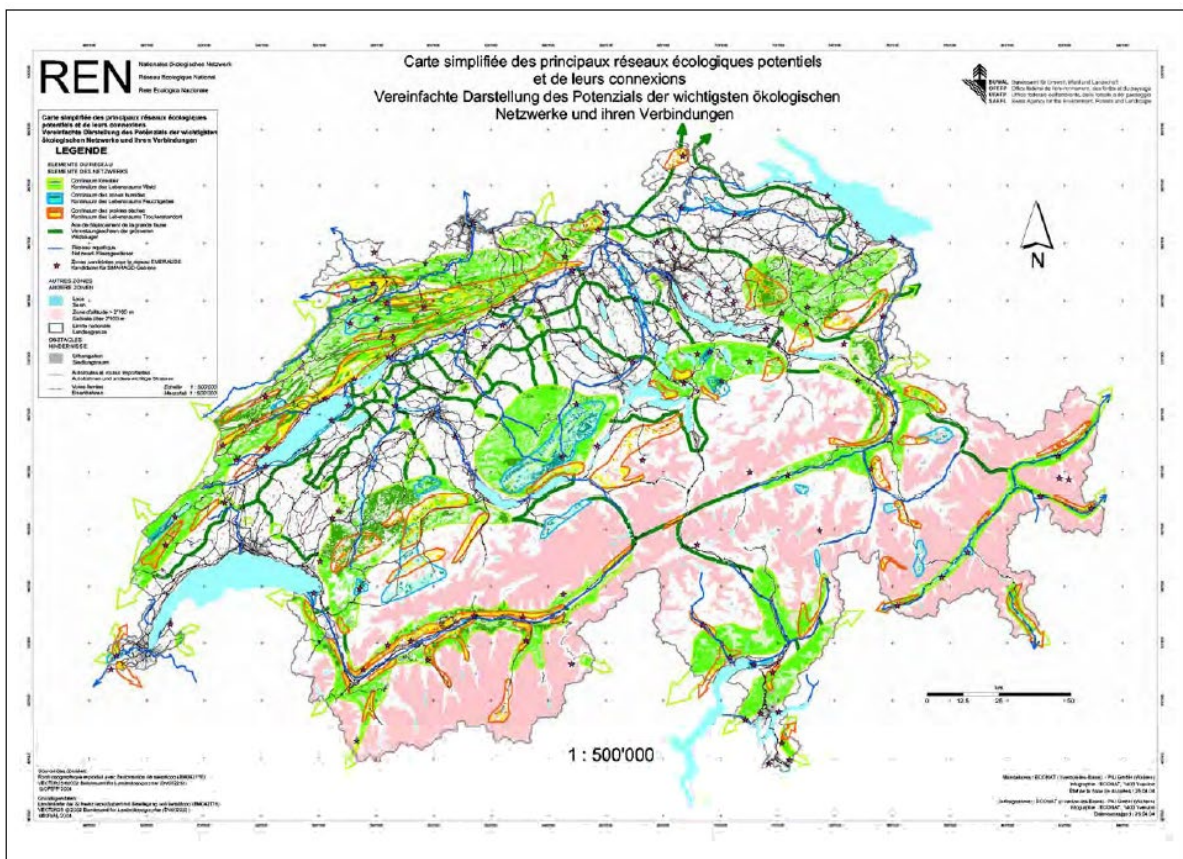


Figure 6 : Cartographie du réseau écologique national où différentes liaisons terrestres et aquatique (en vert et bleu) relie des réservoirs (OFEFP, 2004)

À la demande de la Confédération, l'État de Vaud a effectué une étude sur l'état du réseau écologique au sein de son territoire afin d'affiner les éléments identifiés dans le REN (Figure 7). L'analyse du rapport sur le réseau écologique vaudois (REC-VD) permet de constater que l'approche employée est similaire à celle du REN. Toutefois, certaines précisions et particularités qui visent à répondre aux spécificités de la région vaudoise sont discernables dans le REC-VD. De manière générale, la construction du réseau écologique vaudois se base également sur des sous-réseaux représentant les milieux caractéristiques du canton et précisant ainsi le découpage déjà effectué par la Confédération suisse (Canton de Vaud, 2012). Les

Contexte du cas d'étude

habitats et les liaisons biologiques, pris en considération, sont hiérarchisés selon le nombre de sous-réseaux qui s'y trouvent ainsi que le degré de menace et de rareté des espèces représentatives en leur sein (Canton de Vaud, 2012). Un regard particulier est donc porté sur les zones qualifiées d'« intérêt biologique prioritaire » correspondant aux zones de cycle de vie d'une part importante d'espèces d'intérêt et servant de maillons essentiels au réseau écologique (Canton de Vaud, 2012). Si certains sont à conserver en l'état, d'autres doivent faire l'objet d'un renforcement afin de garantir leur viabilité écologique. Cependant, ces zones se concentrent essentiellement dans les régions de moyenne à haute altitude moins affectées par les infrastructures humaines que les régions de basse altitude (Canton de Vaud, 2012). De ce fait, la majorité des espaces de faune et de flore d'intérêt, dans les régions de basse altitude, joue davantage un rôle de zones tampons, de relais ou de liaisons biologiques. Dans ce contexte, la connectivité écologique s'avère importante, dans ces régions, pour réduire l'incidence négative de surfaces moins propices au maintien de populations viables.

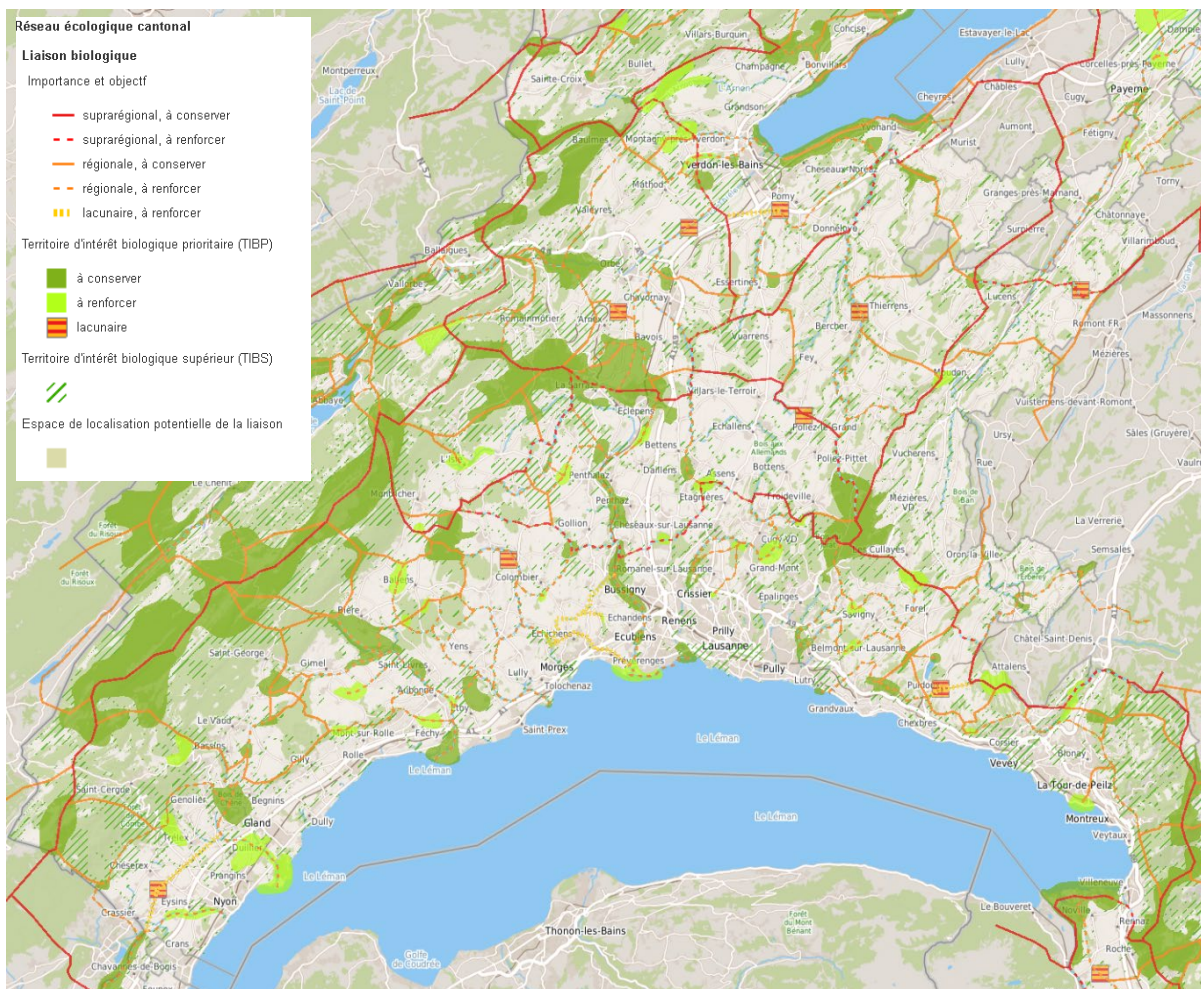


Figure 7 : Cartographie du réseau écologique cantonal (Canton de Vaud, s. d.)

Contexte du cas d'étude

Nous pouvons déjà constater en l'état que s'il existe une volonté de valorisation et de restauration de la connectivité écologique à différentes échelles de gouvernance (cantonale, nationale, continentale et internationale), elle se concentre essentiellement sur des territoires où la concentration du bâti est faible. De ce fait, le milieu urbain n'est que rarement considéré dans les différents plans d'action. Toutefois, les services de la nature du canton de Vaud prennent en considération, dans l'identification des sous-réseaux, le milieu bâti, mais affirment que ces zones ne doivent pas faire l'objet d'une conservation de la biodiversité sous la forme d'un réseau écologique compte tenu de la présence en majeure partie d'espèces spécifiques à ce milieu supportant les contraintes d'une fragmentation importante (Canton de Vaud, 2012). Autrement dit, les espèces présentes dans les milieux urbains sont adaptées à ces espaces et les mesures de conservation doivent être portées sur la gestion individuelle d'espaces préexistants et non sur leur relation. Nous constatons que l'espace urbain est ici considéré comme espace réservé à l'homme dans lequel la présence de nature est bénéfique, mais non essentielle. Les mesures de conservation doivent donc se faire au gré des opportunités admettant ainsi la prérogative des besoins humains sur ceux de la biodiversité.

2. Contexte au niveau local

Nous l'avons constaté, les politiques en matière de réseau écologique à différents niveaux supérieurs à celles de l'agglomération lausannoise se focalisent en grande partie sur les zones où l'urbanisation est relativement faible, laissant ainsi les milieux urbains décider de leur contribution aux réseaux écologiques supérieurs. La ville de Lausanne a lancé une étude, dès 2011, sur la conception d'un réseau écologique au sein de son agglomération. Cette dernière reprend les éléments déjà identifiés par des études antérieures, celles du REC-VD et REN, que nous avons déjà exposées, mais également celle du projet d'agglomération Lausanne-Morges (PALM). Le PALM réunit des instances de plusieurs communes autour de Lausanne et de Morges et vise à élaborer une vision commune du développement de l'agglomération. Une partie de ce projet se concentre sur la préservation de la nature, du paysage et de la biodiversité. Dans ce contexte, dès 2007 et face à la prise de conscience de l'impact négatif de l'urbanisation sur les espaces naturels et de verdure, la nécessité de recréer un réseau vert au sein de l'agglomération est prise en considération. À la différence du REN et du REC-VD, il est question plus largement de recréer au sein du périmètre du PALM un réseau d'espaces verts pour répondre à de multiples besoins et pas uniquement à la conservation de la biodiversité.

Le PALM a donc identifié les zones pouvant répondre à ses besoins au sein de l'agglomération et à sa périphérie afin d'assurer un réseau plus viable. Les zones identifiées excluent, cependant, les petits espaces verts qui peuvent être des zones importantes pour la biodiversité, mais dont la gestion est laissée aux acteurs des communes concernées (PALM, 2007). Les zones identifiées constituent les composantes de bases du réseau de l'agglomération et sont basées notamment sur l'identification préalable par les services de l'environnement du canton de Vaud (PALM, 2007).

Le réseau vert de l'agglomération inclut en définitive quatre composantes paysagères (Figure 8). Premièrement, les parcs d'agglomération, dont la fonctionnalité est multiple, se définissent comme de grands espaces à dominante de verdure et ouverts au public (PALM, 2007). Entre autres, ils correspondent à des aires de jeux, des jardins et des cimetières arborés, des rives du lac, des forêts, des terrains agricoles, des zones à bâtir, etc. Outre la prise en considération des besoins sociaux et paysagers dans l'aménagement de ces parcelles, il a été défini de valoriser les valeurs biologiques et paysagères de ces espaces. Deuxièmement, une concentration particulière a été portée sur les zones de campus du fait que, bien qu'ils accueillent plusieurs bâtiments imposants, ils sont des espaces comportant de grandes zones de verdure. Ils méritent, dans ce contexte, une attention particulière en matière de valorisation pour la biodiversité (PALM, 2007). Troisièmement, les sites ayant une valeur paysagère importante sont également une composante importante pour le réseau vert selon le PALM. Similaires au parc d'agglomération du fait qu'ils sont à dominante de verdure, ils se distinguent par le fait qu'ils sont souvent des espaces privés et ayant une valeur culturelle et paysagère importante (PALM, 2007). On retrouve dans cette catégorie notamment les vignobles, les vergers, les prairies, les champs, etc. À nouveau, ces espaces doivent faire l'objet d'une valorisation biologique en se concentrant particulièrement sur l'interface avec l'espace urbanisé. Enfin, les coulées vertes sont la dernière composante prise en considération dans le réseau écologique de l'agglomération (PALM, 2007). Celles-ci font référence à des espaces verts à protéger en raison de leur intérêt biologique. Elles agissent comme liaison entre les espaces verts de l'agglomération et ceux de la périphérie. Les coulées vertes forment des couloirs biologiques plus au moins continus (cours d'eau, cordons boisés, prairies, haies, allée d'arbres, etc.). Ces éléments doivent, selon le

PALM, être maintenus ou reconstitués afin d'assurer la continuité des espaces naturels (PALM, 2007).

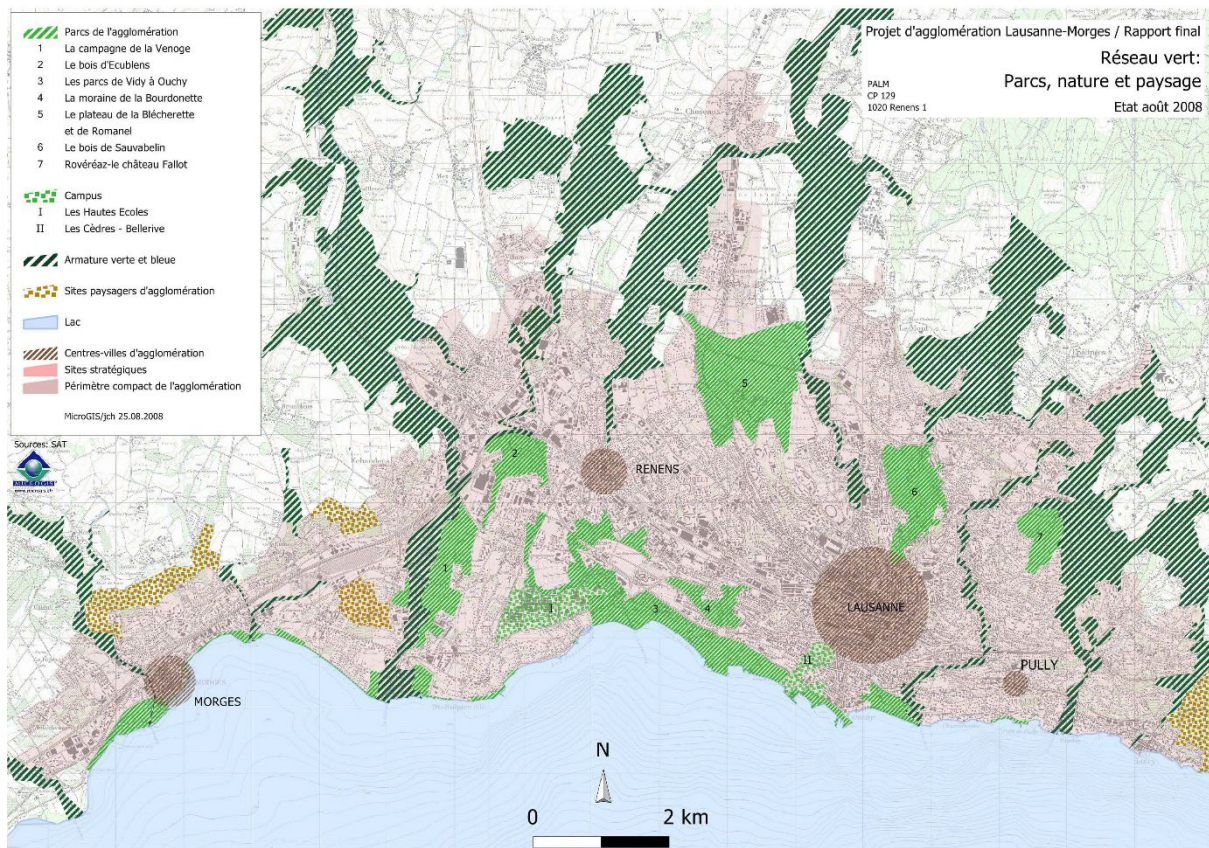


Figure 8 : Réseau vert du PALM tel que défini en 2008. Cette carte rend compte des différentes composantes prises en considération pour définir le réseau vert de l'agglomération Lausanne-Morges (PALM, 2008).

Cette première caractérisation effectuée par le PALM, outre l'aspect fonctionnel du réseau qui n'est pas abordé dans les rapports à son sujet, elle se révèle assez générale et n'offre pas la possibilité de visualiser précisément la structure du réseau écologique résiduel et potentiel de l'agglomération puisque seules les grandes zones d'intérêts et quelques grandes liaisons entre celles-ci sont identifiées. Ceci s'explique en partie par le fait que des espaces de nature plus petits ont volontairement été ignorés. Qui plus est, il n'est pas clair si le réseau vert identifié par le PALM se rapporte ici au simple maillage du territoire par des espaces de verdure ou s'il s'agit effectivement d'un ensemble d'éléments physiques et biologiques étant ou ayant vocation à être interconnectés entre eux. Si c'est cette première perspective qui est envisagée dans la caractérisation du réseau écologique, elle ne peut que partiellement apporter des solutions à la conservation de la biodiversité.

Contexte du cas d'étude

Il semble important de préciser que les éléments, ci-dessus mis en évidence, se rapportent au diagnostic de 2007 du réseau vert et que plusieurs éléments, lors des réévaluations de ce projet en 2012 et en 2016, ont été précisés notamment par la stratégie « parc, nature et paysage ». Cependant, nous n'avons pas pu nous procurer cette étude, mais il semblerait que cette réévaluation donne un cadre de référence pour les grandes structures du réseau écologique de l'agglomération et permet de visualiser les axes principaux qu'il convient de renforcer (Delarze, 2014a). Elle sert donc de trame de base pour l'identification et la restauration du réseau écologique urbain lausannois et doit être reprise par les autorités communales concernées.

On le comprend, la politique du réseau écologique urbain lausannois découle d'études et de mesures en amont et à des échelles supérieures. Elle agit dans la continuité et la cohérence de ce qui a déjà été identifié. Dans ce contexte, la base méthodologique et structurelle du réseau écologique urbain lausannois est issue en large partie du REN, du REC-VD et du réseau vert du PALM. La contextualisation de la politique sur le réseau écologique et les structures de connectivité écologique de l'agglomération lausannoise nous permettent d'esquisser un diagramme qui représente l'ensemble des acteurs chronologiquement impliqués ou ayant initié son déploiement (Figure 9).

Contexte du cas d'étude

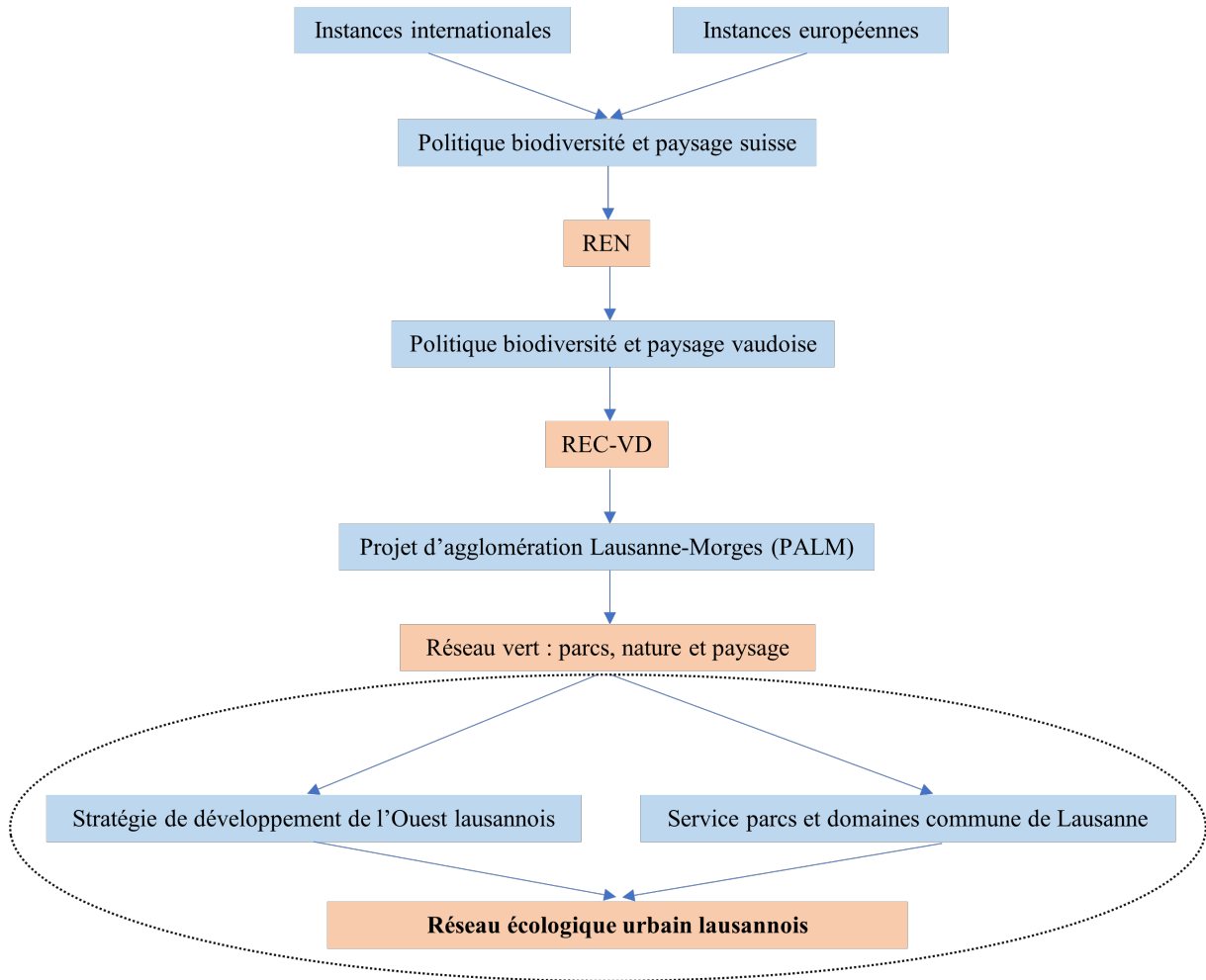


Figure 9 : Schéma des différentes politiques de réseaux écologiques en lien avec celle lausannoise

Ce diagramme met en évidence, en plus de l'aspect chronologique de la prise en considération de l'importance de la connectivité écologique en milieu urbain, que le réseau écologique urbain lausannois est inclus et répond en réalité à des stratégies plus globales. Les stratégies, du haut vers le bas, de restauration de la connectivité écologique (ici mise en évidence en orange) est en définitive une précision de celles qui la précèdent à une échelle plus locale. En ce sens, l'analyse des structures de connectivité écologiques au sein de l'agglomération lausannoise ne peut se faire en ignorant l'approche des stratégies mises en place en amont et à des échelles spatiales plus grandes.

Deux nouvelles entités ont été identifiées également dans ce diagramme : la Stratégie de développement de l'Ouest lausannois (communes de l'Ouest lausannois) et le service parcs et domaines de la commune de Lausanne. Bien qu'elles soient indépendantes l'une de l'autre, elles sont liées étant donné le déploiement spatial de ce qui est appelé le « réseau écologique urbain lausannois » qui couvre le territoire des communes concernées par ces deux instances.

Cependant, nous rappelons, comme déjà mentionnés plus haut, que le réseau écologique urbain de l'agglomération lausannoise, d'un point de vue strictement écologique, ne se limite évidemment pas aux frontières de ces communes. Le fait que la réalisation du réseau écologique lausannois se déploie sur les communes de l'Ouest lausannois et de la commune de Lausanne s'explique par la collaboration historique entre ces deux instances, notamment au travers d'un mandat commun pour une étude, achevée en 2014, à l'échelle de leur territoire ayant défini les mesures à prendre pour renforcer le réseau écologique. Dans ce contexte et sur la base de la zone d'étude prise en compte, nous présentons ces deux acteurs et mettons en avant les étapes ayant mené à la formulation d'une stratégie de restauration du réseau écologique sur leur territoire.

3. Les acteurs en jeu

3.1. Commune de Lausanne

La commune de Lausanne, comme nous l'avons vu, s'est saisie relativement tôt des enjeux environnementaux et écologiques dans l'organisation physique de la ville avec, dès 1990, une approche plus naturelle des espaces verts. Poussée par le développement des stratégies de conservation de la biodiversité aux échelles nationales et cantonales, les questions de conservation de la biodiversité en milieu urbain vont de plus en plus être abordées par les pouvoirs publics. À partir de 2005, les premiers plans généraux en faveur de la conservation de la biodiversité en ville vont voir concrètement le jour avec une attention particulière sur la reconnexion des espaces de nature. En effet, le rapport-préavis de 2005, qui expose la vision en matière de développement de la ville de Lausanne, atteste de l'objectif de « *mettre en réseau les espaces verts afin de garantir le déplacement de la faune et favoriser la biodiversité* » (Ville de Lausanne, 2005, p.21). Ce travail est confié au service des parcs et domaines de la ville et est axé sur la revitalisation des cours d'eau et des passages de la petite faune par des couloirs existants (Ville de Lausanne, 2005). Relativement peu exhaustif, ce rapport démontre tout de même la mise à l'agenda de la conservation de la biodiversité par les pouvoirs publics. Il faut attendre 2012 pour que la ville de Lausanne se dote réellement d'une politique de conservation de la biodiversité en initiant l'élaboration d'un « concept directeur nature » visant à fixer les objectifs, les moyens pour les atteindre et les ressources nécessaires (Ville de Lausanne, 2012). Dans son préavis « 2012 /11 », la ville effectue un diagnostic détaillé de l'état de la biodiversité à Lausanne et des pressions exercées sur cette dernière et affiche les options d'intégration et de planification pour sa politique de conservation (planification, réalisation, aménagement, gestion

des espaces verts et sensibilisation). Il met en exergue cinq axes prioritaires de réflexions, dont l'amélioration du maillage écologique de la ville de Lausanne. Dans le même temps, une étude est lancée conjointement avec le bureau de la stratégie de Développement de l'Ouest lausannois (SDOL) ayant pour but de diagnostiquer le réseau écologique lausannois et de déterminer une stratégie de restauration. Celle-ci, achevée en 2014 (Delarze, 2014b), a servi de base pour définir les objectifs et les mesures à prendre, pour la restauration de la trame verte urbaine, dans le concept directeur de « Nature en ville » et, dans un deuxième temps, pour la révision du plan directeur communal (PDCom). Adopté en 2021, la révision du PDCom définit la stratégie d'aménagement du territoire communal pour les 15 à 25 ans à venir. L'intégration du réseau écologique urbain dans ce dernier permet d'affirmer l'intention de la ville, de rendre sa réalisation contraignante pour les autorités communales et coordonnables par l'ensemble des politiques publiques. Il permet également de guider la révision des plans d'affectation communaux en cours de révision qui constitue un moyen réglementaire important pour la réalisation du réseau écologique lausannois particulièrement à l'échelle des parcelles privées. En définitive, la ville de Lausanne a assez tôt pris la mesure de l'intérêt d'une restauration de son réseau écologique et essaye d'intégrer sa réalisation dans l'ensemble des outils régissant l'utilisation du sol.

3.2. Les communes de l'Ouest lausannois

Le SDOL est une entité qui rassemble les huit communes de l'Ouest lausannois à savoir Bussigny, Chavannes-près-Renens, Crissier, Ecublens, Prilly, Saint-Sulpice et Villars-Sainte-Coix qui en 2004 ont conclu une convention de collaboration intercommunale pour le développement de l'Ouest lausannois, qui agit au sens de l'article 107b al.1 LC. L'objectif de cette organisation est de définir, en collaboration avec l'État de Vaud, le PALM et la commune de Lausanne, une évolution et une planification territoriale et urbaine commune de l'Ouest lausannois (SDOL, 2022). Dans ce contexte, un premier Schéma directeur de l'Ouest lausannois a été rédigé cette même année, il est la première signification de l'acronyme SDOL (SDOL, 2022). À la différence d'un plan directeur intercommunal, dont la réalisation nécessite de nombreuses étapes - notamment une consultation populaire et une adoption par les conseils communaux et le Conseil d'État (art.17, LATC) - et ayant une réelle valeur légale (art. 19, LATC), le schéma directeur n'est pas contraignant pour les autorités et n'a pas de portée légale. Cet outil à l'aménagement du territoire est donc usité parfois pour éviter une longue procédure d'adoption et sert en définitive d'orientation au développement territorial.

Contexte du cas d'étude

Ce schéma directeur agit sous forme de contrat et fournit une vision à long terme de l'aménagement urbain de la région, il n'est pas fait mention encore d'une stratégie de reconnexion écologique. Les mesures pour le paysage, la biodiversité et l'environnement se limitant à la mise en valeur des grands éléments paysagers notamment par la réduction de l'extension de surfaces asphaltées, le développement de projets paysagers et le tissage d'un réseau vert pour la mobilité douce (SDOL, 2003). Ces éléments, et en particulier le dernier, sont repris en réalité d'une étude du canton de Vaud, sur le renforcement paysager de l'Ouest lausannois datant de 2001 et instaurant l'idée de continuités vertes abordées en majeure partie sous l'angle des *parkways*, mais en admettant, sans réellement le développer, l'intérêt écologique de ces dernières (Canton de Vaud, 2001).

Originellement, le schéma directeur, afin de réaliser ces objectifs, avait défini six « chantiers » (SDOL, 2003). En 2011, un 7^{ème} « chantier » est instauré afin d'améliorer le réseau écologique de l'Ouest lausannois, démontrant ainsi la prise de conscience de l'intérêt écologique des continuités vertes et découlera sur l'étude du réseau écologique lausannois commandée par la ville de Lausanne et à laquelle l'Ouest lausannois s'est rattaché (SDOL, 2012). Cette étude doit servir de base pour la composante biologique du futur plan directeur intercommunal de l'Ouest lausannois et les plans partiels d'affectations des communes membres. En ce sens, cette stratégie est définie comme la politique principale en matière de conservation de la biodiversité en milieu urbain. Outre la formalisation de la stratégie dans le plan d'aménagement, elle doit également servir à la rédaction d'un guide de bonnes pratiques à l'attention des particuliers et des propriétaires d'espaces verts ou de jardins.

Le plan directeur intercommunal de l'Ouest lausannois (PDI-OL), approuvé par le Conseil d'État le 25 août 2021 puis adopté le 27 septembre 2021, correspond à la révision conjointe des anciens plans directeurs communaux des huit communes de l'Ouest lausannois et permet de formaliser la volonté d'un développement commun sur le long terme. Comme prévu dans le rapport du schéma directeur de 2014, l'un des objectifs du PDI-OL est la mise en réseau des milieux naturels. Les directives se basent, comme prévu, sur l'étude menée en 2014. Cependant, malgré une volonté forte de construire un réseau écologique viable d'un point de vue écologique au sein de l'agglomération lausannoise, on constate une prise de conscience des obstacles quasiment insurmontables du milieu urbain, entre autres la pression des nouvelles constructions sur les espaces de nature et celle des habitants et leur besoin de loisir (SDOL, 2021). Qui plus est, il est consenti dans ce plan directeur le peu d'amélioration effectuée depuis la mise en place, en 2014, d'une vraie politique de reconstitution de la connectivité écologique.

IV. Résultats

Le but de cette partie est de présenter les principaux résultats des entretiens et des éléments identifiés dans les rapports sur le réseau écologique lausannois. Tout d'abord, la manière dont a été conçue la stratégie de restauration du réseau écologique et les raisons des choix qui ont été effectués. Ensuite, les objectifs et les fonctions auxquels il répond. Enfin, les limites et les contraintes identifiées par les planificateurs.

1. Conception et stratégie de restauration du réseau écologique lausannois

Nous présentons en détail, dans cette partie, la conception de la stratégie de restauration du réseau écologique urbain lausannois en mettant en avant les réflexions et les motivations sous-jacentes. Comme déjà mentionné plus haut dans ce travail, la stratégie de restauration du réseau écologique lausannois est basée en premier lieu de l'étude réalisée par le bureau d'études biologiques Raymond Delarze (BEB). Elle a ensuite été reprise par les services des communes concernées afin d'orienter leur concept de « nature en ville », de définir dans les plans directeurs communaux l'enjeu biologique et de préciser les règlements et les zones à inclure dans les plans de quartier et d'affectation pour protéger la biodiversité. Les entretiens permettent de comprendre les raisons des choix opérés dans cette stratégie.

1.1. Méthode de diagnostic de l'état du réseau écologique urbain existant

La première étape concernant la stratégie de restauration de la connectivité écologique, dans le cadre du cas d'étude, a été celle de l'identification de l'état du réseau écologique existant. En premier lieu, ce diagnostic cherche à cartographier et identifier les composantes existantes du réseau écologique. Pour ce faire, la majorité des données récoltées se basent sur des informations déjà existantes d'une part pour les zones nodales et d'autre part pour les liaisons biologiques. Les zones nodales, comme nous l'affirme Eric Morard, sont identifiées sur la base des zones naturelles déjà inventoriées et protégées au niveau fédéral et cantonal et se situent majoritairement en périphérie de l'agglomération lausannoise. Au sein même de la matrice urbaine, d'autres espaces sont pris en compte qui n'ont pour la plupart pas de statut de protection. Ces zones sont des parcs urbains, des zones de verdure, les cours d'eau et leur rivage ou des espaces partiellement végétalisés (talus, bord de route et de voies de chemin de fer, jardins privés, etc.) qui peuvent jouer un rôle dans le réseau écologique et qui feront généralement office de zones relais ou dans de plus rares cas de zones nodales lorsque des

Résultats

indications permettent de constater la présence d'espèces rares ou un nombre important d'espèces. Le bâti peut également jouer un rôle dans le réseau écologique, notamment pour les espèces volantes (les toitures, les édifices pouvant servir de nichoir, etc.).

Dans un deuxième temps dans cette phase de diagnostic du réseau, Eric Morard affirme qu'une recherche sur la répartition des espèces pour identifier celles qui seront ciblées dans la stratégie de restauration a été effectuée. Cette recherche au sein de la zone d'étude se base, pour sa majeure partie, sur des travaux préexistants : les collections du musée zoologique cantonal, des listes d'espèces ayant une valeur patrimoniale particulière, des observations de particuliers et de divers ouvrages sur les espèces présentes dans la région lausannoise (Delarze, 2014a). Selon Benoît Biéler, cette récolte de données a toutefois été complétée par quelques observations de terrain en se focalisant sur des espaces définis comme ayant une valeur particulière. À titre d'exemple, l'étude préliminaire affirme que 959 espèces de plantes vasculaires indigènes incluant les ptéridophytes (fougères) et les spermaphytes (angiospermes et gymnospermes) ont été dénombrées dans la région lausannoise. Une centaine d'espèces d'oiseaux ont également été recensées ainsi qu'un nombre important d'invertébrés (Delarze, 2014a). De l'inventaire de ces espèces, comme nous le disions plus haut, une focalisation sur certaines d'entre elles a été effectuée selon plusieurs critères. En effet, ce choix de prioriser certaines espèces s'est fait selon, d'une part, leur degré de rareté et de la responsabilité de conservation qui incombe à la région lausannoise et d'autre part selon la date de leur dernière observation afin de mettre l'accent sur les espèces encore présentes (Delarze, 2014a). Ces espèces cibles doivent servir à orienter les actions de restauration, de sauvegarde et de reconnexion des éléments du réseau écologique afin de conserver des populations viables des espèces retenues, voire d'augmenter le nombre d'individus présents. Compte tenu du fait que les espèces cibles sont des organismes souvent rares, parfois difficilement observables et trop dispersés pour connaître l'efficacité du réseau écologique, une liste également d'espèces indicatrices, plus abondantes, dont l'écologie est mieux connue et qui peuvent avoir la fonction d'espèces parapluies, a également été rédigée afin de mieux pouvoir évaluer la qualité et le fonctionnement du réseau (Delarze, 2014a). Eric Morard et Pascale Aubert concèdent que ce sont des espèces relativement peu exigeantes qui sont ciblées pour orienter les actions à entreprendre.

« C'est clair qu'en zone urbaine, il y a quand même de facto une contrainte, une perturbation, une pression humaine diverse et variée qui fait qu'on ne va jamais pouvoir envisager d'avoir des espèces très sensibles avec des exigences énormes d'habitats particuliers. Donc, on doit de

Résultats

toute façon, au niveau justement du choix d'espèces cibles ou des enjeux, tenir compte de cet élément-là » (Eric Morard, com. per.).

Après cette phase d'inventorisation, comme les entretiens et les documents de planification du réseau écologique le montrent, une catégorisation des différentes espèces et éléments du réseau est effectuée. Eric Morard explique qu'elle vise à identifier quels espaces correspondent à quel milieu et pour quelles espèces. L'intérêt de cette démarche est de définir les différents sous-réseaux qui composent le réseau écologique urbain lausannois. Ce découpage s'inspire de la méthodologie employée dans le cadre du réseau écologique national et cantonal et permet, selon les entretiens, une meilleure prise en considération des dynamiques propres à chaque type d'habitats et des guildes écologiques qui les composent. Autrement dit, un espace donné n'est pas composé d'un seul réseau écologique, mais d'une pluralité de sous-réseaux qui correspondent aux relations fonctionnelles et structurelles entre mêmes milieux et dans lesquels on retrouve des espèces adaptées à ces milieux respectifs. En définitive, six types principaux de sous-réseaux écologiques ont été identifiés. Ils correspondent étroitement au découpage effectué précédemment par l'État de Vaud lors de l'évaluation du réseau écologique cantonal en excluant ceux qui ne se rencontrent pas au sein de l'agglomération lausannoise. Les sous-réseaux identifiés sont ceux : des eaux libres (les cours d'eau, les lacs et leurs rivages), des lieux humides (marais, étangs, fossés, plans d'eau stagnants), des forêts (bosquets, cordons boisés), des lieux secs (endroits rocheux, prairies sèches), des terres agricoles (cultures, prairies grasses, friches, haies buissonnantes) et des terrains bâtis (constructions, routes, ruines ; Delarze, 2014a). Chaque espace préalablement identifié est donc rattaché aux sous-réseaux définis pour construire une carte globale de la trame de chaque milieu où il est possible de mettre en évidence leurs zones nodales respectives ainsi que les liaisons potentielles entre ceux-ci. Finalement, la superposition des différents sous-réseaux permet de cibler les espaces prioritaires qui sont composés de plusieurs milieux.

Enfin, dans un dernier temps, ce diagnostic, sur la base des éléments ci-dessus mentionnés, a permis d'identifier les lacunes et les points faibles, d'un point de vue fonctionnel, du réseau écologique urbain préexistant, notamment les déficits de connectivité ou l'absence de sites relais, et de proposer des actions spécifiques pour y remédier. Nous reviendrons sur cet aspect dans la suite de ce travail.

Résultats

1.2. Structure et état initial du réseau écologique urbain lausannois

Le diagnostic du réseau écologique effectué a permis d'établir l'armature du réseau écologique dans son état initial (Figure 10).

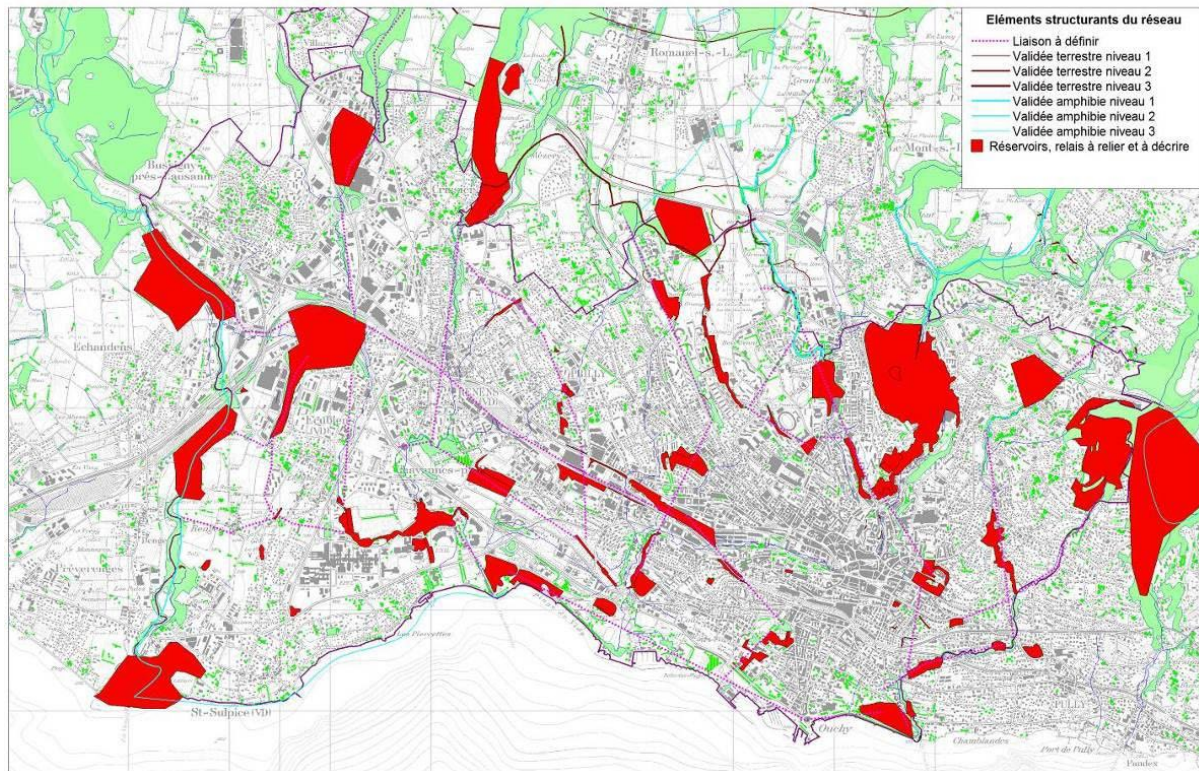


Figure 10 : Structure générale et préexistante du réseau écologique lausannois (Delarze, 2014)

Cette carte ignore, volontairement, les différents milieux auxquels correspondent chaque parcelle d'espace vert afin de mettre en évidence les réservoirs (zones nodales) retenus qui sont disséminés en périphérie de l'agglomération et qui se composent en majeure partie de massifs boisés et de cours d'eau avec leurs rivages boisés. Les zones incluses, quant à elle, dans le tissu urbain sont en majorité des espaces verts isolés qui agissent plus comme zones relais que comme réservoirs. On constate également sur la carte des liaisons biologiques continues déjà existantes, notamment au niveau de certains cours d'eau, mais la majorité sont à restaurer du fait que les zones relais et nodales sont trop éloignées.

Résultats

On peut dès à présent constater que cette armature du réseau est en cohérence avec les planifications supérieures. Plus précisément, en comparant cette carte à celle du réseau écologique cantonal, on constate une similarité dans les zones nodales (en vert clair et vert foncé sur la Figure 11) identifiées, notamment pour celles situées en périphérie de l'agglomération. Certaines différences se trouvent au niveau de la forme, de la taille et du niveau d'importance attribués aux espaces définis comme réservoirs de biodiversité. Les espaces de verdure (en vert foncé hachuré) inclus dans le tissu urbain sont également moins détaillés que sur la carte de l'armature du réseau proposée par le bureau d'études biologiques Raymond Delarze. On peut aussi noter que les liaisons biologiques potentielles ou réelles au sein de l'agglomération n'ont pas été décrites puisqu'elles ne semblent pas être des liaisons biologiques d'importance régionale.

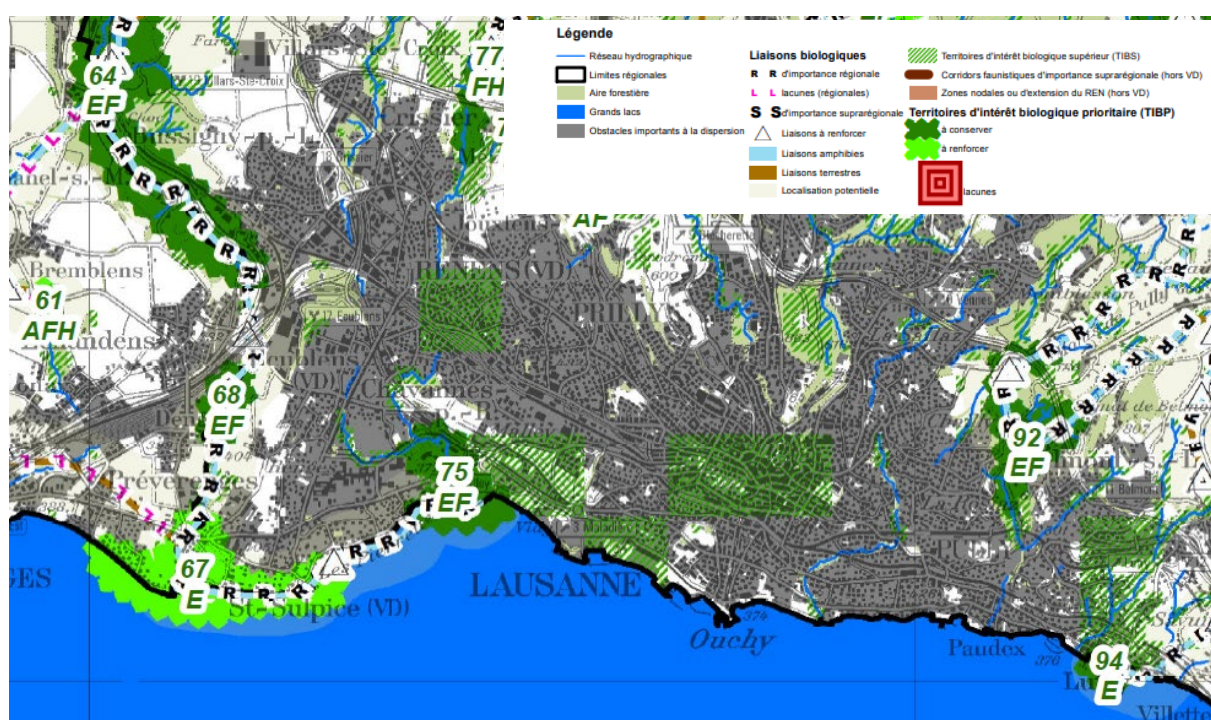


Figure 11 : Réseau écologique cantonal : région centre (Canton de Vaud, 2012)

La carte de l'armature du réseau du PALM, plus haut déjà exposée, permet également de constater la cohérence, à des niveaux territoriaux différents, des éléments pris en considération pour caractériser la structure du réseau écologique urbain lausannois.

En fin de compte, les diverses cartographies du réseau écologique initial démontrent les lacunes structurelles et fonctionnelles tant au niveau des zones nodales qu'au niveau des liaisons biologiques. La forte urbanisation, qu'a connue la région lausannoise, a considérablement

Résultats

morcelé les espaces de nature et cela est d'autant plus marquant au niveau des rives souvent riches en diversité biologique. Les zones marécageuses, les prés maigres, les vergers et les vignobles qui tapissaient la région lausannoise ont quasiment disparu, laissant les quelques espaces restants à un état quasiment insignifiant d'un point de vue écologique et fortement isolés (Ville de Lausanne & SDOL, 2014).

Qui plus est, les cours d'eau et leurs cordons boisés qui structuraient le réseau écologique de la région lausannoise et qui constituaient des habitats avec une richesse spécifique élevée, ont subi, pour certains, durant le 20^{ème} et le 21^{ème} siècle, une forte canalisation et mise sous terre rendant quasiment impossible la migration et la dissémination de la faune et de la flore aquatique et entravant celle terrestre par la réduction de la connectivité écologique des rivages boisés (Delarze, 2014a). Le centre-ville lausannois est, quant à lui, pratiquement dénué d'espaces verts du fait de la concentration extrême du bâti et des monuments patrimoniaux laissant peu de marge de manœuvre pour la restauration d'infrastructures vertes. Seules les forêts ont conservé une présence significative du fait de la protection dont elles jouissent depuis la fin du 19^{ème} siècle, même si elles se cantonnent en majeure partie en périphérie de l'agglomération (Delarze, 2014a), et sont de ce fait les espaces de nature les plus fonctionnels du réseau écologique. L'ensemble de ces mutations territoriales, et spécialement au cours de ce dernier siècle, a été néfaste à la richesse spécifique de la région lausannoise et particulièrement dans les milieux les plus lourdement impactés par la fragmentation du paysage. Notamment dans les zones lacustres et autres milieux humides typiques de la région lausannoise qui ont quasiment disparu, un nombre important d'espèces qui y évoluaient ont cessé d'être observées (Delarze, 2014a). Ce même constat est effectué pour les espèces des autres milieux typiques et fortement dégradés. À nouveau, seul le milieu forestier a su conserver une richesse spécifique relativement similaire au cours du temps même si certaines espèces spécialisées ont disparu du fait d'une dégradation de la qualité de l'habitat (Ville de Lausanne & SDOL, 2014). Il est à noter qu'il est, cependant, difficile d'estimer la perte de biodiversité du fait d'un suivi épisodique des espèces et des difficultés propres à l'observation des espèces animales et végétales. Il en va de même quant à la sauvegarde de la biodiversité, il est quasiment irréalisable de pouvoir conserver ou réintroduire l'ensemble des espèces caractérisant historiquement une région fragmentée du fait de cette difficulté à définir la répartition des espèces et également de la faisabilité purement technique.

Néanmoins, la politique engagée depuis 30 ans dans la région lausannoise, notamment en matière de reverdissement et de gestion différenciée des espaces verts, a permis à

l'agglomération de conserver une proportion, par rapport au bâti, relativement importante de zones de verdure. Cet aspect laisse entrevoir un potentiel de restauration du réseau écologique en comparaison avec d'autres villes où l'urbanisation et les contraintes territoriales sont telles que toutes actions de revitalisation seraient quasiment vaines.

1.3. Conception des mesures de restauration du réseau écologique lausannois

Face à ces constats, quant à l'état du réseau écologique lausannois et des caractéristiques actuelles des milieux naturels lausannois et dans la tâche de restaurer la connectivité écologique dans l'agglomération lausannoise, plusieurs objectifs et mesures ont été définis, ainsi qu'une carte de synthèse de la restauration du réseau écologique lausannois (Figure 16). De manière générale, l'entretien avec le directeur du bureau BEB permet d'affirmer que la restauration du réseau suit la même logique que celle qui pourrait être envisagée en zone naturelle ou agricole. Il s'agit de rétablir pour chaque sous-réseau une connexion écologique entre leurs zones nodales respectives et ainsi conserver des populations viables de chaque espèce cible associée. « *Le but c'est qu'il n'y ait aucune de ces zones qui soient complètement isolées du reste avec l'idée d'avoir un corridor, un couloir qui permet de relier ces différents éléments* » (Eric Morard, com. per.).

Liaisons biologiques

Avant toute mesure de mise en œuvre, la restauration de la connectivité écologique se base sur le traçage des liaisons biologiques entre les zones nodales afin de définir le chemin le moins contraignant pour les espèces. « *L'idée, c'est de passer au maximum sur des surfaces où on sait que le milieu est plus ou moins adapté aux espèces de la trame ou du sous-réseau et qui évite de grandes zones construites* » (Eric Morard, com. per.). Cette approche cherche donc à tracer les liaisons biologiques en choisissant volontairement les espaces sur lesquels on estime qu'elles devraient passer. Selon Eric Morard, cette méthode est plus approximative qu'une approche qui permet, sur la base d'attribution de points de résistances aux différentes surfaces du territoire étudié, de générer automatiquement le chemin de dispersion le moins contraignant pour une ou des espèces. Cependant, cette technique n'a pas été retenue du fait qu'elle demande une compilation importante de données et laisse moins de marge de manœuvre pour définir le cas échéant des alternatives aux tracés initialement prévus. En définitive, les entretiens révèlent que le tracé des liaisons biologiques, dans le cadre du réseau écologique lausannois, est principalement une indication pour les planificateurs et les gestionnaires de l'axe à privilégier autant que possible pour le réaménagement d'espaces en zone relais.

Résultats

Au niveau structurel, la reconnexion écologique se traduit soit par des corridors continus soit par des corridors discontinus. Cependant, la majeure partie des éléments de liaisons ont été envisagés sous la forme de corridors discontinus compte tenu, comme les entretiens le révèlent, des contraintes d'espaces du milieu urbain lausannois.

« Ce ne sont pas des éléments complètement forcément naturels continus, c'est clair qu'en zone urbaine, ce sont des choses qu'on ne peut pas tellement envisager. Ce sont plutôt ensuite des éléments relais qui permettent ensuite aux espèces de passer d'une zone nodale à l'autre » (Eric Morard, com. per.).

Les corridors continus ont été seulement proposés lorsque le terrain était quasiment dépourvu d'obstacles, notamment le long des voies de chemin de fer et des cours d'eau et de manière générale en périphérie de l'agglomération. Pour les liaisons discontinues, la fréquence des éléments de relais et la taille minimal que ceux-ci devraient faire sont définies pour chaque sous-réseau. Par exemple, pour le sous-réseau forestier, il est proposé que l'intervalle entre deux zones relais ne soit pas supérieur à 200 mètres et que ces zones aient au moins une largeur de 20 mètres (Ville de Lausanne & SDOL, 2014). Il est à noter que seuls les sous-réseaux des milieux secs et forestiers et dans une moindre mesure des eaux libres font l'objet d'une reconnexion écologique sous forme de couloir écologique (sur la rive du lac et le long des cours d'eau encore à ciel ouvert ; Delarze, 2014b). En effet, il a été déterminé que l'amélioration de la connectivité écologique du sous-réseau des lieux humides doit se faire par l'implantation de petits biotopes-relais et par la réduction des obstacles infranchissables entre ceux-ci pour permettre des échanges occasionnels entre les individus (Delarze, 2014b). Les sous-réseaux agricoles et du bâti ne font également pas l'objet d'une mise en réseau, car respectivement pour le premier ils constituent des micro-habitats qui n'auraient pas besoin de corridors d'échanges et pour le second les espèces sont adaptées aux contraintes de la matrice urbaine. Les mesures pour ces sous-réseaux sont axées sur la restauration ou la revitalisation de zones particulières (Delarze, 2014b). Cependant, comme nous l'affirme Pascale Aubert, le milieu du bâti offre également un potentiel de soutien à la connectivité écologique du réseau lausannois. Dans ce cadre, des actions ont également été entreprises sur les toitures, notamment dans les zones à forte concentration de bâtis. En effet, la végétalisation de ces dernières, outre son intérêt environnemental et isolant, peut faire office de zones d'habitats ou de relais pour plusieurs espèces, notamment celles des milieux secs. Dans ce contexte, la ville de Lausanne a édité une brochure pour encourager cette pratique et impose la végétalisation des toitures plates.

Résultats

Au niveau fonctionnel, les liaisons biologiques font également l'objet de recommandations. Des fiches sur la manière de restaurer les différentes zones relais sont proposées aux gestionnaires de la nature des communes concernées. Elles permettent de définir quels éléments doivent être pris en compte pour reconstruire un espace caractéristique d'un milieu (espèces végétales à replanter, configuration spatiale, etc.) qui permet le déplacement des espèces ciblées (Ville de Lausanne & SDOL, 2014).



Figure 12 : Exemple de liaison biologique - Zone relais (sous-réseau des milieux secs) le long des voies de chemin de fer à Lausanne (Photographie : Charles-Eric Oswald, août 2022 ; Orthophoto : Office fédéral de topographie swisstopo, 2020).



Figure 13 : Exemple d'une liaison biologique - Biotope relais du sous-réseau des lieux humides dans le parc du Denantou à Lausanne (Photographie : Charles-Eric Oswald, août 2022 ; Orthophoto : Ville de Lausanne, 2016).

Zones nodales

Comme l'affirme Eric Morard, les zones nodales identifiées sont souvent importantes pour plusieurs sous-réseaux, mais la présence, la fréquence et la fonctionnalité des zones nodales divergent fortement entre ceux-ci. Les mesures varient donc en fonction du type de milieu. Pour certains, leurs zones nodales sont trop éloignées du périmètre du réseau écologique lausannois ou en sont quasiment dépourvus. Cet aspect concerne en particulier les sous-réseaux des lieux humides et agricoles (Delarze, 2014b). Pour ces derniers, comme les entretiens le révèlent, il n'est pas possible, et de manière générale pour l'ensemble des milieux, d'envisager la reconstruction de réservoirs en raison de l'espace disponible au sein du territoire urbain. Pour le sous-réseau des eaux libres, une renaturation des zones nodales restantes est nécessaire. Enfin, le sous-réseau des forêts possède, compte tenu du régime forestier en vigueur, des zones nodales assez bien conservées et relativement bien réparties sur le territoire. Comme Eric Morard l'affirme, les mesures consistent à conserver la qualité de ces espaces et à réduire certaines nuisances.



Figure 14 : Exemple d'une zone nodale : Embouchure de la Venoge - sous-réseau des eaux-libres et forestier (Photographie : Charles-Eric Oswald, août 2022 ; Orthophoto : Office fédéral de topographie swisstopo, 2020).

Zones tampons

Les zones tampons ne sont pas véritablement considérées dans la restauration du réseau écologique. Il semble que seules les lisières de grands éléments forestiers doivent faire l'objet d'un soin particulier (Delarze, 2014b).



Figure 15 : Absence de zone tampon entre la route (matrice urbaine) et la zone relais (Sous-réseau forestier ; Photographie : Charles-Eric Oswald, août 2022 ; Orthophoto : Ville de Lausanne, 2016).

Matrice urbaine

Les liaisons biologiques étant majoritairement de forme discontinue, des mesures spécifiques pour améliorer la perméabilité de la matrice urbaine sont également définies, notamment pour le réseau des lieux humides dont les biotopes-relais sont relativement espacés. Pascale Aubert affirme que l'amélioration de la perméabilité passe par la réduction des obstacles et par l'assainissement de certains éléments du milieu urbain, par exemple les bordures de trottoirs qui sont des obstacles infranchissables pour la petite faune.

Zones à vocation

En plus des actions qui doivent être entreprises sur les éléments ci-dessus mentionnés, le territoire de mise en œuvre du réseau écologique urbain se voit diviser en différentes zones à vocations. Elles constituent des espaces où des actions pour un type de sous-réseau doivent être

Résultats

en priorité entreprises, au gré des opportunités, sur les espaces verts n'étant pas directement identifiés pour la restauration du réseau écologique. Elles sont définies en distinguant quel secteur à des prédispositions particulières pour certains types d'habitats (Delarze, 2014b).

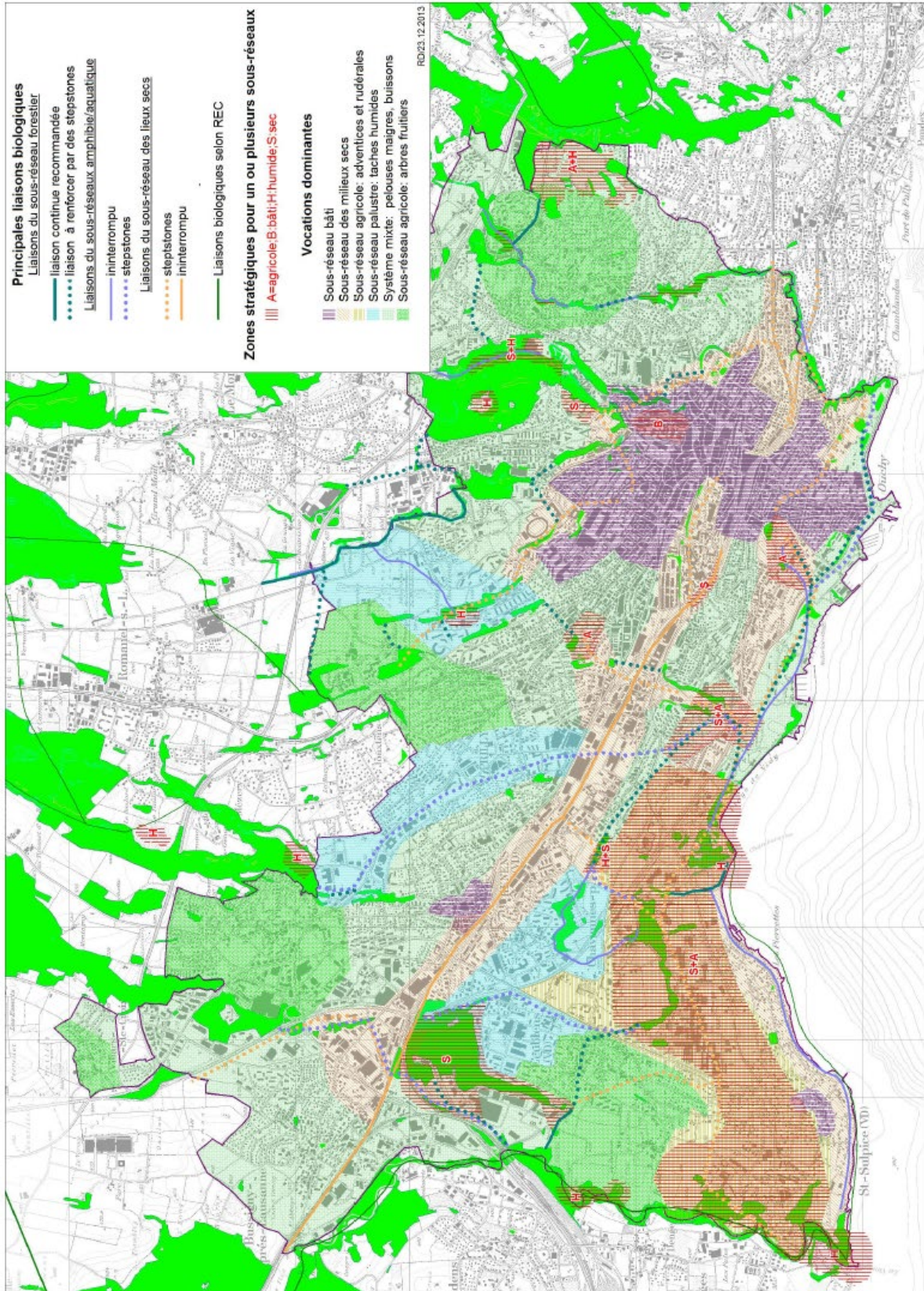


Figure 16 : Carte de synthèse du réseau écologique lausannois projetée (Delarze, 2014)

1.4. Mise en œuvre du réseau écologique lausannois

Les éléments ci-dessus relevés constituent l'approche théorique de la restauration du réseau écologique lausannois, sous une perspective biologique. Elle met en exergue une vision souhaitable du territoire urbain pour le maintien de la biodiversité. Cependant, la restauration du réseau écologique urbain est une politique publique qui s'inscrit dans un contexte urbain où d'autres politiques publiques ainsi que divers projets de développement sont à l'œuvre et où l'occupation des sols est variée et souvent saturée. Dans ce contexte, les entretiens révèlent que pour assurer la réalisation de la stratégie de restauration du réseau écologique lausannois, celle-ci doit être formalisée dans les instruments de planification territoriale que sont principalement les plans directeurs communaux et intercommunaux, les plans généraux et partiels d'affectation et les plans de quartier. Chacun de ces instruments permet la mise en œuvre du réseau à des niveaux différents et ils sont nécessaires compte tenu du fait que les bases légales actuelles ne sont pas suffisantes pour imposer la reconnexion des milieux naturels.

Dans le cadre des plans directeurs, révisés récemment par l'Ouest lausannois et la commune de Lausanne, Benoît Biéler affirme, par exemple, que l'inscription du déploiement du réseau écologique est nécessaire pour donner du poids à cette stratégie et permettre que l'enjeu de la biodiversité soit plus concrètement pris en compte dans la pesée des intérêts qui surviennent lors de décisions prises pour le développement urbain au sein des différents services publics des communes concernées. Qui plus est, elle est importante du fait que les plans directeurs permettent de fixer les attentes en matière d'aménagement du territoire qui guide la révision des plans d'affectation et le développement des plans de quartier.

Les plans d'affectation et les plans de quartier constituent les outils, selon plusieurs enquêtés, essentiels à la réalisation du réseau écologique puisqu'ils sont contraignants pour les tiers. « *En fait, ça c'est le bon outil pour venir vraiment ancrer légalement, des segments ou des portions de ce réseau écologique* » (Yves Bonard, com. per.). Ils permettent en effet de définir le mode d'utilisation du sol pour tout ou partie du territoire et ont une incidence directe sur les parcelles privées. « *Il va permettre (le plan d'affectation) beaucoup plus, enfin de façon très claire et obligatoire de planter davantage sur les parcelles privées et de préserver de la pleine terre sur les parcelles privées* » (Yves Bonard, com. per.). Les éléments du réseau sont donc intégrés dans les différents outils de planifications réglementaires. Cependant, les exigences qui peuvent être intégrées dans ceux-ci sont limitées puisqu'ils doivent reposer sur des bases légales spécifiques. En définitive, ils permettent de manière générale de contribuer au réseau

Résultats

écologique en définissant les droits à bâtir, en imposant un certain quota d'espaces verts, de la pleine terre ou la plantation de certains arbres.

Outre la formalisation de la stratégie de restauration du réseau écologique dans les instruments de planification territoriale qui sont une étape importante, mais souvent en décalage dans le temps avec la volonté politique, comme l'affirme Pascale Aubert, la stratégie est également intégrée dans les projets de développement urbain permettant ainsi d'agir directement sur le territoire ou de limiter leur impact sur les éléments existants du réseau. Premièrement, la mise en consultation des projets urbanistiques, tels que le développement des infrastructures de transports ou la création d'écoquartiers permet, dans le cas où ils auraient une incidence négative sur des éléments du réseau écologique, de demander une adaptation du projet ou une compensation écologique dans son périmètre. Si une telle compensation n'est pas possible, des alternatives en faveur du réseau doivent être trouvées dans des zones proches. Deuxièmement, les projets de développement urbain constituent également une opportunité et l'option principale pour réaliser le réseau écologique. Par exemple, comme l'affirme Benoît Biéler, si un projet d'amélioration des voies de mobilité douce est prévu sur le tracé potentiel d'un corridor du réseau écologique, cela permet également de reconstruire une partie de la liaison biologique dans le périmètre du projet. Cette manière de procéder implique que la restauration de la trame verte urbaine se fait au gré des opportunités et en fonction des chantiers urbanistiques.

Dans la mise en œuvre du réseau, Pascal Aubert explique qu'une attention particulière est également portée sur la sensibilisation des différents acteurs du milieu urbain et notamment les propriétaires privés. En effet, le réseau écologique ne se borne pas aux espaces publics, mais prend en compte également les espaces privés (jardins, pourtour d'immeuble, etc.). Il est estimé que la surface de jardins en parcelles privées, par exemple, est de 453 ha, soit 24% de la surface totale du territoire urbain lausannois (Ville de Lausanne, 2012). Dans ce contexte, l'implication de la population, des collectivités publiques, des urbanistes, des architectes, des entreprises, des propriétaires, des gérances d'immeuble, etc., dans la reconstruction du réseau est importante. Pour associer ces différents acteurs aux efforts de restauration, une brochure de sensibilisation et un guide d'actions à réaliser ont été rédigés par le SDOL et la ville de Lausanne.

2. Objectifs de sauvegarde et de restauration du réseau écologique lausannois

L'objectif affiché dans l'étude sur le réseau écologique lausannois est

« de préserver et renforcer les liaisons écologiques qui vont garantir que les espèces végétales et animales puissent se mouvoir au sein de la ville et continuer à animer et égayer le paysage urbain sur le long terme.[...] dans des zones moins prioritaires de promouvoir des actions cohérentes qui contribueront à soutenir le réseau vert urbain principal » (Ville de Lausanne & SDOL, 2014, p.3).

Cependant, comme nous l'avons vu dans la revue de la littérature, les réseaux écologiques urbains sont une évolution du concept de trames vertes urbaines qui historiquement font référence à un système de réseau d'espaces verts dont les fonctions sont multiples et n'ont pas pour priorité la protection de la biodiversité. Or, bien que les termes puissent être différenciés du fait qu'ils renvoient temporellement à des disciplines et des conceptions différentes, ils sont souvent utilisés sans discernement. On constate que le réseau écologique lausannois prend parfois le nom de trame verte urbaine ou de réseau vert urbain laissant présager le caractère également multifonctionnel du réseau écologique. Les différents entretiens effectués, ainsi que les plans directeurs communaux et le concept directeur « Nature en ville » de la ville de Lausanne permettent de se rendre compte que les objectifs du réseau écologique ne sont pas uniquement écologiques et qu'il arbore plusieurs fonctions. Il est même clairement établi que *« le réseau écologique lausannois est mis à profit dans le développement de la ville pour une meilleure qualité de vie (climat, air, détente, sport, santé) »* (Ville de Lausanne, 2018, p.8).

Objectifs sociaux

Les entretiens mentionnent unanimement, mais à des degrés différents, la nécessité ou l'intérêt social de la trame verte. Le contexte urbain étant éminemment social, puisqu'il s'apparente - à l'instar des autres espèces végétales et animales - à l'habitat de prédilection de l'espèce humaine, la trame verte doit donc intégrer dans sa conception les nécessités sociales propres à cet espace. Le plan directeur communal lausannois mentionne, par exemple, que *« La trame verte doit en premier lieu servir les intérêts des habitants et usagers de la ville »* (Ville de Lausanne, 2021).

L'objectif social de la trame verte est lui-même multiple ; il est globalement d'offrir aux habitants un cadre de vie agréable grâce à une plus grande proximité à la nature. D'une part, la proximité de lieux de nature et plus généralement d'espaces de verdure permet l'épanouissement des habitants en servant de lieu de récréation où diverses activités en plein

Résultats

air peuvent être pratiquées (place de jeu, barbecue, sport). D'autre part, les éléments de la trame verte, notamment les parcs urbains, sont des lieux de rencontres et d'échanges, ils servent donc à développer un certain lien social et favorise la convivialité dans le milieu urbain (Ville de Lausanne, 2021).



Figure 17 : Le parc du Denantou à Lausanne est un exemple d'utilisation d'un espace vert comme lieu de récréation (zone tondue) et comme zone relais (bois) (Ville de Lausanne, s. d.)

Yves Bonard affirme qu'un cadre de vie plus agréable en ville revient également à fournir de nouveaux ou de meilleurs services, à renforcer l'identité de la ville à travers son patrimoine paysager et à structurer son développement. En ce sens, les entretiens font ressortir que la trame verte est donc aussi un outil au service de la mobilité et du paysage. Ces deux éléments sont fortement liés par le concept de promenades paysagères qui suivent en général les liaisons biologiques définies par l'étude sur le réseau écologique lausannois (idée de *parkways* mentionnée dans notre revue de la littérature). Ces chemins offrent d'une part de nouvelles possibilités en termes de déplacements en ville et promeuvent une mobilité plus durable, et d'autre part permettent de valoriser le patrimoine paysager lausannois en reconstituant ou en

Résultats

décrivant des tracés végétalisés entre et au sein des entités paysagères emblématiques de la ville. Ces liaisons paysagères servent en grande partie d'éléments de décor basés sur les vestiges et les particularités paysagères de l'agglomération lausannoise auxquels les habitants s'identifient. En outre, la trame verte structure le développement de la ville en limitant la densification du bâti et en offrant des espaces dont les caractéristiques sont diverses. Elle permet dans le même registre d'améliorer l'interface entre milieu agricole et rural, à sa périphérie, et le milieu urbain. Ces aspects, qui se rapportent plus à l'aménagement du territoire, profitent aux habitants en leur offrant un milieu de vie plus agréable.



Figure 18: Promenade paysagère (Promenade de la ficelle) au sein de la ville de Lausanne ayant également la fonction de liaison biologique (Charles-Eric Oswald, août 2022)

Le dernier aspect, que les entretiens relèvent quant aux objectifs sociaux de la trame verte urbaine, est celui de la sensibilisation à la protection de la biodiversité qu'elle peut fournir. Comme le dit Pascale Aubert, il y a encore un énorme travail d'appropriation de la part des habitants sur les enjeux de la biodiversité. Dans ce contexte, la trame verte doit « *faire évoluer la perception des gens sur la nature* » (Pascale Aubert, com. per.) grâce à un contact plus fréquent et un accès plus rapide à la nature qui permet de prendre conscience de l'importance de cette dernière. Les espaces les plus naturels de la trame verte peuvent également faire changer la représentation habituelle qu'il est fait de la nature où son degré d'esthétisme dépend de l'arrangement de différents types de composantes végétales. En d'autres termes, il faudrait « *ramener les gens à envisager la nature sauvage comme quelque chose d'esthétique et puis en*

fait c'est toujours la même chose, c'est une question de référence et plus on en voit plus on va pouvoir trouver ça beau. » (Pascale Aubert, com. per.). Finalement, comme il a été mentionné dans les mesures pour la restauration de la trame verte, cette dernière sert aussi d'outil de communication pour sensibiliser les habitants qui possèdent des parcelles de jardins à agir pour la conservation de la biodiversité.

Il est à noter que le réseau écologique lausannois couvre le territoire de plusieurs communes ayant chacune leur conception de la trame verte urbaine et des directives spécifiques qui se retrouvent dans le plan directeur communal lausannois et le plan directeur intercommunal de l'Ouest lausannois. Nous constatons, cependant, que l'objectif social de la trame est similaire dans les deux cas.

Objectifs économiques

Les entretiens n'ont pas explicitement révélé l'intérêt économique de la restauration de la trame verte, mais les plans directeurs communaux, en particulier lausannois, permettent de constater que cette fonction est prise en considération. Les retombées économiques positives de la trame verte sont en réalité des effets indirects de l'amélioration du cadre de vie et de l'attractivité engendrées par une plus grande part d'espaces verts en ville (Ville de Lausanne, 2021). En effet, les espaces verts peuvent être un critère dans le choix du lieu de domicile pour de futurs habitants, ils peuvent donc avoir pour effet d'accroître la population. Ces nouveaux habitants sont d'autant plus de nouveaux contribuables et des personnes prenant part aux activités économiques de la ville, augmentant ainsi les rentrées fiscales de celle-ci. Ce phénomène peut également se traduire sur les entreprises qui peuvent elles aussi chercher un environnement de qualité pour implanter leurs locaux et ainsi par la même occasion contribuer aux finances de la ville. Qui plus est, la présence d'espaces verts à proximité des habitations et des terrains à bâtir peut également augmenter la valeur foncière de ces derniers (Ville de Lausanne, 2021).

Si ces retombées économiques peuvent être chiffrables, d'autres le sont moins. C'est par exemple le cas pour les économies réalisées grâce aux services écosystémiques résultant de la présence d'espaces verts. Ces services sont multiples et se perçoivent à des échelles différentes. En ville, les espaces verts peuvent induire une réduction du coût de la santé notamment par leur rôle dans la filtration de l'air et la purification de l'eau, ils peuvent atténuer le phénomène d'îlot de chaleur et permettre des économies d'énergie, protéger des dangers naturels et des coûts de reconstruction qui y seraient associés ou encore servir à exploiter certaines ressources (Ville de Lausanne, 2021).

Résultats

Dans une moindre mesure, la trame verte urbaine, en renforçant l'image de Lausanne comme ville verte, peut également entraîner des répercussions positives sur le tourisme et attirer ainsi plus de visiteurs qui contribueront également à la vie économique des communes (Ville de Lausanne, 2021).

Objectifs environnementaux

Les entretiens révèlent également l'objectif environnemental de la restauration du réseau écologique lausannois. Comme nous en faisons mention ci-dessus, les écosystèmes fournissent certains services essentiels pour l'homme. Cependant, leur contribution à la protection de l'environnement et à sa qualité n'est pas utile uniquement à l'économie, mais plus particulièrement à la survie de l'espèce humaine et à son épanouissement. Il est à noter que c'est dans ce sens que l'objectif environnemental de la trame verte est perçu ; il ne s'agit pas d'une protection intrinsèque de l'environnement, mais bien de sa protection pour préserver un lieu de vie viable à l'être humain. Yves Bonard affirme que la restauration de trame verte urbaine est donc un outil qui répond également aux actuels enjeux environnementaux majeurs tels que la pollution de l'air et des eaux et le changement climatique.

Objectifs écologiques

Les objectifs écologiques de la trame verte lausannoise ont déjà été exposés dans ce travail et, comme nous l'avons vu, se rapportent directement à la fonction des réseaux écologiques. Cependant, les entretiens permettent de se saisir d'un aspect supplémentaire quant à leur utilité écologique. En effet, la stratégie de restauration de la trame verte urbaine est un outil de concrétisation de l'enjeu de biodiversité augmentant le poids de ce dernier face aux autres enjeux propres au milieu urbain. D'une part, dans le registre de l'argumentation politique, « *ça* (la stratégie de restauration du réseau écologique) *nous aide à justifier pourquoi est-ce qu'on a des ambitions ou des exigences plus fortes en termes d'espaces verts.* » (Yves Bonard, com. per.) et à légitimer que des mesures soient prises. D'autre part, dans le registre réglementaire, ça permet d'inclure l'enjeu de biodiversité dans la pesée des intérêts lorsque par exemple un projet souhaite s'implanter sur une zone ayant été définie comme élément du réseau. En ce sens, l'établissement d'une stratégie concrète de conservation de la biodiversité est également utile indirectement à celle-ci.

Objectifs agricoles

Dans une moindre mesure, la trame verte, comme nous le constatons dans le plan directeur lausannois, mais qui n'a pas été relevé par les enquêtés, a également pour vocation de développer les activités agricoles périurbaines et urbaines. D'une part, cette activité agricole au

sein de la trame verte urbaine se traduit au niveau de l'individu par une incitation et un renforcement d'une production de denrée alimentaire locale, autrement dit de développement des jardins potagers urbains. D'autre part, le développement de la trame verte, et notamment dans son sous-réseau forestier, participe à l'exploitation sylvicole et plus largement à l'agroforesterie (Ville de Lausanne, 2021).

2.1. Une approche multifonctionnelle de la trame verte urbaine

Ce bref constat sur les objectifs de la restauration du réseau écologique démontre son caractère multifonctionnel. Comme l'affirme Yves Bonard

« (le réseau écologique) est multidividue, donc il apporte des plus-values à la fois sous l'angle du confort thermique, des usagers, voilà tous les effets de l'arbre en ville qui sont bien connus, notamment, même psychologiques, et cetera. En plus de permettre une biodiversité qui est importante pour elle-même, mais aussi pour les habitants » (Yves Bonard, com. per.)

On constate qu'il est plus qu'une simple stratégie de protection de la biodiversité, il constitue également une opportunité pour développer de manière générale la part du vert au sein du milieu urbain ainsi que les fonctions qui lui sont communément attribuées. Nous verrons par la suite les raisons évoquées dans les entretiens qui justifient que le réseau écologique remplisse diverses fonctions au regard de la conservation de la biodiversité.

Unaniment dans les entretiens, la première raison invoquée est celle du poids des actions aux bénéfices de la biodiversité face aux autres nécessités du milieu urbain. Eric Morard affirme, en ce sens, que la multifonctionnalité *« d'un point de vue pratique, ça permet aussi parfois de faciliter la mise en œuvre de ces réseaux écologiques. Si on a que l'enjeu de biodiversité, ce n'est souvent malheureusement pas suffisant pour imposer ou pour trouver des solutions »* (Eric Morard, com. per.) et cela pour au moins deux raisons. La première est purement une question d'incitation. En effet, la prise en considération dans les mesures biologiques de leur apport social, mais également des autres enjeux identifiés en lien avec les éléments naturels permettrait de mettre plus de pression sur l'aménagement du territoire. En corollaire, les mesures prises pour développer par exemple la mobilité peuvent permettre de greffer lors de leur réalisation des éléments qui agissent pour la conservation de la biodiversité. *« On a souvent en fait plus de leviers si on a un projet pour les humains et qu'ensuite on y intègre le biologique »* (Benoît Biéler, com. per.). De plus, comme nous l'avons vu, une grande partie de la réalisation du réseau écologique passe par l'implication d'acteurs privés et par les

actions qu'ils prennent sur les terrains qu'ils détiennent. Souvent, pour que ces derniers agissent, il faut également évoquer d'autres nécessités que celle écologique et dans certains cas démontrer la plus-value financière qu'ils peuvent en retirer.

La seconde raison s'explique, comme Benoît Biéler et Eric Morard l'affirment, par le manque d'instruments en milieu urbain qui permettent d'exiger des actions pour la biodiversité seule et qu'en définitive peu de mesures sont uniquement biologiques, excepté dans certains cas notamment pour les cours d'eau. Face à ces lacunes législatives, les autres fonctions de la trame verte agiraient comme soutien à la prise de mesures et justifieraient d'engager des fonds dans la restauration du réseau écologique.

À première vue, nous pourrions estimer que ces compromis puissent être délétères pour un réseau écologique viable, mais comme l'affirment certains enquêtés, bien que les raisons qui justifient la réalisation du réseau écologique ne soient pas systématiquement les mêmes et que les espaces réservés pour satisfaire d'autres fonctions se font parfois au détriment de la conservation de la biodiversité, ils sont essentiels pour que des mesures écologiques soient mises en place afin d'y répondre.

« Je pense qu'il peut y avoir des registres en fait d'arguments différents qui plaident pour le réaliser et puis finalement le but c'est de le réaliser. Voilà et donc de temps en temps on parle du réseau écologique pour la biodiversité, de temps en temps on en parle pour le climat, de temps en temps on en parle pour la qualité de vie d'une ville [...] Tant mieux, quoi » (Yves Bonard, com. per.).

De la même manière, pour Pascale Aubert, la conservation des fonctions sociales des espaces verts, dans lesquels des éléments du réseau écologique doivent être restaurés, est nécessaire pour ne pas mécontenter les gens et éviter que les habitants se retournent contre ce dernier.

2.2. Différentes dimensions dans le développement urbain qu'il faut coordonner.

Si une première raison explique les objectifs multiples de la trame verte urbaine du fait que l'enjeu de biodiversité est à lui seul insuffisant pour prendre des mesures afin de la renforcer, les entretiens mettent également en avant que le contexte urbain est de telle sorte que les politiques publiques sont dans l'obligation de s'entrecroiser. En d'autres termes, l'espace disponible étant restreint pour chaque politique publique, dont leur application se base tout ou partie sur les zones de verdure, leur mise en œuvre est inévitablement amenée à se confondre. Plus concrètement, le territoire urbain lausannois est constitué d'un maillage de voies et

Résultats

d'espaces chargés de remplir des fonctions de mobilité, paysagères, récréatives, etc. Ces réseaux préexistants se superposent, impliquant par exemple qu'une voie de mobilité douce sera également une voie paysagère. Dans ce contexte, si un cheminement de mobilité douce est projeté au sein par exemple d'un quartier, une évaluation sur la possibilité qu'il puisse aussi être bénéfique pour la biodiversité sera effectuée. Si, pour certains enquêtés et dans certaines situations, ce raisonnement restreint l'efficacité des mesures pour la conservation de la biodiversité, pour d'autres, il est compatible notamment lorsqu'une voie paysagère constitue également une liaison biologique. Eric Morard affirme, par exemple, bien que ces deux conceptions ne soient pas directement liées, qu'elles sont assez proches en termes structurels et suivent à peu près les mêmes tracés, leur combinaison n'est donc pas forcément défavorable. En définitive, la multifonctionnalité de la trame verte est inévitable en milieu urbain et elle ne peut prendre forme que dans cette configuration. Le but étant « *de trouver une cohérence sur le territoire de toutes ces différentes dimensions du développement urbain* » (Yves Bonard, com. per.).

2.3. Synthèse des objectifs du réseau écologique lausannois

Objectifs		Fonctions	
Social	La trame verte sert aux habitants et au développement de la ville	Récréative et bien-être	Les éléments de la trame verte sont des lieux de convivialité, de développement du lien social et d'activités récréatives.
		Sensibilisation	La trame verte permet la sensibilisation à la nécessité de la conservation de la biodiversité de par un contact plus important à la nature sauvage et permet de guider les habitants vers des actions concrètes.
		Paysagère, identitaire et d'aménagement	La trame verte permet de restaurer et de conserver le patrimoine paysager et permet de valoriser une identité lausannoise à laquelle les habitants sont attachés. Elle permet également de structurer le développement urbain pour assurer une maîtrise de la densification et conserver un cadre de vie agréable.
		De mobilité	La trame verte et notamment les liaisons biologiques offrent des promenades paysagères et incitent à la mobilité douce

Objectifs		Fonctions	
Économique	La trame verte sert l'économie de la ville et contribue à son attractivité	Économique	La trame verte peut fournir de nombreuses retombées économiques positives notamment en matière de valeur foncière des terrains, d'implantations d'entreprises, de réduction du coût de la santé ou d'économie d'énergie.
		Touristique	L'image de ville verte rend l'agglomération lausannoise attractive pour les touristes et peut avoir des retombées économiques importantes.
Environnemental	La trame verte sert à garantir la qualité de l'environnement et à réduire les effets du changement climatique	De protection	Les éléments de la trame verte peuvent protéger les habitants et les infrastructures contre les dangers naturels. Ils fournissent également des services écosystémiques comme la filtration de l'air et la protection des nappes phréatiques.
		Climatique	La trame verte peut avoir un impact bénéfique sur les effets du changement climatique, notamment en permettant de lutter contre le phénomène d'îlot de chaleur.

Objectifs		Fonctions	
Écologique	La trame verte sert à la conservation de la biodiversité	Écologique	La trame verte permet le déplacement et la dispersion d'espèces animales et végétales et sert d'habitats pour certaines d'entre-elles.
		Politique	La trame verte sert à concrétiser la politique en matière de conservation de la biodiversité et à avoir plus de poids lors de la pesée des intérêts
Agricole	La trame verte sert de terrain pour le développement de cultures diversifiées	Sylvicole	Les éléments de la trame verte peuvent servir à l'exploitation agricole, notamment sylvicole dans les forêts.
		Alimentaire	La trame verte peut favoriser une agriculture urbaine et la production alimentaire de proximité.

Tableau 1 : Synthèse des objectifs du réseau écologique lausannois

Le tableau 1, ci-dessus, résume les différents objectifs identifiés et visés par le réseau écologique lausannois et les fonctions qui y sont associées. La catégorisation des différentes fonctions visées par le réseau n'est en réalité pas aussi rigide. Dans un souci de synthétisation, nous les avons regroupées de la manière qui nous semblait la plus cohérente mais une fonction peut répondre à plusieurs objectifs étant donné les liens étroits entre chacun d'eux.

3. Limites et contraintes à la restauration du réseau écologique urbain lausannois

Nous l'avons vu, le réseau écologique urbain lausannois est au service de la ville ou est contraint de servir plusieurs objectifs inhérents au développement de la ville. Cet aspect constitue déjà un élément à retenir dans l'évaluation de sa capacité à répondre à la perte de biodiversité. Outre cet élément, la trame verte urbaine lausannoise est portée par une étude biologique qui permet de définir la structure et les éléments fonctionnels qui devraient être mis en place pour permettre un déplacement des organismes et la conservation des populations viables d'espèces ciblées. Si cette étude constitue un socle pour la prise de mesures, elle est réalisée au regard de certaines théories dont l'application en milieu urbain n'est pas axiomatique. Ces aspects peuvent également jouer un rôle quant à l'efficacité écologique finale du réseau écologique.

Les entretiens permettent de mettre en évidence les contraintes et les limites que les acteurs impliqués dans la réalisation du réseau écologique identifient. Ils exposent en particulier deux aspects qui restreignent l'efficacité du réseau écologique pour la conservation de la biodiversité. D'une part, les limites conceptuelles en amont de la réalisation du réseau écologique, c'est-à-dire les faiblesses en termes de connaissances et de données biologiques, et d'autre part les contraintes proprement dites d'application sur le terrain des éléments à préserver ou à restaurer.

3.1. Limites conceptuelles

Ces limites dans la conceptualisation du réseau écologique peuvent elles-mêmes être divisées en deux éléments. Le premier est lié aux connaissances théoriques et générales sur le fonctionnement et la structure des réseaux écologiques et leur traduction sur le territoire urbain lausannois. Le second se rapporte aux données disponibles et récoltées sur les composantes du réseau écologique étudié.

Manque de connaissances scientifiques

Le manque de connaissance quant au fonctionnement et à la structure des réseaux écologiques est un élément dont il a été fait mention dans notre partie sur la revue de la littérature. Ici, nous exposons ce que les enquêtés, dans le cadre du cas d'étude, ont identifié comme limites de connaissances théoriques pour la réalisation fonctionnelle du réseau écologique. Un premier aspect se rapporte aux zones nodales identifiées. Dans la zone étudiée, elles sont en grande partie définies comme telles en raison du statut écologique particulier qui leur a été attribué. Pour les autres éléments qui ne bénéficient pas de ce statut, les entretiens révèlent qu'il est difficile de définir si un espace constitue un réservoir de biodiversité. Il est dans la majorité des cas défini comme tel lorsqu'il y a « *des indications au niveau de la présence d'espèces, soit*

Résultats

d'espèces très rares, très menacées, soit un nombre important d'espèces » (Eric Morard, com. per.). Hélas, il n'existe pas de seuils précis de nombre d'espèces qui s'appliquent systématiquement pour envisager un espace comme zone nodale :

« il n'y a pas une limite nette, fixe. C'est quelque chose qui n'est pas standardisé [...] L'indice qui permet de dire que cet objet-là en tant que tel peut autofonctionner au niveau des espèces qui sont associées permet de le considérer comme une zone nodale » (Eric Morard, com. per.).

Les manques de connaissances se font également sentir au niveau des mécanismes de déplacements des espèces et des besoins spécifiques en matière de liaisons biologiques. La complexité de ces éléments oblige à simplifier les modèles au risque de limiter la fonctionnalité du réseau.

« Chaque espèce a des exigences, il suffit parfois d'un obstacle pour qu'une espèce n'arrive pas à passer. D'autres espèces ont besoin de quelques plantes tous les 10 mètres, tous les 20 mètres. Donc, c'est de toute façon illusoire de vouloir tout modéliser et de tout bien comprendre, on est obligé de simplifier » (Benoît Biéler, com. per.).

Manque de données biologiques

Les entretiens révèlent que le manque de données biologiques constituerait également un frein au déploiement efficace du réseau écologique lausannois. Ces données manquantes se situent essentiellement au niveau de la cartographie et des caractéristiques des milieux d'une part et d'autre part sur la répartition des espèces. Elle s'explique par le manque de temps et de moyens à disposition, les planificateurs et les spécialistes sont donc contraints de récolter des données déjà existantes qui sont parfois parcellaires ou à se fier à des données fournies par des observations de privés. Cette approche rend le modèle du réseau écologique lausannois à certains endroits approximatifs et n'assure pas qu'un espace puisse réellement constituer une zone relais, par exemple.

Associé aux manques de connaissances scientifiques sur le fonctionnement des réseaux écologiques, le manque de données, sur certaines composantes du réseau écologique lausannois et de la répartition des espèces sur le territoire de son déploiement, peut en définitive réduire la capacité à définir précisément les mesures efficaces à prendre. *« C'est clair qu'on ne peut absolument pas forcément assurer que notre choix est bon, qu'il est pertinent, mais en général, c'est un autre facteur qui nous contraint, c'est le facteur aménagement du territoire »* (Eric Morard, com. per.). Comme l'affirme ici Eric Morard, si les choix ne sont pas forcément justes en termes écologiques, ils seraient moins entravants pour la fonctionnalité du réseau que les

contraintes liées à l'aménagement du territoire. Cette affirmation signifie que c'est au niveau de l'opérationnalisation des schémas développés que les limites à un réseau écologique fonctionnel sont les plus fortes.

3.2. Limites d'application

Les entretiens font ressortir des obstacles multiples à l'application des concepts de restauration du réseau écologique. Nous constatons avant toute chose qu'ils ne sont pas indépendants les uns des autres, mais qu'ils découlent pour bon nombre du contexte légal, politique et, dans une plus large mesure, sociétal dans lequel se place le cas d'étude. Il est donc possible de lier les différents freins à la réalisation d'un réseau écologique fonctionnel.

3.2.1. Dimension privée

Comme nous l'avons vu, les propriétaires (habitants, entreprises, régies immobilières, etc.) sont impliqués dans la réalisation du réseau écologique à travers des terrains et des bâtiments qu'ils possèdent. Cet aspect, unanimement pour les enquêtés, constitue un frein au déploiement du réseau écologique puisque la propriété privée est protégée par la loi selon les droits fondamentaux inscrits dans la Constitution suisse. Sa restriction ne peut se produire que si un intérêt public prépondérant le demande (cst., art. 26 et art. 36, al. 2). En ce sens, on ne peut exiger des propriétaires de mettre en place des mesures pour réaliser le réseau écologique. Benoît Biéler affirme par exemple qu'

« à partir du moment où on fait un réseau qui passe chez tout le monde et bien c'est vrai que ça touche énormément de gens et puis tout le monde n'est pas intéressé à faire un projet, tout le monde ne veut pas faire un projet de ce type-là » (Benoît Biéler, com. per.).

Yves Bonard affirme également : *« Il y a une propriété individuelle qui est dans la Constitution fédérale, on a un certain nombre de possibilités d'imposer aux propriétaires des contraintes, mais ce n'est pas une possibilité totale »* (Yves Bonard, com. per.). La mise en place d'éléments utiles au réseau écologique au sein des jardins est donc dépendante du bon vouloir des propriétaires. Elle passe comme nous l'avons déjà mentionné par une sensibilisation et une incitation à la réalisation de petites actions au sein des terrains privés.

Si le réseau dans l'espace privé peut être entravé par sa non-réalisation, il peut également l'être par la perte d'espace vert sur les parcelles privées. En effet, les plans d'affectation actuels pour la commune de Lausanne et ceux des communes de l'Ouest lausannois donnent beaucoup de

Résultats

droits à bâtir aux propriétaires comme l'affirme Benoît Biéler pour les communes de l'Ouest lausannois :

« Le problème qu'on a un peu dans l'ouest de Lausanne, c'est que souvent sur des terrains qui sont déjà affectés, ce sont des terrains qui ont été affectés dans les années 50, 60, 70 et à ce moment-là, effectivement, on n'a pas pris en compte l'aspect biologie, donc aujourd'hui à beaucoup d'endroits, le terrain, la parcelle est entièrement constructible. Donc si le propriétaire vient avec un permis de construire, il pourrait la construire à 100 % » (Benoît Biéler, com. per.).

Yves Bonard affirme, dans le même registre et pour la commune de Lausanne, que *« c'est un outil (le plan d'affectation communal) d'urbanisme qui date de 2006, qui donne aujourd'hui des droits très concrets. Et puis les gens qui déposent un permis conforme ont de bonnes chances de pouvoir le réaliser, donc ça, c'est pour moi un obstacle »* (Yves Bonard, com. per.). L'ancienneté des plans d'affectations fait que l'enjeu biologique n'est pas pris en compte dans l'affectation des sols et que certaines zones ne sont pas protégées. Un propriétaire peut donc au travers d'un projet de construction venir imperméabiliser une surface en zone à bâtir qui servait à une liaison biologique. Cette situation est plus problématique pour les petits projets qui ne font pas d'étude d'impacts et pour lesquels les autorités ont peu de moyens d'exiger que des mesures de compensation soient mises en place.

Nous le voyons, sur le domaine privé, la loi et les réglementations sont faites de telle sorte qu'il n'est actuellement pas possible d'imposer aux propriétaires privés d'agir pour la conservation de la biodiversité en milieu urbain. Qui plus est, les plans d'affectation qui sont l'outil réglementaire d'aménagement du territoire, ne sont actuellement pas adaptés à la réalisation du réseau écologique, mais comme nous le mentionne certains enquêtés, ils sont voués à être révisés et à mieux intégrer la composante biologique. Ce contexte légal engendre donc des conflits d'intérêts avec les propriétaires privés et notamment les promoteurs, comme nous l'affirme Yves Bonard. Ces derniers ayant souvent d'autres objectifs que d'agir pour la sauvegarde de la biodiversité, les négociations et les mesures compensatoires demandées dans certains cas sont parfois compliquées et conflictuelles. Il faut noter que les projets de construction ne sont également pas systématiquement évalués par les autorités et que l'intégrité du réseau écologique n'est pas toujours prise en considération. Il peut parfois être aussi difficile de savoir si un terrain privé détériore ou participe au réseau écologique.

3.2.2. Dimension publique

Si les entretiens révèlent que les espaces privés sont un frein important au déploiement du réseau écologique dû à une capacité restreinte de la part des autorités de contrôle de ces espaces, il existe également des limites et des contraintes au sein du domaine public. Les entretiens permettent de dégager deux freins principaux : les projets de développement de la ville et la multifonctionnalité des espaces verts. Bien que nous ayons constaté que ces deux aspects constituent, en amont dans ce travail, des opportunités à la réalisation du réseau écologique puisqu'ils servent respectivement d'occasions pour la mise en place d'éléments de connectivité écologique et à l'argumentaire pour entreprendre des actions pour la conservation de la biodiversité, ils peuvent également contraindre le développement de la trame verte urbaine. Dans une moindre mesure, les entretiens mettent également en avant le manque de ressources financières comme limite au développement du réseau écologique.

Premièrement, le développement de la ville prend plusieurs formes et cherche à répondre à de multiples enjeux qui sont d'autant plus de pressions sur les espaces publics et sur le déploiement et la fonctionnalité du réseau écologique. Avant de se matérialiser sur le terrain, le développement urbain passe par une planification qu'on retrouve dans le plan directeur et demande une concertation des différents services sur les actions à mener. Cet aspect, comme l'affirme Yves Bonard, exige parfois certains compromis qui peuvent être faits au détriment du réseau écologique, bien que des mesures compensatoires puissent être prises. Par exemple, le développement de différents réseaux souterrains, qui en occupant le sol, limitent la végétalisation de certains espaces. *« On est tous pour développer un réseau de chauffage à distance parce que ça permet d'avoir un impact énergétique meilleur. Ces réseaux-là, ils viennent occuper des volumes de terre qui ne seront pas disponibles pour des racines »* (Yves Bonard, com. per.). D'autres projets de développement de la ville sont identifiables et démontrent les conflits d'espaces entre les divers enjeux urbains. Ces derniers peuvent découler directement de l'évolution de la loi. Par exemple, comme l'affirme Eric Morard, la loi sur l'énergie demande un quota de surface minimale de panneau solaire à installer sur les toitures et elles entrent en conflit avec le réseau écologique. Finalement, pour Pascale Aubert, de manière générale, la densification de la ville est une limite importante au déploiement de structure de connectivité écologique :

« On a aussi une ville qui se densifie, c'est quand même un objectif pour les villes en Suisse. Donc le problème, c'est comment est-ce qu'on arrive à sauvegarder de beaux bosquets, par exemple, sur des parcelles où il y a des projets de constructions qui viennent et qui bousillent

tout car en fait c'était un relais qui n'était pas un biotope d'importance locale, mais qui jouait quand même un rôle » (Pascale Aubert, com. per.).

Ces aspects mis en avant par les enquêtés ne sont en réalité qu'une partie des pressions auxquelles fait face le domaine public. De manière générale, l'ensemble des politiques publiques déployées dans l'espace urbain pourra entraîner des répercussions négatives sur la mise en place du réseau écologique. Si dans le meilleur des cas des compromis peuvent être trouvés, d'autres éléments empêchent toute intervention de restauration. Par exemple, les éléments patrimoniaux ne peuvent faire, comme c'est le cas pour le parc de Milan, des édifices protégés en centre-ville ou des places symboliques, l'objet d'un réaménagement efficace en faveur de la biodiversité. Parfois, comme l'affirme Eric Morard, les mesures de restauration d'une liaison biologique arrivent trop tard, la zone ciblée ayant déjà été affectée pour un autre usage ou à un projet de développement urbain et aucune mesure compensatoire et fonctionnelle ne peut être trouvée. Eric Morard montre qu'il existe donc également une contrainte temporelle où la réalisation du réseau écologique dépend de la rapidité avec laquelle sont décidées les actions à entreprendre.

Deuxièmement, la multifonctionnalité des espaces verts, comme nous l'avons vu, est une nécessité pour le déploiement de la trame verte urbaine et également inévitable dans le contexte urbain. Cependant, elle constitue également un frein pour sa pleine réalisation. En effet, en affectant certaines parties des espaces verts à différentes fonctions, que ce soit pour la mobilité, la détente ou le paysage, par exemple, la connectivité écologique sera restreinte, car elles peuvent constituer des obstacles physiques ou réduire la fonctionnalité du réseau écologique. Comme nous l'affirme Pascale Aubert,

« la multifonctionnalité des espaces [...] c'est qu'en fait il y a des endroits où c'est super simple de faire quelque chose pour l'infrastructure écologique, mais par contre il y a aussi des endroits qui sont importants pour une voie de mobilité douce ou qui sont importants pour l'usage du public donc ça, c'est aussi un obstacle forcément » (Pascale Aubert, com. per.).

Néanmoins, la plupart des entretiens ont révélé que cette multifonctionnalité des espaces verts, malgré les effets néfastes qu'elle peut engendrer sur la trame verte, sert plus sa réalisation qu'elle ne l'entrave. Cependant, il faut comprendre ici que bien qu'elle serve à sa mise en œuvre, elle n'assure pas que les mesures adéquates seront prises et qu'elles seront effectivement fonctionnelles d'un point de vue écologique.

Enfin, le manque de financement peut également empêcher la mise en place de certaines mesures. Yves Bonard affirme dans ce sens,

« on avait ambitionné d'avoir un grand parc à Sauvabelin et puis finalement, on n'a plus de ressources financières pour le faire, car les ressources ont été mises ailleurs [...] Donc on a une situation économique qui n'est pas très favorable, ça oblige à faire un certain nombre de choix et clairement ça peut aussi un petit peu limiter la force de frappe » (Yves Bonard, com. per.).

3.2.3. Dimension systémique

En définitive, c'est une guerre à l'espace qui se manifeste en ville d'une part sur le domaine privé et d'autre part sur le domaine public. Elle découlerait plus généralement de la faiblesse réglementaire et législative. Typiquement, dans les instruments de planification qui sont contraignants entre les autorités, les plans directeurs, on constate que l'enjeu de biodiversité est noyé au sein d'autres enjeux et que l'aspect social de la trame verte urbaine est privilégié. Les plans d'affectation en vigueur, comme nous l'avons vu, ont, dans certains cas, été rédigés à une période où l'enjeu écologique n'était que partiellement pris en compte, laissant donc beaucoup d'espace à la zone à bâtir qui aujourd'hui restreint la capacité de mettre en place des espaces pour le réseau écologique. La révision des plans d'affectation n'assure pas que le réseau écologique pourra se déployer totalement du fait d'un manque de bases légales qui soutiennent les structures de connectivité écologique. Eric Morard explique ces faiblesses notamment par le fait qu'il existe un problème de traduction des concepts propres aux réseaux écologiques. En effet, si les zones nodales sont relativement bien protégées par la loi, les liaisons biologiques n'ont pas de protection équivalente.

« Les gros soucis, c'est surtout tout ce qui est liaisons et zones relais. Là pour l'instant, que ça soit dans tous les cas qu'on a étudié, il n'y a personne qui a vraiment trouvé la solution de comment traduire ça au niveau de l'aménagement du territoire. » (Eric Morard, com. per.).

La traduction de ces éléments se fait en majeure partie au cas par cas pour des projets précis ou des plans de quartier.

« Il y a différentes terminologies dans les plans de quartiers qui vont pouvoir définir des couloirs biologiques, des espaces de verdure à fonction biologique en fonction des terminologies qu'ils peuvent trouver avec une réglementation spécifique qui peut permettre en tout cas le développement et la pérennisation de ces espaces-là » (Eric Morard, com. per.).

Résultats

Il n'existe en clair pas de bases légales sur lesquelles s'appuyer pour exiger ou protéger des composantes du réseau écologique au sein du milieu urbain, laissant donc sa réalisation évoluer au gré des occasions qui surgissent.

3.3. Synthèse des limites à la restauration du réseau écologique lausannois

Conceptualisation du réseau écologique	
Connaissances scientifiques	<ul style="list-style-type: none"> • Manque de connaissances scientifiques sur les mécanismes et sur les caractéristiques structurelles nécessaires au déplacement et à la dispersion des espèces animales et végétales. • Manque de connaissances scientifiques sur les fonctions réelles des espaces naturels.
Données de terrain	Récolte de données de terrains fragmentaire due à un manque de moyens et de temps.
Mise en œuvre du réseau écologique	
<i>Dimension privée</i>	
Affectation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Les plans d'affectation actuels ne permettent pas suffisamment de prendre en compte les éléments du réseau écologique. • Constructibilité des parcelles importantes qui peuvent imperméabiliser les espaces verts privés ou agir comme obstacles au déplacement de la faune.
Propriété privée	La propriété privée est protégée par la Constitution suisse, un propriétaire est donc libre d'agir ou de ne pas agir pour le réseau écologique sur la parcelle qu'il détient.
Actions des acteurs du milieu urbain	La restauration du réseau écologique dépend en partie du bon vouloir des habitants et des personnes exerçant une activité dans le milieu urbain, leur inaction péjore l'accomplissement de cet objectif.
<i>Dimension publique</i>	

Résultats

Développement urbain	<ul style="list-style-type: none"> • Les projets de développement urbain peuvent avoir un effet délétère sur les éléments du réseau écologique en imperméabilisant certains espaces utiles à la biodiversité. • Les mesures de compensation, si elles sont prises, n'assurent pas systématiquement des espaces dont la fonctionnalité est identique à celui disparu.
Multifonctionnalité des espaces verts	<ul style="list-style-type: none"> • Les espaces verts créés ou existants sont dans la majorité des cas dédiés à plusieurs activités ou offrent plusieurs fonctions, cet aspect peut réduire leur capacité à être fonctionnels pour la biodiversité
Moyens financiers	<ul style="list-style-type: none"> • Les ressources financières attribuées pour la conservation de la biodiversité sont plus faibles que pour d'autres politiques publiques, il en résulte que des projets qui permettraient d'améliorer le réseau écologique ne sont finalement pas entrepris.
<i>Dimension systémique</i>	
Bases légales et règlements	<ul style="list-style-type: none"> • Problème de traduction des concepts de réseau écologique, de liaisons biologiques, de zones nodales dans les instruments d'aménagement du territoire. • Le cadre légal actuel sur la protection de la nature est basé sur la protection et la compensation et ne permet pas suffisamment de satisfaire les exigences pour la restauration du réseau écologique.

Tableau 2 : Synthèse des limites à la restauration du réseau écologique lausannois

V. Discussion

Les résultats ci-dessus exposés démontrent la complexité de la conception et de la mise en place d'un réseau écologique en milieu urbain. Les enjeux de la ville étant multiples, la conjugaison de ces derniers avec les besoins de la faune et la flore est un défi de taille pour les pouvoirs publics. À ce stade du travail, nous revenons aux hypothèses de recherche formulées dans notre problématique et aux résultats précédemment présentés.

Hypothèses N°1

« La restauration de la connectivité écologique dans le réseau écologique urbain lausannois est basée sur une approche essentiellement physiographique et sur la mise en place de petites zones relais entre deux zones nodales qui répondent aux besoins d'espèces relativement communes et peu exigeantes. »

Les résultats de ce travail ont permis d'identifier la manière dont se déploie le réseau écologique et les raisons des choix effectués. L'approche dans la restauration d'un réseau écologique peut être diverse et dépend entre autres des objectifs fixés, des caractéristiques de l'espace pris en considération et du degré de connaissance sur ceux-ci. De Montis et al. (2016) ont montré qu'il existe trois approches fondamentales. Premièrement, l'approche physiographique qui se concentre sur la restauration de la connectivité structurelle du réseau écologique. Deuxièmement, l'approche fonctionnelle qui cherche à restaurer les habitats vitaux selon les besoins des espèces cibles. Enfin, l'approche d'aménagement où la restauration d'un réseau écologique sert à construire une infrastructure verte multifonctionnelle (écologique, récréative, esthétique, etc.). Dans le cadre du réseau écologique lausannois, les résultats ont montré que l'approche envisagée n'est pas cantonnée à l'une de celles évoquées par De Montis et al. (2016). Elle est plutôt au croisement de ces dernières. En effet, comme nous l'avons vu, l'objectif de la restauration du réseau écologique lausannois est pluriel. Elle est guidée par l'enjeu de la conservation de la biodiversité, mais elle est également mise à profit pour le développement de la ville. Les structures telles que les zones nodales et les liaisons biologiques ont, pour leur majorité, des fonctions mixtes ou sont contenues dans des espaces à vocations multiples. Par exemple, les corridors écologiques servent également de trame paysagère, la restauration de zones relais peut également servir d'espace de récréation aux habitants, les chemins de mobilité douce sont aménagés pour également faciliter le déplacement et la dissémination des animaux et des végétaux, etc. Cependant, cette approche est exprimée dans la planification de la mise en œuvre du réseau écologique, notamment dans les plans directeurs et le concept « nature en

Discussion

ville» de la ville de Lausanne. Elle est la traduction politique et urbanistique de l'étude biologique sur le réseau écologique lausannois où l'approche se veut fonctionnelle et physiographique.

Les résultats ont montré que l'approche biologique de la restauration du réseau écologique lausannois est similaire à celle employée au niveau cantonal et national dont la particularité est de découper le réseau écologique en sous-réseaux. Chaque sous-réseau se rapporte à un type d'habitats qui se rencontre spécifiquement dans l'agglomération lausannoise. Cette méthode permet de distinguer les mesures de restauration à prendre pour chaque milieu afin de garantir une connectivité fonctionnelle. Elle permet également de considérer des guildes d'espèces plus nuancées et de déterminer quelle espèce doit être privilégiée pour guider les aménagements à effectuer. Ces espèces cibles ne représentent qu'une partie du biote présent au sein d'un habitat, elles sont sélectionnées en raison de l'importance accordée à leur conservation et leur potentiel rôle d'espèce parapluie, mais sont essentiellement considérées du fait qu'elles supportent des environnements fragmentés. En effet, les résultats montrent que les liaisons biologiques sont majoritairement envisagées sous la forme de zone relais impliquant pour les espèces terrestres un déplacement inévitable au sein de la matrice urbaine. Cette caractéristique structurelle retient inévitablement le nombre d'espèces qui sera susceptible d'emprunter les liaisons biologiques, seules celles relativement peu exigeantes pourront se mouvoir au sein de l'espace urbain. Pour limiter cette contrainte, il est nécessaire d'améliorer la connectivité structurelle en réduisant la distance qui sépare les zones relais et ainsi limiter les passages au sein de la matrice urbaine. Cet aspect est pris en compte dans les mesures de restauration notamment pour le sous-réseau forestier où il est défini que la distance entre deux zones nodales ne doit pas dépasser 200 mètres.

Cette approche fonctionnelle et physiographique correspond, de manière générale, aux méthodologies avancées dans la littérature scientifique pour la restauration d'un réseau écologique mais le degré d'importance accordé à certains aspects varie. En effet, si chaque élément primordial à la restauration d'un réseau écologique est considéré dans le cas lausannois, les résultats montrent que l'attention portée à certains est moins prononcée. Par exemple, en comparant avec l'étude approfondie de Baguette et al. (2013) sur les étapes de conception de réseaux écologiques fonctionnels, nous constatons que certaines étapes énumérées dans cette étude sont appliquées à des degrés différents. Notamment, l'évaluation des liens entre les populations d'espèces cibles et leur capacité de dispersion au sein du paysage n'est pas réellement réalisée du fait, comme les résultats le montrent, de moyens de récolte de données

Discussion

restreints. Pourtant, selon Baguette et al., (2013) cet aspect est fondamental pour caractériser la connectivité d'un espace donné et pour garantir que les mesures de restauration aient un effet positif sur le déplacement des organismes. À noter que Baguette et al., (2013) admettent que généralement cette phase d'analyse est négligée en raison des moyens financiers et techniques élevés nécessaires à sa réalisation. Outre cet aspect précis, les résultats permettent de rendre compte plus largement, au regard de la littérature scientifique, que l'approche dans la conception du réseau écologique lausannois se limite à une description générale de ses caractéristiques écologiques et propose des mesures de restauration indicatives puisque le but est de faciliter sa mise en œuvre dans le territoire urbain. Néanmoins, pour nuancer ce constat, il est important de mentionner que la majorité des études actuelles, qui exposent les éléments nécessaires à la restauration d'un réseau écologique, se concentrent essentiellement sur les facteurs qui sont susceptibles d'assurer une connectivité fonctionnelle en omettant l'ensemble des contraintes potentielles du contexte dans lequel ils seront appliqués.

Cette hypothèse est donc partiellement vérifiée puisqu'effectivement les liaisons biologiques envisagées le sont sous forme de zones relais qui servent au déplacement et à la dissémination d'une faune et d'une flore peu exigeante et susceptible de tolérer des environnements dégradés. Cependant, la restauration du réseau écologique n'est pas uniquement basée sur une approche physiographique, elle est pensée en termes de fonctionnalité et d'aménagement afin de répondre d'une part à la conservation de la biodiversité et au développement urbain.

Hypothèse N°2

« L'objectif de la restauration du réseau écologique lausannois est de contribuer à la protection de la biodiversité tout en profitant d'assurer le verdissement de l'agglomération lausannoise pour le bien-être humain, la sensibilisation de la population aux nécessités de conservation de la biodiversité et la protection de l'environnement. Cette pluralité d'objectifs peut réduire la place disponible pour la biodiversité et augmenter le nombre d'obstacles à son déplacement. »

La restauration du réseau écologique lausannois, comme le montrent les résultats, a des objectifs multiples. Elle a effectivement pour vocation de réduire la fragmentation des paysages et ses effets néfastes sur la biodiversité, mais elle est en premier lieu pensée afin de répondre aux besoins des habitants et des usagers de l'espace urbain. Ces besoins sont larges, mais les entretiens ont permis d'en saisir certains qui semblaient être plus essentiels. Ils ont de manière générale pour objectif d'assurer un cadre de vie agréable qui passe par des lieux de détente,

Discussion

d'épanouissement social et de rencontre. Ils servent également à la sensibilisation des usagers à la nature, à la mobilité douce et à la conservation du paysage typique de la région.

La trame verte urbaine a également un rôle à jouer dans la protection de l'environnement, mais elle est pensée en fonction de son apport pour le bien-être qu'elle offre aux habitants et usagers de la ville. Comme nous l'avons vu, elle sert en majeure partie de filtre aux pollutions de l'air et de l'eau et permet d'atténuer le phénomène d'îlot de chaleur. Bien que ce soient ces fonctions qui soient exprimées, la végétalisation de l'espace urbain répond indirectement à d'autres enjeux environnementaux et climatiques.

Les éléments du réseau écologique sont également des espaces pouvant fournir des ressources. Les milieux forestiers servent à la sylviculture, les milieux des eaux libres à la pêche, le milieu agricole à la culture, etc. Ils sont également une opportunité pour développer une agriculture urbaine et de proximité avec la création de jardins potagers privatifs. La reconnexion des espaces verts génère également des retombées économiques positives en augmentant l'attractivité du milieu urbain, la valeur foncière des terrains et des habitations et en améliorant le cadre de vie.

La vision avec laquelle est appréhendé le réseau écologique lausannois coïncide, sous certains aspects, avec la manière dont la mise en réseau des espaces verts urbains s'est développée au cours du siècle passé jusqu'à nos jours. En effet, comme nous l'avons vu, les trames vertes urbaines ont été longtemps considérées comme des outils au service de l'urbanisme et du paysage qui cherchaient à offrir aux habitants un cadre de vie plus agréable (Clergeau & Blanc, 2013). L'utilité de ces dernières pour la conservation de la biodiversité en milieu urbain n'est apparue que récemment dans un contexte de montée des préoccupations écologiques et de l'évolution scientifique sur le fonctionnement des systèmes écologiques. La trame verte urbaine est donc envisagée, de nos jours, souvent au travers de deux dimensions : celle de l'aménagement du territoire et celle de la protection de la biodiversité et de l'environnement. Ainsi, le réseau écologique lausannois s'inscrit également dans cette approche et n'a pas uniquement vocation à répondre à l'enjeu de biodiversité, il participe en réalité à une politique d'aménagement de l'infrastructure verte en ville et plus généralement au développement du milieu urbain lausannois. Autrement dit, la conservation de la biodiversité est un objectif qui est inclus au sein d'un enjeu plus global qui est celui de développer les espaces verts au sein de la matrice urbaine. En ce sens, le terme de trame verte, plus inclusif, est souvent évoqué pour parler de cette infrastructure de manière large.

Discussion

Cette pluralité d'objectifs freine inévitablement, lors de leur réalisation, celui de la conservation de la biodiversité. Ils occupent des parties qui pourraient être dédiées à la faune et à la flore ou créent des obstacles à leur déplacement ou à leur dispersion. Un parc urbain dont une partie est réservée à des places de jeux ou des terrains de sport, par exemple, aura forcément un impact moindre sur le nombre d'individus et d'espèces présent. Cependant, les résultats permettent de nuancer ce constat puisque la question dans le cadre du réseau écologique lausannois n'est pas tellement de protéger les éléments existants, mais bien de reconstruire les éléments manquants. Cette reconstruction est difficilement envisageable si seul l'aspect écologique est pris en considération. En effet, comme l'ont montré les discours des enquêtés, les autres objectifs du réseau écologique sont nécessaires afin de soutenir les actions qui doivent être entreprises. Autrement dit, il est actuellement encore difficile de prendre des mesures en milieu urbain uniquement pour la biodiversité, elles peuvent se prendre lorsqu'elles sont au bénéfice d'autres enjeux du milieu urbain, augmentant ainsi le poids des mesures dans le processus décisionnel. Qui plus est, la reconstruction du réseau écologique lausannois ne semble pouvoir se penser que sous cet angle multifonctionnel puisqu'il est nécessaire de coordonner l'ensemble des politiques publiques se basant sur tout ou partie du développement d'espaces verts. Le réseau écologique est donc un concept particulièrement adapté afin de répondre à des enjeux multiples qui se déploient sous la forme de réseaux ou qui maillent le territoire urbain.

Enfin, sur la base des résultats, cette seconde hypothèse est donc partiellement vérifiée. Le réseau écologique est effectivement voué à répondre à des objectifs divers qui ont une incidence sur la réelle capacité de celui-ci à protéger la biodiversité, mais sont nécessaires pour que des actions soient entreprises. Il s'agit donc d'un compromis qui est nécessaire en milieu urbain au vu du contexte politique, légal, et sociétal qui le régit.

Hypothèse N°3

« Les conflits d'intérêts politiques, l'occupation des sols, les besoins financiers et le manque de connaissances limitent le déploiement de structures de connectivité écologique efficaces. »

Comme l'ont montré les résultats, la restauration du réseau écologique lausannois fait face à plusieurs obstacles et contraintes qui limitent la capacité à assurer une connectivité écologique fonctionnelle et ce d'une part en raison des lacunes scientifiques et de données et d'autre part en raison des difficultés à conserver et récupérer de l'espace pour les éléments du réseau.

Les manques de connaissances scientifiques et de terrain sont donc une limite à la réalisation du réseau écologique lausannois. Les discours des enquêtés ont montré qu'elles ont une

Discussion

incidence sur la capacité à assurer que les mesures à entreprendre soient réellement efficaces ou suffisantes. Plus précisément, elles induisent une difficulté à définir avec précision les structures d'un réseau écologique et les éléments biotiques et abiotiques à prendre en considération pour une restauration viable. De manière générale, le fonctionnement des écosystèmes est complexe et spécifique à l'espace étudié, ils sont organisés selon un réseau d'interactions diverses entre une myriade d'espèces et les caractéristiques physiques et chimiques des milieux qui engendrent des effets difficilement prévisibles et modélisables. Les mesures de conservation de la biodiversité envisagées découlent, dans ce contexte, d'une simplification des mécanismes de maintien des populations et des écosystèmes. Dans le cadre du réseau écologique lausannois, les résultats démontrent, par exemple, que les zones nodales sont considérées comme telles car elles ont les caractéristiques suffisantes en termes de nombre d'espèces et il est présupposé qu'elles peuvent auto fonctionner sans relation avec les éléments extérieurs. Cependant, ces considérations sont approximatives puisqu'il n'existe pas de seuils fixes en termes de nombre d'espèces pour un milieu donné permettant de conclure qu'il s'agit effectivement d'un réservoir de biodiversité pouvant auto fonctionner (Lepczyk et al., 2017). Les résultats ont également relevé qu'il était difficile d'assurer que la reconstruction d'éléments de liaison permette effectivement un déplacement des espèces. Cet aspect n'est pas spécifique au cas lausannois, mais semble, en l'état des connaissances, inhérent à la restauration de ce type de structure. « *Il n'est pas certain que le rétablissement de connexions écologiques dans des paysages extrêmement fragmentés ait des effets significatifs* » (Bergès et al., 2010, p.39). Qui plus est, nous l'avons vu, le degré de connectivité écologique dépend de la structure du paysage, mais également de la réponse des organismes à cette structure (Kadoya, 2009; Tischendorf & Fahrig, 2000). En ce sens, un corridor écologique linéaire (structurellement fort) pour un milieu donné, bien que présent, n'implique pas forcément un déplacement de l'ensemble des organismes présents au sein d'une zone nodale puisqu'il est également dépendant des besoins propres à chaque espèce. Afin de s'assurer d'une connectivité fonctionnelle pour les espèces cibles, il est à nouveau nécessaire d'effectuer des observations de terrains importantes pour identifier les besoins de chaque espèce. Dans le cas du réseau écologique lausannois, les résultats ont démontré que les données en la matière manquent ce qui induit inéluctablement une incertitude quant à la fonctionnalité des liaisons biologiques. De plus, l'organisation spatiale de l'agglomération lausannoise implique actuellement que les liaisons biologiques se présentent ou sont envisagées sous la forme majoritairement de zones relais dont les caractéristiques écologiques et la répartition n'offrent pas la certitude d'un déplacement de l'ensemble des espèces cibles.

Discussion

Manque de connaissance scientifique et manque de données de terrain sont actuellement un frein à la restauration du réseau écologique lausannois, si pour le premier elle est indépendante au cas lausannois, la seconde est issue d'un manque de moyens et de temps dans l'étude sur l'infrastructure verte de l'agglomération lausannoise.

Les résultats montrent également que les obstacles au déploiement efficace du réseau écologique ne sont pas seulement d'ordre théorique, mais qu'ils sont essentiellement d'ordre pratique. En effet, la mise en place d'éléments pour la restauration du réseau écologique urbain est contrainte directement par l'aménagement du territoire où l'espace est occupé pour des besoins divers et constitue une « ressource » particulièrement précieuse et convoitée. De cette physionomie du milieu urbain, découle qu'il est à la fois nécessaire de protéger l'existant face à l'imperméabilisation et à la fois nécessaire de récupérer de l'espace pour aménager des éléments nécessaires à la connectivité écologique. Cette double contrainte a une incidence sur le déploiement d'un réseau écologique fonctionnel. Les résultats ont montré, cependant, qu'elle se manifeste différemment en fonction des espaces considérés en milieu urbain.

Premièrement, l'espace public étant régi par les autorités publiques, il est assuré à travers la révision des planifications directrices que des actions de conservation et de restauration soient entreprises. Néanmoins, ces planifications ont pour objectifs principaux de coordonner les différentes politiques sectorielles dont le poids n'est pas équivalent. Il en résulte que la pesée des intérêts qui s'effectue lors de la planification peut se faire au détriment d'un déploiement optimal du réseau écologique lausannois. Plus précisément, les résultats montrent que la pesée des intérêts va souvent dans le sens d'un compromis où le réseau écologique remplit plusieurs fonctions freinant ainsi sa fonctionnalité et que plusieurs espaces publics servant au réseau écologique sont sujets à être remplacés par d'autres projets prépondérants de développement urbain. Les résultats montrent également que les projets de restauration d'une part sont aussi dépendants des moyens financiers à disposition qui sont parfois insuffisants pour la reconstruction de grands espaces identifiés comme pertinents pour le renforcement de la trame verte urbaine.

Deuxièmement, sur l'espace privé, qui représente une part importante de la surface verte dans l'agglomération et qui de ce fait participe significativement au réseau écologique, les moyens pour que des actions de protection soient entreprises sont beaucoup plus faibles puisqu'actuellement les outils d'aménagement et les réglementations laissent beaucoup de droits à bâtir aux propriétaires ce qui amène potentiellement à une réduction de la part d'espace

Discussion

vert ayant un rôle bénéfique au déplacement de la faune. Outre cet aspect de protection, les espaces privés sont également des zones où des actions de restauration pouvant servir à renforcer le réseau écologique urbain sont nécessaires. Cependant, la propriété privée étant protégée par la Constitution suisse, de telles actions dépendent du bon vouloir des propriétaires. Cet élément peut donc constituer un obstacle important au réseau écologique.

Finalement, les résultats montrent que les freins au déploiement du réseau écologique proviennent de manière plus globale de la faiblesse législative et réglementaire actuelle qui ne permet pas suffisamment de protéger et de restaurer des éléments de réseaux écologiques. Ces lacunes laissent la possibilité de perdre des surfaces utiles au réseau ou du moins de réduire la qualité écologique de ces dernières et réduisent la capacité d'imposer que de nouveaux éléments soient aménagés.

Cette troisième et dernière hypothèse est donc vérifiée. La restauration du réseau écologique lausannois est effectivement freinée essentiellement par les différents éléments supposés en amont de ce travail.

Limites de la recherche

Ce travail fait face à quelques limites qu'il semble important de mentionner au terme de notre recherche. Premièrement, notre choix méthodologique fort a été celui de faire intervenir à la fois les sciences naturelles et les sciences sociales afin d'appréhender d'une manière qui semblait pertinente l'application d'une stratégie de conservation de la biodiversité au sein d'un milieu ayant un caractère hautement social. Au terme de ce travail, nous constatons qu'afin de mieux apprécier la capacité de la restauration de la connectivité écologique dans l'agglomération lausannoise à conserver la biodiversité, des observations de terrains auraient permis d'apporter plus de précisions à nos résultats. Plus généralement, du fait de la complexité des processus écologiques, de meilleures connaissances sur la biodiversité urbaine et sur les mécanismes qui soutiennent le déplacement et la dissémination des espèces permettraient une meilleure analyse des résultats de notre étude.

Deuxièmement, notre étude n'offre qu'une vision restreinte sur l'ensemble des enjeux de la restauration de la connectivité écologique de l'agglomération lausannoise. D'une part, le fait que le réseau écologique lausannois soit dans une phase de mise en œuvre où l'ensemble des infrastructures envisagées et les outils pouvant servir à cet égard ne sont pas encore déployés, implique qu'il n'est pas totalement possible de connaître la finalité de sa restauration et ne permet pas de conclure exhaustivement sur la capacité de la trame verte à protéger la

Discussion

biodiversité. D'autre part, nous avons réalisé un nombre restreint d'entretiens et l'ensemble des acteurs identifiés dans la restauration du réseau n'ont pas été mobilisés pour la récolte de données. Ces aspects découlent du fait que nos demandes d'entretien auprès des autorités cantonales et du PALM sont restées vaines. Mais ce n'est pas forcément préjudiciable à la validité des résultats puisque ce travail a fait intervenir des acteurs impliqués au plus proche de la planification et l'élaboration de la stratégie de restauration de la connectivité écologique. Cependant, des données plus nuancées et complètes auraient pu être apportées en incluant les acteurs cantonaux et les acteurs mettant directement en œuvre sur le terrain les éléments de la trame verte urbaine.

Enfin, les résultats exposés reposent en grande partie sur les entretiens semi-directifs effectués. Bien que cette méthode de récolte de données fût pertinente dans le cadre des questions de recherches définies, nous avons remarqué que le sens des questions était perçu différemment en fonction des interlocuteurs et que parfois ceux-ci semblaient vouloir défendre leur vision personnelle. Cet aspect a été plus marqué lors des questions qui avaient trait aux limites de la restauration du réseau écologique lausannois puisqu'elles remettent indirectement en cause sa validité. À nouveau, des entretiens supplémentaires auraient pu réduire ce biais.

Conclusion

Ce travail de mémoire questionne, d'un point de vue social et écologique, la capacité de la restauration du réseau écologique lausannois à contribuer à la protection de la biodiversité. À cet égard, nous avons cherché à comprendre la manière dont elle a été pensée et les raisons des choix effectués. Nous avons également examiné les objectifs dans leur globalité de la trame verte urbaine et leurs fondements au sein du milieu urbain. Enfin, nous nous sommes penchés sur la question des limites et des freins au déploiement du réseau.

Il en ressort que la restauration du réseau écologique lausannois se base globalement sur la structure typique et la méthodologie que la littérature scientifique met généralement en exergue. Schématiquement, on retrouve dans le cas lausannois plusieurs sous-réseaux composés de zones nodales séparées par une matrice inhospitalière, mais entrecoupée par des liaisons biologiques qui assurent une certaine connectivité entre les réservoirs pour plusieurs groupes d'espèces cibles. Si pour certains sous-milieus, les zones nodales sont relativement bien présentes, pour d'autres elles sont quasiment absentes ou trop éloignées du milieu urbain. Des mesures de restauration pour ces dernières sont pratiquement inconcevables compte tenu du manque d'espace entravant ainsi une conservation plus étendue de la biodiversité en milieu urbain. Les liaisons biologiques quant à elles sont dans leur majorité pensées sous la forme de zones relais induisant que seules des espèces très mobiles et tolérant des déplacements dans une matrice inhospitalière sont susceptibles de les emprunter. Ce choix est indéniablement effectué en raison du manque d'espace disponible en ville. À noter que seule une partie des sous-réseaux identifiés font l'objet d'une mise en réseau du fait que certains possèdent une guildes d'espèces tolérant d'autres milieux pour leur déplacement ou qu'ils constituent de micro-habitats ne nécessitant pas de liaisons biologiques. Les espèces cibles choisies le sont donc puisqu'elles sont supposées supporter ces caractéristiques du paysage et sont généralement assez communes. En raison de ces caractéristiques, le réseau écologique lausannois ne peut pas viser la conservation d'une diversité biologique large mais l'attention particulière sur les espèces parapluies peut permettre de garantir le déplacement d'autres espèces n'étant pas directement prises en considération. On constate également une concentration moindre sur les zones tampons dont l'absence induit une perturbation plus grande des zones nodales et relais et peut bloquer le déplacement de certaines espèces. La matrice urbaine également ne fait pas l'objet de mesures poussées pour réduire le taux de mortalité des espèces qui sont contraintes de la traverser. Dans leur ensemble, les choix opérés sont aussi contraints par un manque de connaissances générales sur des mécanismes de fonctionnement d'un réseau écologique et par

un manque de données précises de terrains qui permettent de reconstruire une connectivité fonctionnelle pour plusieurs espèces.

Outre l'aspect écologique de la trame verte urbaine, ce mémoire se concentre également sur son aspect social et d'aménagement. Nous constatons que l'implantation du réseau écologique au sein du milieu urbain ne s'opère pas uniquement sous l'optique écologique, mais est un outil au service plus large du développement de la ville. Il est utile à divers objectifs qui d'une part réduisent l'efficacité du réseau, mais d'autre part supporte son déploiement. Ce mémoire montre également que les outils actuellement à disposition et les réglementations, dans le contexte lausannois, sont insuffisants pour permettre un déploiement rapide et complet à toutes les échelles des éléments nécessaires d'un réseau écologique. Qui plus est, il est restreint par le fait qu'il est tributaire de l'action d'acteurs privés.

Finalement, nous constatons que la capacité du réseau écologique lausannois est limitée pour protéger la biodiversité au vu de ces différentes considérations. La fragmentation extrême du milieu urbain, le peu de marge de manœuvre dans la tâche de récupération de l'espace pour des structures de connectivité écologique semblent indubitablement néfastes pour les efforts de conservation de la biodiversité en milieu urbain. Malgré tout, au terme de ce travail, il est nécessaire de nuancer ces propos. Premièrement, la stratégie concrète de restauration du réseau écologique lausannois permet une prise en compte, dans l'ensemble des politiques sectorielles ayant une incidence sur le territoire, des enjeux de la biodiversité. Elle joue donc un rôle fondamental dans la pesée des intérêts en amont de chaque action entreprise qui, bien qu'elle soit parfois insuffisante pour conserver idéalement la biodiversité, permet de limiter une dégradation plus grande des espaces naturels. Deuxièmement, elle sert de guide pragmatique, au niveau des planificateurs quant à l'évolution que doit prendre la ville et les mesures concrètes qui doivent être entreprises, mais plus encore de guide idéologique permettant de casser l'idée selon laquelle la ville est l'habitat exclusif de l'espèce humaine où seule une fraction de la diversité biologique a sa place du fait de son utilité directe à la qualité du cadre de vie. En ce sens, la politique concrète de conservation de la biodiversité sous la forme d'un réseau écologique, malgré ses faiblesses actuelles en milieu urbain, permet de mettre à divers niveaux en lumière l'enjeu de biodiversité et d'impliquer un nombre important de personnes plus déconnectées du monde vivant qui in fine pourra influencer les mentalités dominantes.

Pour conclure, ce travail adopte une vision relativement surplombante sur le réseau écologique urbain lausannois, il pourrait être complété par des recherches plus fines, notamment pour

réellement statuer sur l'aspect fonctionnel de la connectivité des habitats dans l'agglomération lausannoise. En ce sens, il serait pertinent d'effectuer un travail de terrain et se concentrer sur la composition, la distribution et la configuration des parcelles relais afin de rendre compte de leur qualité, voire éventuellement du déplacement d'espèces cibles. Il pourrait également être pertinent de s'intéresser aux acteurs de terrains qui sont directement impliqués dans la mise en œuvre d'espaces pour le réseau écologique afin de compléter ce travail. Enfin et plus généralement, des études sur les facteurs qui facilitent le déploiement de réseaux écologiques en ville seraient profitables pour soutenir l'effort de conservation de la biodiversité.

Références

Ouvrages, chapitres d'ouvrage et articles de revue.

- Aronson, M. F., La Sorte, F. A., Nilon, C. H., Katti, M., Goddard, M. A., Lepczyk, C. A., ... Winter, M. (2014). A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 281(1780), 20133330. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3330>
- Arrif, T., Blanc, N., & Clergeau, P. (2011). Trame verte urbaine, un rapport Nature – Urbain entre géographie et écologie. *Cybergeo : European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.24862>
- Baguette, M., Blanchet, S., Legrand, D., Stevens, V. M., & Turlure, C. (2013). Individual dispersal, landscape connectivity and ecological networks. *Biological Reviews*, 88(2), 310-326. <https://doi.org/10.1111/brv.12000>
- Bennett, A.F. (2003). *Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. Gland : IUCN Publications Services Unit.
- Bergès, L., Roche, P., & Avon, C. (2010). Corridors écologiques et conservation de la biodiversité, intérêts et limites pour la mise en place de la Trame verte et bleue. *Sciences Eaux & Territoires*, 3, 34-39. <https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2010.3.08>
- 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 revue électronique en sciences de l'environnement*, 13(2). <https://doi.org/10.4000/vertigo.14105>
- Berthier, N. (2010). *Les techniques d'enquête en sciences sociales : méthodes et exercices corrigés (4ème édition)*. Paris : Armand Colin.
- Blanc, N., Glatron, S., & Schmitt, G. (2012). Trames vertes urbaines : Recherches en sciences humaines et sociales. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 3(2), 1-6. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.9370>
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293-301. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)

- Caro, T., Eadie, J., & Sih, A. (2005). Use of Substitute Species in Conservation Biology. *Conservation Biology*, 19(6), 1821-1826. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00251.x>
- Clergeau, P., & Blanc, N. (2013). *Trames vertes urbaines. De la recherche scientifique au projet urbain*. Paris : Éditions du Moniteur.
- Crooks, J. A. (2002). Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions : The role of ecosystem engineers. *Oikos*, 97(2), 153-166. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.970201.x>
- Curdy, P. (2009). La gestion des espaces verts dans la ville : Entre densification urbaine et préservation de la (bio)diversité sociale et naturelle. *Les Cahiers du développement urbain durable*, 8, 61-80. Disponible sur : https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB_B4B929DB0C58.P001/REF.pdf (consulté le 12.03.2022)
- Damon, J. (2011). L'urbanisation mondiale en perspective positive. *Études*, 414, 739-749. <https://doi.org/10.3917/etu.4146.0739>
- De Montis, A., Caschili, S., Mulas, M., Modica, G., Ganciu, A., Bardi, A., Ledda, A., Dessena, L., Laudari, L., & Fichera, C. R. (2016). Urban–rural ecological networks for landscape planning. *Land Use Policy*, 50, 312-327. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.10.004>
- Debray, A. (2011). La notion de réseau écologique en France : Construction scientifique, appropriation par les politiques publiques et traduction territoriale. *VertigO- la revue électronique en sciences de l'environnement*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.10687>
- Ernwein, M. (2016). La gestion différenciée des espaces verts : Explorer les paradoxes du vivant en ville. Dans Darrilhaude, F., Gardon, S. & Lensel, B. (dir.), *Le vivant en ville : Nouvelles émergences* (pp. 90-97). Lyon : Métropole de Lyon/Vetagro Sup.
- Fábos, J. G. (2004). Greenway planning in the United States : Its origins and recent case studies. *Landscape and Urban Planning*, 68(2), 321-342. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.07.003>

- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 487-515.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- Fischer, J., & Lindenmayer, D. B. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation : A synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, 16(3), 265-280.
<https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00287.x>
- Goddard, M. A., Dougill, A. J., & Benton, T. G. (2010). Scaling up from gardens : Biodiversity conservation in urban environments. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(2), 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.07.016>
- Grawitz, M., & Leca, J. (1985). *Traité de science politique : Les politiques publiques*. Paris : Presses universitaires de France.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., ... Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2), e1500052. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
- Hamer, A. J., & McDonnell, M. J. (2008). Amphibian ecology and conservation in the urbanising world : A review. *Biological Conservation*, 141(10), 2432-2449.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.020>
- Hanski, I. (1999). Habitat connectivity, habitat continuity, and metapopulations in dynamic landscapes. *Oikos*, 87(2), 209-219. <https://doi.org/10.2307/3546736>
- Ignatieva, M., Stewart, G. H., & Meurk, C. (2011). Planning and design of ecological networks in urban areas. *Landscape and Ecological Engineering*, 7(1), 17-25.
<https://doi.org/10.1007/s11355-010-0143-y>
- Jeltsch, F., Bonte, D., Pe'er, G., Reineking, B., Leimgruber, P., Balkenhol, N., ... Bauer, S. (2013). Integrating movement ecology with biodiversity research—Exploring new avenues to address spatiotemporal biodiversity dynamics. *Movement Ecology*, 1(1), 1-13.
<https://doi.org/10.1186/2051-3933-1-6>
- Kadoya, T. (2009). Assessing functional connectivity using empirical data. *Population Ecology*, 51(1), 5-15. <https://doi.org/10.1007/s10144-008-0120-6>
- Kong, F., Yin, H., Nakagoshi, N., & Zong, Y. (2010). Urban green space network development for biodiversity conservation: Identification based on graph theory and

- gravity modeling. *Landscape and urban planning*, 95(1-2), 16-27.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.11.001>
- Kowarik, I. (2011). Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Environmental Pollution*, 159(8), 1974-1983. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.02.022>
- Landi, P., Minoarivelo, H. O., Brännström, Å., Hui, C., & Dieckmann, U. (2018). Complexity and stability of ecological networks : A review of the theory. *Population Ecology*, 60(4), 319-345. <https://doi.org/10.1007/s10144-018-0628-3>
- LaPoint, S., Balkenhol, N., Hale, J., Sadler, J., & van der Ree, R. (2015). Ecological connectivity research in urban areas. *Functional Ecology*, 29(7), 868-878.
<https://doi.org/10.1111/1365-2435.12489>
- Law, B. S., & Dickman, C. R. (1998). The use of habitat mosaics by terrestrial vertebrate fauna : Implications for conservation and management. *Biodiversity & Conservation*, 7(3), 323-333. <https://doi.org/10.1023/A:1008877611726>
- Lepczyk, C. A., Aronson, M. F. J., Evans, K. L., Goddard, M. A., Lerman, S. B., & MacIvor, J. S. (2017). Biodiversity in the city : fundamental questions for understanding the ecology of urban green spaces for biodiversity conservation. *BioScience*, 67(9), 799-807.
<https://doi.org/10.1093/biosci/bix079>
- McDonald, R. I., Kareiva, P., & Forman, R. T. T. (2008). The implications of current and future urbanization for global protected areas and biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 141(6), 1695-1703. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.025>
- McDonnell, M. J., & Hahs, A. K. (2013). The future of urban biodiversity research : Moving beyond the 'low-hanging fruit'. *Urban Ecosystems*, 16(3), 397-409.
<https://doi.org/10.1007/s11252-013-0315-2>
- McKinney, M. L. (2002). Urbanization, Biodiversity, and Conservation : The impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *BioScience*, 52(10), 883-890. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:UBAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2)
- McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3), 247-260. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>

- Mehdi, L., Weber, C., Di Pietro, F., & Selmi, W. (2012). Évolution de la place du végétal dans la ville, de l'espace vert à la trame verte. *Vertigo : la revue électronique en sciences de l'environnement*, 12(2). <https://doi.org/10.4000/vertigo.12670>
- Michon, G. (2003). Sciences sociales et biodiversité : des problématiques nouvelles pour un contexte nouveau. *Natures Sciences Sociétés*, 11(4), 421-431. <https://doi.org/10.1016/j.natsci.2003.10.018>
- Miller, J. R. (2005). Biodiversity conservation and the extinction of experience. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(8), 430-434. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.013>
- Miller, J. R., & Hobbs, R. J. (2002). Conservation where people live and work. *Conservation Biology*, 16(2), 330-337. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00420.x>
- Nor, A. N. M., Corstanje, R., Harris, J. A., Grafius, D. R., & Siriwardena, G. M. (2017). Ecological connectivity networks in rapidly expanding cities. *Heliyon*, 3(6), e00325. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00325>
- Nyeck, C. (2014). Politique publique. Dans N. Kada (éd.), *Dictionnaire d'administration publique* (pp. 384-385). Fontaine : Presses universitaires de Grenoble.
- Opdam, P., Steingröver, E., & Rooij, S. van. (2006). Ecological networks : A spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 75(3), 322-332. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.015>
- Paillé, P. (2019). Analyse par théorisation ancrée. Dans C. Delory-Momberger (éd.), *Vocabulaire des histoires de vie et de la recherche biographique* (pp. 192-193). Toulouse : Érès.
- Pe'er, G., Henle, K., Dislich, C., & Frank, K. (2011). Breaking functional connectivity into components : A novel approach using an individual-based model, and first outcomes. *Plos One*, 6(8), e22355. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022355>
- Pereira, H. M., Leadley, P. W., Proença, V., Alkemade, R., Scharlemann, J. P. W., Fernandez-Manjarrés, J. F., ... Walpole, M. (2010). Scenarios for global biodiversity in the 21st Century. *Science*, 330(6010), 1496-1501. <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1196624>
- Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Boone, C. G., Groffman, P. M., Irwin, E., ... Warren, P. (2011). Urban ecological systems: Scientific foundations and a decade of

- progress. *Journal of environmental management*, 92(3), 331-362.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.08.022>
- Roy, S. (2009). L'étude de cas. Dans B. Gauthier (dir.), *Recherche sociale : de la problématique à la collecte des données* (pp. 199-226). Le Delta : Presses de l'Université du Québec.
- Saunders, D. A., Hobbs, R. J., & Margules, C. R. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation : A Review. *Conservation Biology*, 5(1), 18-32.
<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1991.tb00384.x>
- Sauvayre, R. (2013). Chapitre 1. La préparation à l'entretien. Dans R. Sauvayre (éd.), *Les méthodes de l'entretien en sciences sociales* (pp. 1-47). Paris : Dunod.
- Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3), 571-573. <https://doi.org/10.2307/3544927>
- Tischendorf, L., & Fahrig, L. (2000). How should we measure landscape connectivity?. *Landscape Ecology*, 15(7), 633-641. <https://doi.org/10.1023/A:1008177324187>
- Toublanc, M., & Bonin, S. (2012). Planifier les trames vertes dans les aires urbaines : Une alliance à trouver entre paysagisme et écologie. *Développement durable et territoires*, 3(2), 1-21. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.9347>
- Van Campenhoudt, L., Marquet, J., & Quivy, R. (2011). *Manuel de recherche en sciences sociales (4ème édition)*. Paris : Dunod.
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., & Melillo, J. M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277(5325), 494-499.
<https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.277.5325.494>
- Wang, S., Wu, M., Hu, M., Fan, C., Wang, T., & Xia, B. (2021). Promoting landscape connectivity of highly urbanized area : An ecological network approach. *Ecological Indicators*, 125, 107487. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107487>
- Wilcove, D. S., McLellan, C. H., & Dobson, A. P. (1986). Habitat fragmentation in the temperate zone. Dans M. E. Soulé (éd.), *Conservation biology* (pp. 237-256). Sunderland : Sinauer associates, inc.
- World Wildlife Fund For Nature (WWF). (2020). *Living Planet Report - 2020: Bending the curve of biodiversity loss*. Gland : Almond, R.E.A., Grooten M. et Petersen, T.

Yu, D., Xun, B., Shi, P., Shao, H., & Liu, Y. (2012). Ecological restoration planning based on connectivity in an urban area. *Ecological Engineering*, 46, 24-33.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.04.033>

Documents institutionnels, administratifs et rapports

Canton de Vaud. (2001). *Révision du plan directeur cantonal - Etude test sur le paysage : quel projet paysager pour l'Ouest lausannois ?*.

Canton de Vaud. (2012). *Réseau écologique – Analyse au niveau cantonal (REC-VD)*.

Conférence des parties à la Convention sur la diversité biologique (CBD) (2019). *Rapport des parties à la Convention sur la diversité biologique sur les travaux de sa quatorzième réunion*. Charm el-Cheikh : Auteur.

Delarze, R. (2014a). *Etude ciblée des composantes biologiques du Réseau Vert de Lausanne et de l'Ouest lausannois. Etape 1 – Diagnostic*.

Delarze, R. (2014b). *Etude ciblée des composantes biologiques du Réseau Vert de Lausanne et de l'Ouest lausannois. Etape 2 – Définition des objectifs*.

Nations Unies. (2002). *Rapport du Sommet mondial pour le développement durable*. New York : Auteur.

Nations Unies. (2007). *Sixième conférence ministérielle « Environment for Europe »*. Belgrade : Auteur.

OFEFP : Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. (2004). *Réseau écologique national REN : Rapport final*. Berne : Auteur

PALM : Bureau du projet d'agglomération Lausanne-Morges. (2007). *Projet d'agglomération Lausanne-Morges (PALM). Pour un développement équilibré à l'horizon 2020*. Renens : Auteur.

SDOL : Bureau du Schéma directeur de l'Ouest lausannois. (2003). *Schéma directeur de l'Ouest lausannois*.

SDOL : Bureau du Schéma directeur de l'Ouest lausannois. (2012). *Ouest lausannois bilan d'activités : Schéma directeur 2012*.

Stratégie et développement de l'Ouest lausannois. (2021). *Plan Directeur intercommunal de l'Ouest lausannois Vision 2040*.

Ville de Lausanne. (2005). *Mise en place d'une politique de développement durable en ville de Lausanne (Agenda 21)*. Lausanne : Auteur.

Ville de Lausanne. (2012). *Rapport-préavis : Intentions municipales en matière de nature en ville*. Lausanne : Auteur.

Ville de Lausanne et Ouest lausannois. (2014). *Réseau vert de Lausanne et de l'Ouest lausannois : Étude ciblée des composantes biologiques, synthèse et fiches de mesures*.

Ville de Lausanne. (2018). *Concept directeur « Nature en ville » de la Commune de Lausanne*. Lausanne : Auteur.

Ville de Lausanne. (2021). *Plan directeur communal*.

Sites internet

Canton de Vaud. (s. d.). Réseau écologique cantonal. *Guichet cartographique cantonal*.

Repéré à <https://www.geo.vd.ch/> (consulté le 23.06.2022).

Groupe de la Banque mondiale. (2020, 14 avril). Développement urbain. *La Banque Mondiale*. Repéré à

<https://www.banquemondiale.org/fr/topic/urbandevelopment/overview#:~:text=Aujourd'hui%2C%2055%20%25%20de,monde%20vivront%20en%20milieu%20urbain>.

(consulté le 12.08.2022).

OFEV : Office fédéral de l'environnement. (2022, 25 juillet). État de la diversité des espèces en Suisse. *Confédération suisse, Office fédéral de l'environnement*. Repéré à

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/info-specialistes/etat-de-la-biodiversite-en-suisse/etat-de-la-diversite-des-especes-en-suisse.html> (consulté le

29.07.2022).

Office fédéral de la topographie swisstopo. (2020). SWISSIMAGE 10 cm. *Confédération suisse, Office fédéral de la topographie swisstopo*. Repéré à

<https://www.swisstopo.admin.ch/fr/geodata/images/ortho/swissimage10.html#download>

(consulté le 12.08.2022).

OFS : Office fédéral de la statistique. (2021). Portraits City Statistics 2020. *Confédération suisse, Office fédéral de la statistique*. Repéré à

<https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/statistique-regions/portraits-regionaux-chiffres-cles/portraits-villes.html> (consulté le 01.07.2022).

PALM : Bureau du projet d'agglomération Lausanne-Morges. (2008, août). Réseau vert : Parcs, nature et paysage. *Projet d'agglomération Lausanne-Morges / Rapport final*.

Repéré à https://lausanne-morges.ch/wp-content/uploads/2019/11/Cartes-stratégiques_PALM-2007.pdf (consulté le 12.03.2022).

Stratégie et développement de l'Ouest lausannois. (2022, février). Contexte et partenaires.

Ouest lausannois. Repéré à <https://ouest-lausannois.ch/contexte-et-partenaires/> (consulté le 19.03.2022).

Ville de Lausanne. (2016). Orthophotos. *Guichet cartographique de la ville de Lausanne*.

Repéré à

https://map.lausanne.ch/?lang=fr&tree_groups=orthophotos_grp%2Cperimetres_grp%2Camenagement_grp%2Cmobilite_grp%2Cbdcad_grp&tree_group_layers_perimetres_grp=perimetres_lim_com_msgroup&tree_group_layers_amenagement_grp=&tree_group_layers_mobilite_grp=&tree_group_layers_bdcad_grp=bdcad_projets_msgroup&baselayer_ref=fonds_geo_osm_bdcad_couleur&baselayer_opacity=0&map_x=2534863&map_y=1157951&map_zoom=1&tree_enable_orthophotos_ortho_lidar_2016=true. (consulté le 12.08.2022).

Ville de Lausanne. (s. d.). Parc du Denantou : le paysager qui s'ouvre au monde. *Ville de*

Lausanne. Repéré à <https://www.lausanne.ch/vie-pratique/nature/parc-promenades/parcs-de-detente/parc-du-denantou.html> (consulté le 12.08.2022).

Annexes

Guide d'entretien N°1

Pascale Aubert, déléguée à la nature à la ville de Lausanne (12.03.2021)

Entretien exploratoire
En quoi consiste votre travail pour la ville de Lausanne ?
Quels sont les principaux objectifs fixés en matière de nature et de conservation de la biodiversité dans la région lausannoise ?
Quels sont les principaux problèmes liés à la conservation de la biodiversité en milieu urbain ?
De quand date l'idée de mettre en place un réseau écologique au sein de l'agglomération lausannoise ?
Quels sont les objectifs du réseau écologique lausannois ? Est-ce que certains sont privilégiés ?
Sur quoi se concentre essentiellement le réseau écologique en termes de structure ? (La protection des espaces verts existants, la création de nouvelles formes spatiales, la restauration et le maintien de la connectivité entre les parcelles d'espaces verts)
Quel type de corridors écologiques privilégiez-vous (continus ou discontinus) ?
Dans l'élaboration du réseau écologique, vous êtes-vous basés sur une espèce précise ?
Vous êtes-vous basés sur le cheminement d'un animal pour concevoir le réseau écologique ?
Quelles sont les espèces favorisées par le réseau écologique ?
Quelles sont les mesures que vous avez prises pour le centre de Lausanne ?
Quelle était la spécificité du projet Divertissimo ?
Avec quels services ou acteurs avez-vous travaillé pour l'élaboration du réseau ?
Qu'est-ce qu'il reste à faire, selon vous, dans la démarche amorcée pour répondre à la conservation de la biodiversité en milieu urbain à Lausanne ?

Guide d'entretien N°2

Pascale Aubert, déléguée à la nature à la ville de Lausanne (25.03.2022)

Conception et mise en œuvre du réseau écologique
Quels sont les acteurs impliqués dans la réalisation du réseau écologique lausannois ? À quel niveau sont-ils impliqués ?
Quelles ont été les étapes jusqu'à aujourd'hui dans le développement de la stratégie de restauration du réseau écologique ? Y a-t-il eu des avancées importantes depuis 2014 et le rapport du bureau Raymond Delarze ?
Comment le travail sur le réseau écologique lausannois du SDOL, du PALM et de la ville de Lausanne est-il relié ?
Quelle méthodologie suit la restauration du réseau écologique ?
Quels sont les outils de planification et de mise en œuvre du réseau écologique ? Sont-ils suffisants ?
Quelles sont les actions concrètes entreprises sur le terrain par le service des parcs et des domaines pour le renforcement du réseau écologique ? Sur quelles zones vous concentrez-vous en particulier ?
De quelle manière les espèces cibles sont-elles prises en compte dans les actions concrètes de renforcement du réseau écologique ?
Objectifs et intérêts du réseau écologique
Quels sont les objectifs de la restauration du réseau écologique ? Sont-ils également sociaux et esthétiques ? Sont-ils compatibles avec la conservation de la biodiversité ?
Limites et obstacles au réseau écologique
À quelles limites et contraintes faites-vous face dans la mise en place du réseau écologique ?
A-t-on évalué l'impact des mesures déjà mises en place ?
La réalisation d'un réseau écologique au sein d'une ville est-elle vraiment une approche pertinente pour la conservation de la biodiversité ?

Guide d'entretien N°3

Yves Bonard, responsable de l'unité "Projets urbains" au service de l'urbanisme de la ville de Lausanne (03.05.2022)

Questions générales
Quelles sont vos tâches au sein de la ville de Lausanne ?
À quel niveau ou à quel point êtes-vous impliqué dans la réalisation du réseau écologique lausannois ?
Qu'est-ce que le réseau écologique lausannois ?
À quel niveau s'implante le réseau écologique ?
Objectifs et mise en œuvre du réseau écologique
Quels sont les outils de planification et de mise en œuvre du réseau écologique ? Sont-ils suffisants ?
Comment le travail sur le réseau écologique lausannois du SDOL, du PALM et de la ville de Lausanne est-il relié ?
Quels sont les objectifs de la restauration du réseau écologique ? Sont-ils également sociaux et esthétiques ? Sont-ils compatibles avec la conservation de la biodiversité ?
Peut-on concilier urbanisation et réseau écologique ?
Limites et obstacles au réseau écologique
À quelles limites et contraintes faites-vous face dans la mise en place du réseau écologique ?
Existe-t-il des conflits d'intérêts entre les différents services de la ville pour la mise en place du réseau écologique ? Comment vous coordonnez-vous ?
Est-ce que la multifonctionnalité des espaces verts est un frein à l'efficacité du réseau écologique ?
La réalisation d'un réseau écologique au sein d'une ville est-elle vraiment une approche pertinente pour la conservation de la biodiversité ?

Guide d'entretien N°4

Benoît Biéler, directeur de la stratégie de développement de l'Ouest lausannois (19.05.2022)

Questions générales
Quelles sont vos tâches au sein du SDOL ?
Quelles sont les tâches du SDOL ?
Qu'est-ce que le réseau écologique lausannois ?
Conception et mise en œuvre du réseau écologique
Quelles ont été les étapes jusqu'à aujourd'hui dans le développement de la stratégie de réalisation du réseau écologique ? Fait-il suite à l'idée des trames paysagères de l'Ouest lausannois ? Y a-t-il eu des avancées importantes depuis 2014 et le rapport du bureau Raymond Delarze ?
Quels sont les acteurs de la mise en place du réseau écologique ? Sont-ils suffisants ?
Comment le travail sur le réseau écologique lausannois du SDOL, du PALM et de la ville de Lausanne est-il relié ?
Quels sont les outils de planification et de mise en œuvre du réseau écologique ? Sont-ils suffisants ?
Est-ce que les bases légales sont suffisantes pour la restauration du réseau écologique ?
Quelles sont les actions concrètes entreprises sur le terrain pour renforcer le réseau écologique ? Sur quelles zones vous concentrez-vous en particulier ?
Objectifs et intérêts du réseau écologique
Quels sont les fonctions et les objectifs du réseau écologique ? Sont-ils compatibles avec la conservation de la biodiversité ?
La réalisation du réseau écologique a-t-elle aussi un but esthétique et social ?
Limites et obstacles au réseau écologique
À quelles limites et contraintes faites-vous face dans la mise en place du réseau écologique ?
Est-ce que les différentes planifications de réseaux écologiques aux différentes échelles du territoire sont un frein ?
La réalisation d'un réseau écologique au sein d'une ville est-elle vraiment une approche pertinente pour la conservation de la biodiversité ?

Guide d'entretien N°5

Eric Morard, biologiste et directeur du bureau d'étude biologique BEB SA (20.05.2022)

Questions générales
Quelles sont vos tâches au sein du bureau BEB ?
Quelles sont les activités de votre bureau ? Pour quelle restauration de réseaux écologiques avez-vous travaillé ?
Quelle définition donnez-vous à un réseau écologique urbain ?
Conception et mise en œuvre du réseau écologique
Quelle méthodologie suit la restauration du réseau écologique ?
Quels sont les espaces en ville qui servent au réseau écologique ? Quelles sont leurs fonctions ?
Comment jugez-vous qu'un espace constitue davantage un réservoir qu'une zone relais ?
De quelle manière définissez-vous les tracés des liaisons biologiques ? Comment concrètement se matérialisent-elles sur le terrain ? De quoi sont-elles constituées ?
Pourquoi construire un réseau écologique par des sous-réseaux écologiques ?
Quel type d'espèces prenez-vous en considération dans la réalisation d'un réseau écologique ?
Est-ce que vous effectuez un suivi des espèces pour assurer la viabilité d'un réseau ?
Comment évaluez-vous la compensation de la perte d'un espace relais à la suite de l'implantation d'un nouveau projet urbain ?
Objectifs du réseau écologique
Est-ce que les réseaux écologiques peuvent être multifonctionnels ?
Un réseau écologique dans les villes est-il davantage une approche paysagère de l'organisation des espaces verts ?
Limites et obstacles au réseau écologique
Quelles sont les contraintes à la réalisation d'un réseau écologique en ville ? Est-ce que vous remarquez des différences entre les villes ?
Les connaissances scientifiques pour mettre en œuvre des réseaux écologiques urbains sont-elles suffisantes ? Sont-ils des infrastructures trop complexes ?
Un réseau écologique peut-il être fonctionnel dans une ville ? Est-ce une approche pertinente pour la conservation de la biodiversité ?