



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

INSTITUT DES SCIENCES
DE L'ENVIRONNEMENT

MAITRISE UNIVERSITAIRE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Plateforme communale d'information sur l'environnement :
Zoom sur la biodiversité de Lancy

Mémoire présenté par

Sophie Compagnon

Bachelière universitaire en Géographie et Environnement

Sous la direction du Professeur Anthony Lehmann

Affiliation : Biodiversité, Écosystèmes et Société

Mémoire No 307

2018

Droits d’auteur

Les citations tirées du présent mémoire ne sont permises que dans la mesure où elles servent de commentaire, référence ou démonstration à son utilisateur. La citation doit impérativement indiquer la source et le nom de l’auteur. La loi fédérale sur le droit d’auteur est applicable.

Table des matières

Résumé	4
Remerciements	5
Listes des figures	6
Listes des tables	6
1 Introduction	7
1.1 Contexte	7
1.2 Problématique	8
1.3 Évolution du travail	8
1.4 Cadre théorique	10
1.4.1 Biodiversité	10
1.4.1.1 Définition	10
1.4.1.2 Les indicateurs : méthode d'évaluation de la biodiversité	11
1.4.1.3 Situation mondiale et Convention sur la Diversité Biologique	13
1.4.1.4 Situation en Suisse	14
1.4.1.5 Situation dans le canton de Genève	15
1.4.2 Partage des données	17
1.4.2.1 Utilité et utilisation	17
1.4.2.2 Les données en Suisse et dans le Monde, à travers quels outils ?	19
1.4.3 Tableau de bord : l'importance de la visualisation des données	21
1.4.3.1 Pourquoi visualiser les données ?	21
1.4.3.2 Comment visualiser les données ?	22
1.4.3.3 Exemples d'outils	24
1.5 Objet d'étude	27
1.6 Questions de recherches	29
1.6.1 Hypothèses	29
2 Méthodologie	29
2.1 Récupération des données	31
2.2 Construction des indicateurs	31
2.2.1 Les indicateurs et le modèle DPSIR	31
2.2.2 Choix théorique des indicateurs	33
2.2.2.1 Qualité de la biodiversité	33
2.2.2.2 Pressions pesant sur la biodiversité	36
2.2.2.3 Bénéfices retirés de la biodiversité	40
2.2.2.4 Mesures prises en faveur de la biodiversité	42
2.3 Rencontre avec les autorités : méthode itérative	46
2.4 Outils utilisés	46
2.4.1 ArcGIS : Préparation des données spatiales	46
2.4.2 R : Analyse des données statistiques et projection des données spatiales	48
2.4.3 Construction de l'outil Dashboard	49
2.4.3.1 Shiny et Shiny Dashboard	49
2.4.3.2 Explication des éléments principaux du script Shiny Dashboard	51
3 Résultats	53

3.1	Résumé des principaux résultats des indicateurs pour la commune de Lancy	53
3.1.1	Qualité de la biodiversité.....	53
3.1.2	Pressions sur la biodiversité	54
3.1.3	Bénéfices retirés de la biodiversité.....	56
3.1.4	Mesures prises en faveur de la biodiversité.....	58
3.1.5	Éléments généraux	59
3.2	Présentation du <i>Dashboard</i>	60
3.2.1	Échelles	64
3.2.2	Graphiques.....	64
3.2.3	Cartographie	68
3.2.4	Problèmes rencontrés	69
4	Discussion	70
4.1	Réponses à la question 1 :	70
4.1.1	Problèmes rencontrés	70
4.1.2	Solutions proposées.....	71
4.2	Réponses à la question 2 :	73
4.2.1	Modèle DPSIR et problèmes rencontrés	73
4.2.2	Critique du modèle dans la littérature	75
4.3	Réponses à la question 3 :	77
4.3.1	Création de l'outil Dashboard : avantages et limites.....	77
4.3.2	Autres outils existants	79
5	Conclusion.....	81
5.1	Messages clés	81
5.2	Perspectives	82
6	Bibliographie	83
7	Annexes	103
7.1	Construction des indicateurs	103
7.2	Scripts R	111
7.3	Résultats par indicateur	154

Résumé

L'appauvrissement de la biodiversité représente aujourd'hui un sujet de plus en plus alarmant. En effet, tant au niveau national que global, gouvernements et scientifiques ont réalisé, depuis la fin du 20^e siècle, la nécessité d'élaborer des stratégies destinées à atténuer la perte de la biodiversité. Pour atteindre cet objectif, différentes mesures ont été entreprises à l'échelle mondiale, mais aussi à une échelle plus locale. Par ailleurs, un nombre croissant de données digitalisées est disponible dans le but de rendre l'information sur cette thématique accessible à tous. Cependant, des barrières à l'interopérabilité de ces données entravent encore le partage et la diffusion de cette information. En outre, la visualisation des données est indispensable pour que le plus grand nombre puisse être sensibilisé à l'appauvrissement de la biodiversité et que des mesures soient prises pour répondre à ce problème.

C'est pourquoi le développement d'une plateforme web a semblé pertinent, afin de créer un outil qui permette de rassembler un grand nombre de données, de les rendre visibles au plus grand nombre et d'en encourager le partage. De ce fait, au vu du nombre important de données existantes sur le territoire suisse – à l'échelle nationale, cantonale, communale et privée – et dans le but de développer un outil qui vise au mieux une population restreinte, le choix s'est porté sur la production d'un instrument propre à une commune, à savoir la commune de Lancy. En outre, la plateforme a été produite sous forme de *Dashboard* (ou tableau de bord en français), où l'information est synthétisée et possède un visuel attractif. Dans cette optique, différents outils de géomatique ont été utilisés pour préparer et réaliser l'analyse des données. Par ailleurs, c'est l'utilisation du logiciel R Studio, et des extensions *Shiny* et *Shiny Dashboard*, qui ont facilité le développement web de cette plateforme. De plus, la structure du *Dashboard* s'est inspirée du modèle théorique DPSIR et des indicateurs ont été développés en fonction de ces catégories, permettant ainsi de synthétiser un grand nombre d'informations et de les rendre compréhensibles pour tous.

Au terme de ce travail, des limites ont été observées, lesquelles pouvaient entraver l'utilisation de l'outil. Tout d'abord, une lacune au niveau de l'interopérabilité a été décelée dans le partage des données au niveau suisse. De plus, le modèle DPSIR, utilisé pour catégoriser les indicateurs, a suscité une remise en question en fonction de nos résultats et d'éléments littéraires. Enfin, l'extension *Shiny* a révélé certains problèmes de rapidité. C'est pourquoi il a semblé judicieux d'énoncer d'autres perspectives, pour faire évoluer le *Dashboard* produit dans ce travail et de le rendre utilisable pour le plus grand nombre.

Remerciements

Je souhaite tout d'abord remercier très sincèrement mon superviseur et directeur de mémoire, le Prof. Anthony Lehmann, pour le suivi de ce travail, mais également pour ses conseils avisés lors de toutes les étapes du présent travail. De plus, il m'a permis de bénéficier de contacts facilités pour les rencontres avec les autorités cantonales ainsi que pour la récolte de certaines sources de données, ce qui a été d'une aide précieuse.

Mes remerciements s'adressent aussi à Messieurs Hy Dao et Nicolas Wyler, jurés de ce travail, qui ont participé à sa correction et à son évaluation. Leur conseils et remarques ont permis de l'enrichir et de fournir de nouveaux éléments.

Je tiens également à remercier, les représentants de la DGAN, à savoir M. Bertrand Von Arx, Mme Joëlle Massy, que j'ai pu rencontrer durant mon travail et qui m'ont apporté conseils et expertises, afin d'avancer au mieux. De plus, je souhaite particulièrement remercier les représentants du Service de l'Environnement de la commune de Lancy, M. Nicolas Hasler, Mme Emily Tombet et Mme Sandrine Michailat, pour leur disponibilité et leur entrain dans ce projet.

Par ailleurs, j'aimerais également saluer les personnes suivantes, Mme Erica Honeck, M. Benjamin Guinaudeau, M. Frédéric Moser, M. Guillaume Saborit et Mme Charlotte Poussin, pour le temps qu'ils m'ont accordé pour avancer dans le développement de mon travail, lors de problèmes et d'obstacles rencontrés, et lors de la correction de celui-ci. Ils m'ont apporté leur expertise, leur savoir et leur appui afin de mener à bien ce travail.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, au déroulement de ce projet, ainsi que mes proches qui ont su me soutenir tout au long de ce périple.

Listes des figures

Figure n°1 : Carte des milieux de la commune de Lancy – réalisation personnelle	28
Figure n°2 : Représentation graphique de la méthodologie	30
Figure n°3 : Catégorie des listes rouges selon l’UICN	34
Figure n°4 : Largeur des mailles sur le territoire suisse	39
Figure n°5 : Modelbuilder pour les données intersectées avec les communes de Genève	47
Figure n°6 : Présentation d’un script de base dans Shiny	50
Figure n°7 : Présentation d’un script de base dans Shiny Dashboard	51
Figure n°8 : Interface de base de Shiny Dashboard	51
Figure n°9 : Page d’accueil du Dashboard	61
Figure n°10 : Exemples de boutons pour naviguer sur le Dashboard	61
Figure n°11 : Exemple d’une page web du Dashboard – Indicateur Pollinisation.....	63
Figure n°12 : Exemple d’un graphique en barres pour des surfaces – Indicateur d’imperméabilisation des sols	65
Figure n°13 : Exemple d’un graphique dénombrant des espèces – Indicateur d’espèces sur listes rouges	65
Figure n°14 : Exemple d’un boxplot – Indicateur de diversité des milieux.....	65
Figure n°15 : Exemple d’un graphique en secteurs – Indicateur des espaces protégés	67
Figure n°16 : Exemple d’un graphique en ligne – Indicateur investissements pour la biodiversité	67
Figure n°17 : Exemple d’une boîte de valeurs – Indicateur des surfaces pour la promotion de la biodiversité	67
Figure n°18 : Exemple d’un graphique en toile d’araignée	67
Figure n°19 : Exemple de représentation cartographique – Indicateur corridors de passage à faune	68

Listes des tables

Table n°1 : Catégories choisies en fonction du modèle DPSIR	32
Table n°2 : Tableau récapitulatif des différents milieux protégés présents à Genève	43
Table n°3 : Catégorisation des indicateurs et sources de données	45
Table n°4 : Tableau répertoriant les principaux outils utilisés dans ArcGIS	47

1 Introduction

1.1 Contexte

Il y a tout juste une année, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) sortait un rapport sur l'état de la biodiversité en 2016. Ce dernier est alarmant et mentionne un manque de mesures réellement efficaces (OFEV, 2017a). En effet, tant à un niveau national que global, les gouvernements ont réalisé depuis la fin du 20^e siècle la nécessité d'élaborer des stratégies afin d'atténuer la perte de la biodiversité. L'élaboration de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) incarne l'un des résultats de cette prise de conscience collective. Mais malgré ces efforts, l'appauvrissement de la biodiversité reste préoccupant. De plus en plus, le monde scientifique évoque l'urgence d'agir face à une « 6^e extinction » des espèces, qui pourrait avoir des conséquences graves tant pour la biodiversité que pour l'homme (Garrie, 2012).

Sur le plan technique, de plus en plus de données sont digitalisées dans divers domaines, parmi lesquels la biodiversité fait partie. Ces données offrent ainsi accès à une quantité d'informations non disponibles auparavant. Elles sont essentielles à l'évaluation de l'état de la biodiversité et permettent de communiquer les résultats liés aux différents facteurs d'appauvrissement de la biodiversité (Auer et al., 2010 ; Jetz et al., 2012). L'existence de ces bases de données est la première étape dans la mise à disposition d'une information permettant aux décideurs d'agir de façon efficiente face aux questions de perte de la biodiversité. Elles facilitent également l'accès à ces données au grand public, ceci dans le but qu'il soit sensibilisé et puisse prendre conscience de la nécessité d'agir. En effet, un problème est que cette information n'est pas toujours disponible et souvent incomplète. De même, elle semble souvent confinée aux experts, en raison de sa difficulté d'accès, et sa complexité rend la lecture compliquée, voire impossible, pour des non-initiés. Tout cela crée des barrières à l'évaluation de la biodiversité et entrave dès lors une gestion et une communication efficiente de celle-ci.

A Genève, les mêmes constats ont été établis et une Stratégie Biodiversité 2030 vient d'être adoptée afin de gérer au mieux la biodiversité. En effet, en raison de la perte de la biodiversité, les autorités ont souligné l'importance de celle-ci pour notre survie, comme l'indique le titre de cette stratégie : « elle est la base de notre vie sur Terre » (DGAN, 2018, p.1). Sans elle, nous ne pourrions vivre de la même manière que nous le faisons actuellement, au vu de tous les bénéfices qu'elle nous prodigue. Genève est d'ailleurs précurseur dans les sciences naturelles et a été l'un des premiers cantons à avoir mis en place des parcs naturels, démontrant ainsi l'« engagement précoce en faveur de notre patrimoine naturel et paysager » (DGAN, 2018, p.10), d'où l'importance de le préserver et ce, même sur un espace réduit comme celui du canton de Genève (DGAN, 2018).

La Stratégie Biodiversité 2030 met également l'accent sur le fait qu'il existe un réel besoin de connaissance dans le domaine de la biodiversité, afin d'agir de la manière la plus efficiente possible (DGAN, 2018). De ce fait, des données de qualité et actualisées sont nécessaires, ceci dans l'optique d'évaluer les acquis et ce qui doit encore être amélioré. De plus, les autorités genevoises attirent l'attention sur le besoin de mettre en place un programme de

suivi qui permette l'évaluation de la biodiversité en développant des indicateurs utiles à tous : « afin de suivre les situations et notamment de contrôler l'efficacité des actions en faveur de la biodiversité, des indicateurs de résultats sont nécessaires » (DGAN, 2018, p.86). Il résulte de ceci un réel besoin de posséder une information complète et de qualité sur la biodiversité, afin de l'« enrichir, la connaître mieux et la valoriser » (DGAN, 2018, p.6). Enfin, la Stratégie souligne l'importance de rendre toutes les données disponibles plus visibles, de les partager et d'encourager la participation du public (DGAN, 2018).

1.2 Problématique

Comme évoqué précédemment, le besoin de partage de données digitalisées est nécessaire pour pouvoir évaluer l'état de la biodiversité et développer des mesures aptes à remédier à son appauvrissement. Cependant, ce partage n'est pas toujours assuré. En outre, il apparaît que ces données restent souvent confinées aux experts et ne sont ainsi pas visibles pour les non-initiés. Dans le contexte suisse, et en particulier dans le canton de Genève, de plus en plus d'efforts de partage de données et de cartographie de celles-ci sont réalisés. Toutefois, il semble encore manquer d'outils permettant de résumer et de visualiser le grand nombre de données existantes, ceci dans le but de communiquer et sensibiliser de manière efficiente tant les scientifiques que le grand public sur l'état de la biodiversité, lequel ne cesse de s'appauvrir.

Ainsi, la création d'outils informatiques destinés à résumer des informations ayant trait à la biodiversité et rendant possible leur visualisation est primordiale. Cela permettrait d'abattre les barrières qui empêchent une communication et une gestion efficace de la biodiversité. C'est pourquoi ce travail a pour objectif d'élaborer une plateforme informatique offrant le rassemblement de l'information sur la biodiversité, son évaluation et la possibilité d'avertir à la fois les professionnels, mais aussi le grand public, sur les tendances et les résultats. Par ailleurs, vu que le but est de suivre l'évolution de la biodiversité, l'outil a été pensé sous forme de tableau de bord ou *Dashboard*¹ en anglais, ce qui permet un suivi simple, où l'information synthétisée est accessible à tous.

1.3 Évolution du travail

Le déroulement de cette contribution va se présenter comme suit : tout d'abord, un tour d'horizon du cadre théorique autour de la biodiversité sera fait, ceci afin d'affiner le contexte bibliographique. En effet, il semble pertinent de définir au préalable la thématique abordée, avant de se plonger dans son étude.

La question du partage de données dans la littérature scientifique sera évoquée, pour ensuite montrer l'importance du visuel dans la transformation et la communication des données. Par ailleurs, ces deux sous-chapitres seront alimentés d'exemples destinés à se forger une idée de ce qui se fait à divers échelles.

¹ Ce type d'outil permet de donner de l'information résumée au sujet d'une thématique/d'un domaine. L'exemple le plus simple pour se représenter un *Dashboard* est celui du tableau de bord d'une voiture, qui permet de donner les informations principales sur son état et ses capacités (vitesse, essence, etc.).

Après cette brève revue de la littérature, et compte tenu des éléments théoriques relevés, l'objet d'étude de ce travail sera exposé, ainsi que les questions de recherche, lesquelles tenteront d'être résolues.

Ensuite, les grandes étapes méthodologiques entreprises pour réaliser ce *Dashboard* seront passées en revue, ainsi que les principaux résultats obtenus. Ultérieurement, des discussions seront amenées en fonction de tous les résultats et éléments qui auront été vus auparavant. En outre, des liens avec les éléments théoriques seront établis, en particulier avec les exemples d'outils informatiques repris de la littérature, dans le but de les comparer avec la plateforme développée dans ce travail. Enfin, une conclusion ainsi qu'une ouverture sur différentes perspectives cloront la présente contribution.

1.4 Cadre théorique

1.4.1 Biodiversité

1.4.1.1 Définition

Selon le Forum Biodiversité Suisse, la biodiversité peut se présenter comme la « diversité biologique » ou la « diversité du vivant » (Baur et Académie suisse des sciences naturelles, 2004). Elle peut être définie comme « la base de la vie sur terre [...] Elle comprend la diversité de la vie au niveau des écosystèmes, des espèces et des gènes ainsi que les interactions qui se déroulent entre ces différents niveaux. » (OFEV, 2017a, p.9). De plus, cette définition s'inspire de celle de la CDB, pour qui la diversité biologique signifie « la variabilité des organismes vivants de toute origine [...] cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes » (Organisation des Nations Unies, 1992, p.3). D'autre part, la biodiversité fournit des « services écosystémiques » qui sont essentiels pour les sociétés actuelles. L'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (EM ou MEA en anglais) les définit comme les « avantages que les gens tirent des écosystèmes [...] incluent des services d'approvisionnement tels que la nourriture, l'eau, le bois et la fibre; des services de régulation qui affectent le climat, les inondations, les maladies, les déchets et la qualité de l'eau; des services culturels offrant des avantages récréatifs, esthétiques et spirituels; et des services de soutien tels que la formation du sol, la photosynthèse et le cycle des éléments nutritifs. [...] L'espèce humaine, bien qu'elle soit protégée contre les changements environnementaux par la culture et la technologie, est fondamentalement dépendante du flux des services écosystémiques. » (MEA, 2005, p. Synthesis V, *traduction personnelle*). L'OFEV rejoint cette idée en définissant les services écosystémiques comme les « fonctions des écosystèmes qui sont utiles à l'être humain » (OFEV, 2017a, p.14).

La biodiversité est donc primordiale pour la vie et la survie de tout être sur terre. Pourtant, nos sociétés passées et actuelles ne cessent de la détériorer et de l'appauvrir (Garrić, 2012), impactant négativement les écosystèmes, mais également les hommes et leurs sociétés. Comme le montre Steffen et al. (2015) avec leur concept de « limites planétaires », les sociétés ont dégradé leur environnement avec des conséquences graves pour l'environnement mais aussi pour la santé humaine, ce qui a mené de passer de l'Holocène – époque stable pour les sociétés humaines et le système terrestre – à l'Anthropocène, époque où les hommes conduisent le système terrestre, qui devient de moins en moins favorable à la stabilité des sociétés humaines. La théorie des limites planétaires tente donc de répondre à cette problématique en montrant les limites à ne pas dépasser afin d'avoir des sociétés qui continuent de croître et ce de façon prospère et durable. Les auteurs de cette théorie ont délimité neuf limites fondamentales, dont l'une d'elles concerne la biodiversité : il s'agit de « l'intégrité de la biosphère » (Steffen et al., 2015, p.3, *traduction personnelle*). Les résultats de 2015 de cette limite sont alarmants : tout d'abord les auteurs évoquent une érosion de la diversité des espèces, qui est « 10 à 100 fois supérieur[e] » (Foucart, 2015) à un taux qui garantirait un système stable. De plus, la biodiversité est considérée comme l'une des deux limites fondamentales, qui, si elle est dépassée, aura un impact sur le système terrestre dans son ensemble. Enfin, il faut prendre en considération que les neuf limites développées dans

cette théorie sont reliées entre elles : les effets de dépassement d'une limite pourront produire des effets sur les autres (Steffen et al., 2015).

Une étude de Dao et al. (2018), récemment sortie, tente de lier ce concept de limites planétaires et les activités humaines (socio-économiques), avec comme objet d'étude la Suisse. Dans cette optique, des indicateurs ont été développés pour calculer la consommation nationale et permettre d'identifier le dépassement ou non de chaque limite. Cette étude est importante, car elle permet de comparer l'échelle nationale (ici la Suisse) et internationale. Au vu du poids de chaque pays dans ses décisions politiques, cette méthode offre un outil pour une prise de conscience politique et le besoin de mesures en accord avec ces résultats. Pour la biodiversité, l'indicateur choisi est les « dommages potentiels pour la biodiversité par type de couverture terrestre, compte tenu du niveau de biodiversité par biome » (Dao et al., 2018, p.53, *traduction personnelle*). Ses résultats indiquent une situation mauvaise à la fois au niveau global et national. La limite est clairement dépassée, avec une détérioration de la situation. Les auteurs concluent que dans le cas de la biodiversité, la situation relative « au niveau des pratiques socio-économiques actuelles » (Dao et al., 2018, p.54, *traduction personnelle*) concorde avec les résultats de Steffen et al. (2015).

Ainsi, il apparaît urgent d'agir rapidement, autant au niveau suisse, qu'à l'échelle globale, avant que le système n'atteigne un point de non-retour qui pourrait avoir des conséquences beaucoup plus graves pour l'environnement, mais aussi pour l'homme (Dao et al., 2018 ; OFEV, 2017a). Encore faut-il disposer d'information pour communiquer les faits et pouvoir sensibiliser (Baur et al., 2004) ; c'est ce que nous allons étudier par la suite.

1.4.1.2 Les indicateurs : méthode d'évaluation de la biodiversité

La biodiversité est un concept complexe, évoquant de multiples éléments, non-mesurables pour la décrire (Collen et al., 2008 ; Gregory et al. 2005). Afin de pouvoir synthétiser toute l'information à disposition et obtenir de manière simple et compréhensible des tendances en matière de biodiversité, on recourt généralement à la méthode par création d'indicateurs² dans ce domaine. En effet, les indicateurs sont un moyen de résumer de l'information complexe et disparate, et de visualiser des tendances actuelles, passées et futures. Ils permettent d'obtenir un résultat final (une valeur finale) agrégeant un grand nombre de données (Sardain et al., 2016).

Le choix des indicateurs dépend de l'objectif poursuivi. Deux modèles conceptuels reviennent souvent dans la littérature il s'agit du modèle « force-état-pression-impact-réponse » (DPSIR en anglais) développé par la Commission européenne et du modèle « pression-état-réponse » (PSR en anglais) élaboré par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (Gassiat et Zahm, 2010 ; Gregory et al., 2005). Le but de ces modèles est de montrer que les activités humaines et la biodiversité sont en interaction et en co-évolution. On ne

² Les indicateurs en biodiversité sont des « aspects représentatifs » (OFEV, 2017, p.16) de celle-ci, qui sont mesurés statistiquement afin d'avoir une vision de la biodiversité ou tout du moins d'une partie de celle-ci.

retrouve pas toujours ces modèles avec les mêmes catégories : celles-ci peuvent être modifiées en fonction des besoins, mais l'idée derrière ces schémas est que les indicateurs font partie d'une « chaîne causale » qui permet une compréhension de la situation/du problème (Gassiat et Zahm, 2010). Ces méthodes ont toutefois été critiquées dans la littérature, car vues comme simplificatrices et pas nécessairement en accord avec la réalité du monde, car les indicateurs ne sont pas toujours liés par de vrais liens de cause à effet (Bär et al., 2014 ; Niemeijer et de Groot, 2008). Cependant, elles permettent tout de même de rendre les indicateurs plus compréhensibles entre eux et enfin de communiquer facilement – en diminuant le nombre d'indicateurs, afin de garder les plus représentatifs (Butchart et al., 2010 ; Kubacka et al., 2016 ; Sardain et al., 2016 ; Walpole, 2009).

La méthode DPSIR a aussi été adaptée à d'autres domaines, en l'utilisant sur des concepts comme par exemple la vulnérabilité. Elle a permis de rendre plus compréhensible l'évaluation de la vulnérabilité pour « un large éventail de scientifiques et de décideurs » (Bär et al., 2014, p. 5, *traduction personnelle*). En effet, dans la littérature, plusieurs auteurs ont tenté de coupler les deux méthodes : un des procédés a été de chercher des synonymes pour chacune des catégories du DPSIR en fonction du modèle de vulnérabilité. Par ailleurs, le couplage avec un modèle, par exemple hydrologique, a permis de décrire les interrelations des différents éléments de la vulnérabilité et de comprendre la « chaîne causale » sous-jacente à ce système (Bär, 2014 ; Maxim et Spangenberg, 2006).

Enfin, la méthode « bottom-up » lors du choix d'indicateurs est une méthode de plus en plus utilisée. Elle a pour objectif de faire participer les acteurs qui auront besoin de ces indicateurs par la suite (Sardain et al., 2016). Les indicateurs sont ainsi « des ponts entre la science et [les décideurs] politiques » (Gregory et al, 2005, p.272).

Le choix de l'indicateur dépend entièrement de la méthode sélectionnée mais également de la construction de celui-ci : il y a une part de subjectivité en fonction de ce que l'on prend ou non dans la construction de l'indicateur, mais également dans le poids que l'on donne à chaque indicateur. L'indicateur final dépendra des sélections que l'on aura faites lors de sa création (Sardain et al., 2016).

En théorie, un indicateur se doit d'être simple, « clair... scientifiquement rigoureux...le plus possible objectif...pertinent et fiable...basé sur de l'information précise et accessible » (Sardain et al., 2016, p.547). Mais il doit aussi être facile à mettre à jour, répliquable, facilement compréhensible et transmissible à tous (Collen et al., 2008 ; Gregory et al., 2005 ; Walpole et al., 2009). Une méthode a émergé à la fin du 20^e siècle, il s'agit des critères SMART de sélection des indicateurs qui soient « considéré[s] comme approprié[s] » (White et Sabarwal, 2014, p. 2) au but recherché. Chaque indicateur devrait présenter les caractéristiques suivantes : être spécifique, mesurable, atteignable (c'est-à-dire adapté en fonction du but à atteindre), réaliste et défini dans le temps (c'est-à-dire que l'on peut déterminer dans combien de temps on aura à disposition les données nécessaires à l'élaboration de cet indicateur) (Doran, 1981 ; White et Sabarwal, 2014). Même s'il n'est pas toujours nécessaire que chaque indicateur remplisse ces cinq critères, cette méthode permet de créer des indicateurs les plus judicieux possibles (Doran, 1981).

Pour que tout cela soit réalisable, il est nécessaire que les données soient accessibles, pour en tirer les informations nécessaires à la réalisation de nos indicateurs. Sans l'accès aux données, les tendances de l'état de la biodiversité et des effets des mesures prises ne pourront pas être calculées et communiquées, et les actions nécessaires et les recommandations auprès des décideurs et du grand public ne pourront se faire de manière efficiente (Kubacka et al., 2016 ; Sardain et al., 2016 ; Walpole et al., 2009).

1.4.1.3 Situation mondiale et Convention sur la Diversité Biologique

En 1992, lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, est élaborée la CDB. Pour la première fois, les questions et enjeux de la biodiversité sont abordés au niveau global. Les trois objectifs centraux de celle-ci sont « la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques » (Organisation des Nations Unies, 1992, p.3). Depuis, plusieurs protocoles, plans et objectifs ont été élaborés visant à réduire les pertes de la biodiversité.

En 2002, les Parties³ de la CDB ont développé « l'objectif biodiversité 2010 », grâce auquel elles s'accordaient à réduire la perte de la biodiversité d'ici à 2010. Elles ont ainsi développé des indicateurs pour évaluer l'évolution de la biodiversité et les mesures prises durant cette période. Ces indicateurs ont été étudiés en détails par Butchart et al. (2010). Les résultats ont montré que la plupart de ces indicateurs présentaient des tendances négatives (donc un appauvrissement continu) et que seulement deux d'entre eux révélaient une stabilisation de la situation. De manière générale, les auteurs relèvent que les pressions sur la biodiversité ont augmenté, malgré des actions politiques et des mesures de plus en plus importantes en matière de protection de la biodiversité. Avec l'appauvrissement de la biodiversité, c'est toute une part des services écosystémiques qui disparaissent à leur tour, avec des effets sur la société dans son ensemble (Secrétariat de la CDB, 2014). On ne peut donc que s'interroger sur l'efficacité des décisions et des mesures prises (Butchart et al., 2010). Cependant, un rapport de la CDB de 2010 a montré que cette dégradation pouvait être ralentie « à long terme et même enrayé[e] si les gouvernements et la société prenaient des mesures concertées à certains niveaux. » (Secrétariat de la CDB, 2014, p.24).

Ces éléments conclusifs ont permis de créer une base pour la création du Plan stratégique 2011-2020. Ce nouveau plan vise à mettre en place des mesures à plusieurs niveaux et dans plusieurs domaines pour « avoir un impact durable et maintenir les sociétés humaines dans les limites des ressources biologiques de la planète » et de viser « à réaliser finalement une vision à l'horizon 2020 d'un monde où la diversité biologique est valorisée, conservée, restaurée et utilisée avec sagesse, en assurant la préservation des services fournis par les écosystèmes, en maintenant la planète en bonne santé et en procurant des avantages essentiels à tous les peuples » (Secrétariat de la CDB, 2014, p.25). Il contient cinq buts stratégiques⁴ et vingt

³ Les Parties ou états membres à la CDB sont les pays ayant signé et ratifié cette convention.

⁴ Ces 5 buts sont les suivants : « gérer les cause sous-jacentes de le perte de diversité biologique en intégrant la diversité biologique dans l'ensemble du gouvernement et de la société », « réduire les pressions directes exercées

objectifs – nommés objectifs d’Aichi – à réaliser d’ici 2020 (OFEV, 2017a). De plus, en raison de l’importance de la biodiversité pour la société et des problèmes qu’elle soulève, l’Assemblée générale des Nations Unies a défini la décennie 2011-2020 comme la décennie pour la biodiversité (SIB, 2015a).

Cependant, le dernier rapport de la CDB (2014) évaluant l’état de l’avancement des objectifs pour la décennie 2011-2020 montre que beaucoup de ceux-ci ne sont pas atteints et ne le seront pas d’ici la fin de la décennie. L’objectif concernant les surfaces protégées à un niveau de 17% semble être en bonne voie, mais ce n’est pas le cas pour le reste des éléments. Malgré toutes les mesures prises, et ce de façon croissante, « ces progrès ne suffiront pas pour réaliser les objectifs établis pour 2020, et des mesures additionnelles sont nécessaires pour maintenir le Plan stratégique 2011–2020 pour la diversité biologique sur la bonne voie. » (Secrétariat CDB, 2014, p.10). D’ici 2020, la perte de la biodiversité ne va pas s’arrêter, considérant les contraintes toujours plus fortes qui causent sa disparition (Butchart et al., 2010 ; Secrétariat de la CDB, 2014). Il faudrait des dispositions plus efficaces, ce qui nécessiterait « une action audacieuse et novatrice dans de nombreux domaines » (Secrétariat de la CDB, 2014, p.17). Sans oublier que les résultats prennent du temps pour être effectifs et qu’il faut plusieurs mesures pour atteindre un objectif, car la biodiversité est un système complexe dans lequel les éléments sont reliés et indissociables. Il faudrait des changements majeurs de toute la société (changement dans l’utilisation des matières premières, dans la consommation, etc.) : « la plupart des objectifs sont encore réalisables, bien que difficilement » (Secrétariat de la CDB, 2014, p.17).

1.4.1.4 Situation en Suisse

Au niveau suisse, le dernier rapport de l’OFEV (2017a) examinant l’état de la biodiversité nationale en 2016 évoque les différents défis auxquels est soumise la biodiversité suisse. L’OFEV montre que 50% des milieux naturels suisses sont en danger et ce à cause de pressions d’origines anthropiques (exploitation intensive, pollution des eaux et des sols, pesticides, etc.). La dégradation des milieux diffère sensiblement d’une région à l’autre. Ainsi, les régions de montagnes affichent un meilleur bilan face aux régions du Plateau, où une utilisation croissante des sols augmente les pressions sur la biodiversité. Les zones de cultures, notamment, sont soumises à diverses contraintes, qui se traduisent par une perte d’habitat. Parmi elles, l’utilisation de pesticides cause des dégâts conjoints sur la faune et la flore. Quant aux régions forestières, elles sont caractérisées comme étant un grand réservoir de biodiversité, mais malgré cela il manque des « phases pionnières clairsemées et des phases tardives » (OFEV, 2017a, p.10) ce qui est une contrainte pour de nombreuses espèces. D’autres milieux comme les milieux humides, naturels alpins et les milieux en zone urbaine subissent de fortes pressions de différentes natures (assèchement, mitigation du territoire, changements climatiques, imperméabilisation, impact des activités touristiques et de loisirs,

sur la diversité biologique et encourager l’utilisation durable », « améliorer l’état de la diversité biologique en sauvegardant les écosystèmes, les espèces et la diversité génétique », « renforcer les avantages retirés pour tous de la diversité biologique et des services fournis par les écosystèmes » et améliorer « la mise en œuvre au moyen d’une planification participative, de la gestion des connaissances et du renforcement des capacités » (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, s.d., p.2).

etc.). L'homogénéisation des milieux a aussi pour conséquence une disparition de la diversité génétique des espèces, en particulier chez les espèces rares. La perte d'espèces se concrétise également dans les listes rouges, où presque la moitié des espèces indigènes font face à une menace (proche de l'extinction, en danger, vulnérable, etc.). Selon l'OFEV, « il n'y a pas eu d'amélioration globale de la situation de menace, sinon marginalement, ces dernières années. La proportion d'espèces menacées est presque inchangée et beaucoup d'espèces ont perdu des territoires et des effectifs » (OFEV, 2017a, p.12).

Différentes mesures ont été prises pour diminuer les pressions et les pertes de la biodiversité sous forme de lois, de mise en place de zones protégées, de paiements et subventions, de soutien à des fonds pour l'environnement ou encore du développement de réseaux de données, etc. « Au total, environ 12,5% du territoire national est consacré à la conservation de la biodiversité. » (OFEV, 2017a, p.12). De plus, le plan d'action de la Stratégie Biodiversité Suisse a été approuvé par le Conseil fédéral à l'automne 2017, élaborant mesures et projets pilotes afin de faire face à l'appauvrissement de la biodiversité (OFEV, 2017j). Malgré cela, certaines zones en conservation subissent encore des pressions ou ne sont pas protégées de manière efficiente. Les protections ne sont pas identiques partout en Suisse et certains seuils choisis ne sont pas assez « sérieux ». Enfin un des gros défis qui se voit autant au niveau local que global : le besoin à plus de fonds pour la biodiversité est primordial, car il s'agit de problèmes majeurs et vitaux pour la société (OFEV, 2017a).

1.4.1.5 Situation dans le canton de Genève

Au niveau cantonal, à Genève, de plus en plus de mesures sont prises afin de stopper la perte de la biodiversité comme par exemple : la renaturation de cours d'eau, la préservation et l'entretien de milieu à haute valeur, et l'entrée en vigueur d'une loi cantonale sur la biodiversité (en 2012). Un rapport évaluant l'état de la « nature » du canton et des actions prises entre 1999 et 2009 (DIM, 2010) évoque une stabilité pour certains écosystèmes, voire une légère augmentation en termes de qualité et/ou quantité qui serait due à la conjonction entre une politique d'aménagement du territoire rigoureuse et le développement de nombreux programmes encourageant la biodiversité. Cependant, certaines espèces « restent à la limite de la survie » (DIM, 2010, p.122). Le mitage du territoire et l'érosion de certaines zones continuent à entretenir des pressions sur la biodiversité. Des mesures devraient être prises pour combler les lacunes existantes, comme des lois « soutenant la gestion durable de la ressource biodiversité » (DIM, 2010, p.122), la prise en compte de la thématique « nature » le plus rapidement possible lors de l'élaboration de projets d'aménagement, ou encore un accent plus important sur la sensibilisation de la population, etc.

De plus, comme expliqué précédemment, faisant suite à la loi sur la biodiversité cantonale, une Stratégie Biodiversité Genève 2030 a été élaborée et a été acceptée fin février dernier. Cette Stratégie est un nouvel élan afin de gérer de façon plus efficiente tous les pans de la

biodiversité. Elle développe douze champs d'application⁵ en montrant l'état actuel de chacun ainsi que les éléments à améliorer, le tout en ayant une attention particulière pour les services écosystémiques, pour les rendre plus visibles et plus importants dans les décisions prises (DGAN, 2018). De plus, cette Stratégie met en avant l'importance de travailler avec la biodiversité, et donc de coexister avec elle en l'intégrant dans n'importe quel projet. En outre, elle souhaite dépasser les frontières dictées par l'Homme, en coordonnant les projets avec les pays et cantons frontaliers (DGAN, 2018). Par ailleurs, ce texte vise également à évaluer la biodiversité, afin de protéger et renforcer ce que l'on a. Pour cela il faut des données facilement récoltables et à jour. De plus, il y a une réelle volonté de rendre ces données visibles, afin d'encourager la participation du citoyen (DGAN, 2018). Un autre défi est aussi de pouvoir gérer toutes les données existantes sur le territoire cantonal et de les rendre compatibles entre elles (DGAN, 2018 ; DIM, 2010).

Avec la crise de la biodiversité, au moins la moitié des espèces pourrait disparaître en Suisse. Afin de pouvoir évaluer son état et également de pouvoir mesurer les effets des mesures prises, de l'information est nécessaire. Cette information permet de mettre en évidence les besoins actuels pour l'action des décideurs en faveur de la biodiversité et le déblocage de fonds (OFEV, 2017a). Détenir de l'information permettrait donc de gérer et conserver la biodiversité en obtenant des informations sur l'état des espèces, leurs adaptations, leurs déplacements, leur répartition, en fonction des changements à venir (Guralnick et al., 2007).

De plus, au vu de l'état de la biodiversité et des besoins que celle-ci engendre, il est nécessaire d'avoir des données afin que les scientifiques, les politiques, mais aussi le grand public aient accès à une information fiable. En effet, selon l'OFEV (2017a) et comme évoqué dans la Stratégie Biodiversité Genève 2030 (DGAN, 2018), la majorité des Suisses savent ce qu'est la biodiversité et sont conscients du besoin de la préserver. Pourtant, ils sont nombreux ceux qui sous-estiment son état actuel et considèrent qu'elle va plutôt bien, c'est pourquoi il est nécessaire d'informer le plus grand nombre de l'état de l'environnement naturel (OFEV, 2017a).

Comme évoqué précédemment, deux obstacles entravent l'accès à l'information et l'opérationnalisation en matière de conservation de la biodiversité, et doivent être pris en considération lors de l'élaboration d'un outil du type tableau de bord : il s'agit tout d'abord du manque d'interopérabilité entre les données, et ce à différentes échelles. Notons également un manque dans la qualité de la visualisation des données, rendant plus complexes leur accès et leur communication. Dans le développement qui suit, nous allons étudier ces deux contraintes et examiner quelles solutions sont proposées dans la littérature, en vue de développer un outil, utile pour les professionnels et compréhensible pour le grand public.

⁵ Les 12 champs d'applications sont : l'« infrastructure écologique du territoire », les espaces protégés et réserves naturelles, les arbres, la forêt, ainsi que les espaces aquatiques, bâti et agricole. La faune et la flore sont également un de ces champs, au même titre que l'offre de sensibilisation et d'information, les formations et activités scolaires. Enfin, les deux derniers champs renseignent sur les outils « analytiques et de suivi » et « administratifs et politiques » (DGAN, 2018, p.7).

1.4.2 Partage des données

1.4.2.1 Utilité et utilisation

Selon le texte de la CDB, chaque Partie se doit de faciliter « l'échange d'informations, provenant de toutes les sources accessibles au public, intéressant la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique » (Organisation des Nations Unies, 1992, p.12). Afin de pouvoir surveiller et évaluer l'état de l'environnement dans son ensemble, actuel et passé, il est primordial de pouvoir rassembler et avoir accès aux données existantes et ce, dans tous les domaines – environnement, social, etc. (Guralnick et al., 2007). En effet, dans le contexte de la biodiversité, le suivi est primordial pour estimer son évolution, visualiser la réussite des programmes et les éléments clés. Il s'agit donc de créer des projets ciblés en fonction des besoins (Han et al., 2014). De plus, le développement d'indicateurs permettant l'évaluation et la gestion efficiente de la biodiversité ne peut être fait sans l'accès aux données (Salem, 2003 ; Walpole et al., 2009). C'est pour cela que la question de l'interopérabilité est essentielle dans ce domaine. Une information diffuse et accessible à tous reste indispensable.

L'interopérabilité peut être définie comme étant « la capacité de deux ou plusieurs composants à communiquer et à échanger des informations via un système commun et à utiliser les informations qui ont été échangées » (Giuliani et al., 2009, p.3, *traduction personnelle*). Cette définition sous-entend qu'au moins deux éléments sont en interaction dans le but de se partager des informations et d'en faire usage (Giuliani, 2011). Cette interopérabilité se situe à quatre niveaux : technique, sémantique (le langage derrière les données, les termes utilisés, les définitions, ...), légal et politique (lois, *copyright*, ...) et humain (coopération, collaboration, ...). Le but de l'interopérabilité est de passer plus de temps à étudier et analyser les données et moins à les rechercher (Giuliani, 2018a). Elle servira également d'outil d'aide à la décision pour les autorités politiques (Giuliani, 2011). C'est d'ailleurs de plus en plus une volonté politique d'encourager l'accès aux données pour atteindre une « démocratie environnementale » (Fink et al., p.483, 2004), favorisant l'accès pour tous à l'information et permettant d'atteindre les objectifs fixés par la CDB.

De plus en plus de données sont digitalisées et ce à tous les niveaux – local, régional, national et international. Ce progrès est en lien avec l'évolution des technologies relatives à l'analyse spatiale (Auer et al., 2010 ; Giuliani, 2011). Cependant un certain nombre de contraintes vient entacher l'interopérabilité des données existantes. Dans certains cas, on observe un manque d'accessibilité : certaines données ne sont pas en libre accès, coûtent cher à obtenir et/ou sont isolées dans des bases de données – et de ce fait les informations ne sont pas utilisées à bon escient (Skevakis et al., 2014). Il peut y avoir aussi des problèmes de disponibilité et de qualité des données : certaines ne sont pas digitalisées ou incomplètes. D'autres, au contraire, apparaissent à double ou indiquent la même chose. Cependant en l'absence de standardisation, elles se retrouvent dupliquées. Finalement il peut y avoir un manque de compatibilité qui vient compromettre l'interopérabilité des données, dû à des formats qui ne correspondent pas. Ou lors d'un échange de données entre différents niveaux – local, national, international – on peut déplorer un manque de standardisation. Ces principaux éléments constituent une contrainte à l'interopérabilité, ce qui va exercer à terme une influence sur la

capacité à évaluer l'état de la biodiversité (Bendix et al., 2012 ; Berendsohn et al., 2011 ; Edwards et al., 2000 ; Giuliani, 2011 ; Han et al., 2014).

De plus, si la Suisse a à sa disposition un grand nombre de données – multitude de programmes d'évaluation à tous les niveaux, et également un grand partage de données (SIB, 2017a) – ce n'est pas le cas partout dans le monde. Il y a, aujourd'hui encore, un grand écart entre la quantité de données disponibles dans les pays développés et celles disponibles dans les pays en développement. Ces dernières se retrouvent parfois dans des bases de données de pays développés alors qu'elles contiennent des informations sur la biodiversité d'un pays en développement (Edwards et al., 2000). La nécessité d'une équité d'information est primordiale afin d'atteindre les objectifs liés à la CDB (Salem, 2003).

Si l'interopérabilité des données ne peut pas être faite, cela complique le travail du scientifique : perte de temps, coût économique, etc. Cela rend également la prise de décisions beaucoup plus difficile, puisque l'utilisateur ne peut pas se servir de ces données sans perdre beaucoup de temps, voire ne peut pas y avoir accès du tout (Berendsohn et al., 2011 ; Edwards et al., 2000 ; Giuliani, 2011). Il y a donc un réel besoin de partage et de diffusion de l'information afin qu'experts, politiques et grand public y aient accès, et que l'utilisation et la communication des données digitalisées se fassent de la manière la plus efficace possible (Giuliani, 2011).

L'interopérabilité peut se faire via différents outils, comme par exemple : internet, les normes et la standardisation des données, les métadonnées, mais également les cadres politiques, et bien d'autres. Ces outils peuvent donc être de nature technique, mais également humaine (Giuliani, 2011). Par exemple, les standards de l'*Open Geospatial Consortium* (OGC) promulguent l'interopérabilité en offrant une possibilité de standardisation de n'importe quelles données en lien avec la géomatique (Giuliani, 2018a). Chacun des standards OGC sont relatifs aux types de données concernées – par exemple le standard WFS concerne les données vectorielles, WCS les *raster*, et WMS le rendu graphique ou cartographique. L'avantage de ces standards est la publication des données dans différentes interfaces, sans soucis de transformation des données. L'interopérabilité serait ainsi maintenue (Giuliani, 2018a).

Enfin, le manque de fonds pour le partage de données est une contrainte qui doit être évitée afin d'atteindre une plus grande interopérabilité (Bendix et al., 2012).

Les bénéfices sont nombreux, parmi eux : de meilleures prises de décisions, une meilleure évaluation et gestion, moins de coûts, moins de duplication de données ou encore une meilleure efficacité (Flemons et al., 2007 ; Giuliani, 2011). De plus, le regroupement de données permet de disposer « de nouvelles propriétés... [offrant] des possibilités pour mieux comprendre les relations complexes entre les différentes composantes du système terrestre » (Giuliani, 2011, p.14) et de ce fait de saisir des problèmes à plus larges échelles comme par exemple les changements climatiques (Jetz et al., 2012).

1.4.2.2 Les données en Suisse et dans le Monde, à travers quels outils ?

Afin de faciliter le partage et l'acquisition de données, que ce soit pour les scientifiques, mais également pour les dirigeants et le grand public, de plus en plus de bases de données s'ouvrent, des portails rassemblant des bases de données voient le jour et des infrastructures de données spatiales (SDI en anglais) sont élaborées. Les politiques et les scientifiques ayant compris la nécessité de rendre accessibles leurs données, l'accès libre aux données s'est développé sous différentes formes (Peckham et Goodall, 2013).

Cette section a pour but d'expliquer les différents outils et mécanismes favorisant l'interopérabilité des données disponibles en Suisse – au niveau cantonal et national – et également à une échelle plus globale.

A l'échelle cantonale, des bases de données ouvertes au public existent. A Genève, le Système d'Information du Territoire à Genève (SITG) met à disposition un large panel d'informations relatives au territoire du canton, grâce au partage de données par différents acteurs (départements cantonaux, institutions privées, et bien d'autres) (<http://ge.ch/sitg/>). Le SITG a inscrit dans sa loi des « principes de large ouverture et de transparence » (SITG, s.d.). Cet outil fournit des données géoréférencées sur différentes thématiques liées à l'aménagement territorial du canton – cadastre, nature, forêt, etc. D'autres bases de données sont disponibles à Genève, telles que celles des Conservatoire et Jardin botaniques (CJB), qui sont, en partie, en libre accès et gratuites (<http://www.ville-ge.ch/cjb/bd.php>) et qui offre des données bien au-delà de l'échelle cantonale. Enfin, un dernier exemple illustre la volonté d'ouvrir l'accès à l'information : il s'agit de Faune Genève (<https://www.faunegeneve.ch/>) qui vise à faire participer le plus grand nombre à la récolte de données concernant l'observation de la faune genevoise, pour ensuite rendre cette information accessible à tous. Cette plateforme coordonne également ses données avec d'autres bases de données pour capter de l'information complète. Toutes ces données montrent le grand progrès qui a été fait pour rendre plus ouvertes les différentes bases de données ces dernières années.

Au niveau national, les dirigeants ont très vite compris la nécessité d'ouvrir l'accès aux données : en 2003, les autorités ont développé un catalogue de données suisses sur l'environnement, Envirocat, qui « contient une description des principales données environnementales produites par l'administration cantonale et fédérale » (SIB, 2015b). Depuis, il a été intégré dans la plateforme Geocat (<https://www.geocat.ch/>). Cette dernière a pour but de collecter toutes les métadonnées de Suisse, de les répertorier de façon standardisée et cela par le biais des offices communaux, cantonaux, nationaux et des privés. Ce catalogue permet donc de disposer de données « telles que les images aériennes, les sites protégés, les dangers naturels, les séismes etc. » (SIB, 2017b). De plus, toutes les données collectées par la Confédération, dans le domaine de la biodiversité, sont régies par des centres nationaux. Il s'agit par exemple d'Infoflora, gérant les données relatives à la flore suisse (<https://www.infoflora.ch/fr/>), de CSCF, du CCO/KOF, du karch, de la Station ornithologique suisse, réunissant respectivement les données de la faune, des chauves-souris, des amphibiens et reptiles, et des oiseaux sur le territoire suisse (<http://www.cscf.ch/>, <http://www.ville-ge.ch/mhng/cco>, <http://www.fledermausschutz.ch/>, <http://www.karch.ch/> et <http://www.vogelwarte.ch/fr/home/>), ou encore d'Infospecies – qui est le réseau de tous ces

centres et qui permet de connecter les acteurs de tous les niveaux (OFEV, 2016a) (<http://www.infospecies.ch/fr/>). Ces centres ont pour but de promouvoir leurs données et de les disperser afin de soutenir à terme la protection de la biodiversité (CSCF, s.d. ; Infoflora, s.d.). Elles sont ainsi en partie accessibles à tous, sous forme de cartes – via leurs sites internet et la plateforme cartographique de la Confédération. Et dans certains cas, elles sont aussi téléchargeables pour le propre usage de l'utilisateur, selon un code déontologique.

De plus en plus d'instruments (cartes, catalogues, bases de données, ...) en Suisse ont été développés dans le but de rendre ces données plus accessibles, plus simples d'utilisation, standardisées et plus interopérables. Dans cette optique, relevons que l'OFEV a pour mission d'obtenir des données sur l'environnement susceptibles d'influencer les politiques environnementales. Il « définit des programmes d'observation de l'environnement et entretient différents réseaux de mesures nationaux » (OFEV, 2015a). Un effort de partage est fait entre les différents niveaux – nationaux, cantonaux, communaux et privés – afin que tous aient à portée de main les données nécessaires pour atteindre leur but.

A plus large échelle, via la CDB, la Suisse participe, par l'intermédiaire du Système d'Information sur la biodiversité en Suisse (SIB), à un centre d'échange d'informations, qui ambitionne de créer « un réseau de connaissances sur la biodiversité pour la coopération scientifique et technique » (Convention sur la diversité biologique, s.d.) entre les différentes parties prenantes à la convention (Laihonon et al., 2004).

Au niveau international, différents portails et SDI mettant en réseau des bases de données ont été développés afin d'améliorer l'interopérabilité de l'information sur la biodiversité entre toutes les bases de données existantes. Toutes les organisations, institutions ou pays qui souhaitent partager ces informations peuvent le faire. Cette démarche vise à mettre en place un réseau mondial d'information, où les données sont disponibles pour tout un chacun (Guralnick et al., 2007). Les portails et SDI permettent de rassembler toute l'information disponible dans le monde et facilitent l'accès aux données (Giuliani, 2018a). Certains portails sont même reliés entre eux, donnant l'occasion de créer des liens entre informations de différentes natures (Skevakis et al., 2014).

Un exemple d'infrastructure développée depuis plus de 15 ans autour du partage des données sur la biodiversité est le Système Mondial d'Information sur la Biodiversité (GBIF en anglais ; <https://www.gbif.org/>), qui a pour but de mettre en réseau n'importe quelle donnée sur la biodiversité (Skevakis et al., 2014). Il vise à rendre plus simple « la numérisation des données sur la biodiversité et [...] rendre interopérable un nombre encore inconnu de bases de données sur la biodiversité qui sont distribuées dans le monde entier » (Edwards et al., 2000, p.2312, *traduction personnelle*). Le GBIF a donc permis à toutes les institutions/organisations de mettre en lien leurs bases de données ; ainsi, toutes les données sont collectées et standardisées au même endroit. Cela évite que certaines données soient isolées et/ou perdues dans des bases de données, alors que ces données pourraient servir à d'autres acteurs. A travers ce système, les bases de données appartiennent toujours à leurs détenteurs mais sont mises en réseau via le GBIF, qui, lui, vérifie que toutes les données soient standardisées et uniques. C'est un outil accessible à tous – principalement utilisé par les politiques et scientifiques (Edwards et al., 2000) – qui rend l'usage plus efficient des données distribuées

dans le monde entier (Guralnick et al. 2007). Cet outil mondial est aussi alimenté par des programmes nationaux : par exemple, GBIF va s'aider de programmes existants comme le Centre d'échange d'informations de la CDB (Edwards et al., 2000). Enfin, cette infrastructure offre des liens avec d'autres domaines – climat, eau, etc. – afin de répondre à des problèmes complexes. Aujourd'hui, plus de 1000 institutions/organisations publient ou ont publié leurs données via cette infrastructure (GBIF, s.d.).

Un autre exemple au niveau mondial est l'initiative du *Group on Earth Observations* (GEO) : le *Global Earth Observation System of Systems* (GEOSS ; <https://www.earthobservations.org/geoss.php>). Cette SDI est soutenue par plus de 100 pays et des organisations participantes. Elle a pour but de rendre ouvertes des données sur l'observation de la Terre : c'est un peu le « Google » de ce domaine. En regroupant différentes bases de données, cette infrastructure rend possibles des synergies, en assurant le partage de données rapide et à moindre coût. Différents systèmes d'observation sont mis en lien avec neuf domaines de priorité : le climat, l'eau, la santé, l'énergie, les catastrophes, l'énergie, la météo, les écosystèmes, l'agriculture et la biodiversité (Giuliani, 2018b). Le fait de coupler divers systèmes d'observation garantit de mieux évaluer l'état du système terrestre dans son ensemble (GEO, s.d.). De plus, « le GEOSS global devient bien plus que la somme de ses systèmes composants » (Nativi et al., 2015, p.2, *traduction personnelle*) : rassembler tous ces systèmes à travers un outil offre donc plus d'informations, que simplement en prenant chaque système séparément et en les additionnant. Enfin, les données utilisées dans cet outil sontinteropérables et permettent donc d'être réutilisées par tous. En rassemblant un nombre très important de données, cet outil « améliore les capacités prédictives qui sous-tendent la prise de décision » (GEO, s.d.). Il s'agit aujourd'hui de la plus grosse initiative au niveau mondial (Giuliani, 2018b).

1.4.3 Tableau de bord : l'importance de la visualisation des données

1.4.3.1 Pourquoi visualiser les données ?

Comme vu précédemment, de plus en plus de données ont été digitalisées dans des bases de données. Celles-ci se sont peu à peu ouvertes et des portails ont vu le jour afin de lier les bases de données entre elles et de créer un réseau international de données. Si la digitalisation et l'interopérabilité des données sont des éléments primordiaux, la visualisation de toutes ces données l'est d'autant plus (Fox et Hendler, 2011).

Les bases de données regorgent d'informations qu'il est difficile de comprendre sans une présentation efficace (Guralnick et al. 2007). A travers des outils informatiques – comme le développement de tableaux de bord dans le cadre de ce travail, la visualisation répond à ce problème : en effet, elle permet une communication efficiente des données et résultats, tant pour les décideurs que pour le grand public (Auer et al., 2010 ; Han et al., 2014). La visualisation des données sert également d'outil lors de la recherche scientifique, afin d'analyser l'information (Auer et al., 2010). Il s'agit donc d'outil d'aide à la compréhension d'une situation/d'un problème (Flemons et al., 2007 ; Fox et Hendler, 2011).

Les outils du type tableau de bord permettent de ne pas garder les informations uniquement dans le monde scientifique, mais de les rendre accessibles également au grand public, sans quoi celui-ci ne serait que très peu attentif à la question de la biodiversité – à cause de la complexité des données, du nombre de données disponibles, de la visibilité de celles-ci, etc. « Les outils de visualisation comblent le fossé entre les chercheurs et ceux qui ont le plus besoin d'être atteints avec les résultats de la recherche, y compris les décideurs et les citoyens. En effet, cela peut être le domaine où la visualisation détient le plus grand potentiel » (Guralnick et al. 2007, p.671, *traduction personnelle*). Ce serait par le biais de la visualisation des données, que le grand public pourrait être conscientisé à la nécessité de conservation de la biodiversité (Guralnick et al. 2007).

Le but de ce travail étant de créer un *Dashboard* utile autant pour les professionnels, que pour le grand public, il est nécessaire et primordial de prendre en compte ces éléments. Il est fondamental de créer des instruments (tableau de bord, applications, sites web, etc.) reliés à des bases de données ou des portails de données qui permettent d'utiliser cette information. Il est également essentiel de développer une visualisation de données efficace, afin de pouvoir synthétiser, comprendre et prédire le monde complexe qui nous entoure, surtout dans le contexte actuel de perte de la biodiversité (Fox et Hendler, 2011 ; Janicki et al., 2016 ; Guralnick et al. 2007).

1.4.3.2 Comment visualiser les données ?

Le but, lors de la création d'un outil tel qu'un tableau de bord permettant la visualisation de données, est de créer un instrument qui soit utile et facile d'utilisation, le plus intuitif possible, et qui tient compte des besoins, attentes et capacités des potentiels utilisateurs (Janicki et al., 2016 ; Roth et al., 2015). En effet, l'interface visuelle doit être adaptée en fonction du public cible : chaque utilisateur ayant des besoins qui lui sont propres (Roth et al., 2015).

Il faut donc adapter le visuel, afin que l'utilisateur soit guidé lors de l'utilisation de cet instrument, qu'il ne soit pas perdu sous un amas d'information et qu'il atteigne son but (Roth et al., 2015). De ce fait, des principes de cartographie de base et de design sont à prendre en considération (tout en gardant à l'esprit l'objectif d'un visuel agréable). Il faut aussi tenter de transmettre facilement les informations en optant pour une méthode de visualisation adaptée à l'utilisateur – par exemple en offrant en premier lieu peu d'informations, et par la suite si l'utilisateur le souhaite, il peut « cliquer » et obtenir plus d'informations (Auer et al., 2010 ; Janicki et al., 2016). Permettre une certaine flexibilité dans les options, choisir le type d'interface (carte, graphique, etc.) et les résultats attendus ont également pour objectif de rendre l'outil plus interactif (Flemons et al., 2007 ; Janicki et al., 2016). Le but étant de créer des outils faciles à utiliser tout en montrant des informations pertinentes pour les futurs utilisateurs.

Comme vu précédemment, la création d'indicateurs est une solution qui permet de résumer simplement de l'information complexe (Han et al., 2014). De ce fait, les indicateurs participent à la réalisation d'une visualisation efficace, toujours en vue de créer des outils

utiles pour la conservation de la biodiversité. En effet, ils visent à « diffuser l'information, [et à] promouvoir la participation des parties prenantes » (Han et al., 2014, p.4, *traduction personnelle*) dans un contexte de conservation de la biodiversité. Le fait d'agréger de l'information rend le travail avec beaucoup de données possible, tout en permettant de les analyser et de les comprendre facilement (Auer et al., 2010). Les indicateurs choisis doivent de ce fait être pertinents en fonction du message ou des décisions que l'on souhaite atteindre (Han et al., 2014).

Au niveau technique, « l'architecture » de l'outil doit être pensée afin de le rendre le plus utilisable possible – temps de réponse des options proposées, capacité à générer des réponses rapidement, ajout de nouvelles options en fonction des besoins, etc. (Flemons et al., 2007). De plus, les données utilisées pour des outils de visualisation devraient être le plus possible reliées à leur base de données, afin de pouvoir évoluer et de ne pas être des données statiques qui perdent de leur valeur au cours du temps. Ainsi, lorsque le portail ou la base de données correspondante sont actualisés, l'instrument de visualisation l'est aussi. Enfin, avoir des informations évolutives permettrait également de révéler des composantes et applications au-delà de nos capacités actuelles (Jetz et al., 2012). Dans la pratique, cela se fait malheureusement peu au niveau scientifique, même si de plus en plus d'efforts sont accomplis pour mettre en place ce type de liaisons (Fox et Hendler, 2011 ; Han et al., 2014).

L'utilisation d'une méthode itérative dans l'élaboration d'un tel outil permet de voir les changements à opérer : une première évaluation devrait être faite, avant même la création de l'outil, pour cerner au mieux les besoins des futurs utilisateurs et également leurs compétences. Puis, après la mise en place de l'outil, un second diagnostic devrait être posé pour procéder aux modifications nécessaires en fonction des besoins, problèmes et commentaires (Janicki et al., 2016 ; Roth et al., 2015).

De plus en plus de ce genre d'instruments voient le jour, dans différents domaines, pour diffuser de l'information de manière simple et à un large public. Dans le champ de la biodiversité, différents outils existent et ce à différentes échelles. La section suivante présente trois exemples d'outils élaborés à l'échelle internationale et qui tentent de répondre aux contraintes évoquées. Deux sous forme de représentation cartographique de données de biodiversité et un sous forme de tableau de bord.

1.4.3.3 Exemples d'outils

1.4.3.3.1 Antmaps

Antmaps est un outil qui regroupe toutes les données existantes concernant les espèces de fourmis dans le monde. Cet instrument est lié avec différentes bases et portails de données (comme par exemple GBIF). L'information offerte se veut de base très simple : il s'agit de représenter où se trouve chaque espèce de fourmis dans le monde et ensuite d'en faire des analyses – comme par exemple demander quelles espèces se trouvent en Suisse. Ou encore, quelles sont les espèces semblables entre la région X et la région Y ? Les données utilisées sont standardisées avant de pouvoir être utilisées partout et dans n'importe quelle base de données. Antmaps cherche à être le plus utile possible, à permettre la réalisation d'un maximum d'analyses, tout en s'adressant au plus grand nombre. Grâce à une méthode itérative, ses créateurs ont voulu prendre le plus possible en compte les compétences et les besoins des utilisateurs potentiels – réalisation d'études et de questionnaires. Ils ont décidé de créer un visuel où un minimum d'information utile à la compréhension apparaissait en premier lieu – afin de minimiser la complexité de l'information – et, seulement si l'utilisateur le désire, il peut ensuite demander plus de détails sur les résultats indiqués. Au final, cet outil a rencontré beaucoup de succès, autant chez les spécialistes que chez le grand public. Compte tenu du fait qu'il ne s'agit pas avec cet outil « de photos de fourmis réelles ou d'autres informations visuellement plus agréables » (Janicki et al., 2016, p. 191, *traduction personnelle*), mais du « simple » nom des espèces de fourmis, le résultat est plus que positif étant donné la spécificité du sujet. Selon les auteurs de ce site, il doit sa notoriété à son interactivité et à son visuel agréable (Janicki et al., 2016).

1.4.3.3.2 Map of Life

Map of Life est un outil qui a pour objectif de rassembler toutes les données disponibles pour chaque espèce – faune et flore – et de les rendre visibles. Il s'agit d'un outil en ligne, ouvert à tous. Ses créateurs ont constaté que de plus en plus de données géoréférencées étaient accessibles et que celles-ci étaient primordiales pour pouvoir évaluer l'état de la biodiversité, comprendre ses enjeux et prendre des décisions. De plus, ils ont constaté que beaucoup de données concernant certaines espèces étaient de très mauvaise précision et/ou même indisponibles, en comparaison avec d'autres facteurs de l'environnement beaucoup mieux répertoriés. Ils sont ainsi venus à penser que « ce déficit pourrait être traité par une infrastructure globale et collaborative pour le stockage, le partage, la production, le service, l'annotation et l'amélioration de l'information sur la distribution des espèces » (Jetz et al., 2012, p.151, *traduction personnelle*). Ils souhaitent rendre l'information plus accessible et plus abordable pour sensibiliser le plus grand nombre. En assemblant différentes bases de données et portails – organisations/institutions qui ajoutent leurs données, mais aussi liens avec des portails comme GBIF –, cet outil mondial rassemble toutes les informations existantes concernant la distribution des espèces – considérant que « le tout est plus que la somme des parties ». « La combinaison et l'intégration des différents types [de données]

améliorent considérablement la base de connaissances sur la répartition des espèces » (Jetz et al., 2012, p.152, *traduction personnelle*).

Cet outil est en cours d'élaboration et les options disponibles se développent peu à peu. À terme, les utilisateurs disposeront de différents outils d'analyse – comme par exemple le listing des espèces dans une région choisie – et les résultats seront représentés sous différentes formes – comme des cartes notamment. Ces résultats seront à la fois disponibles pour l'utilisateur qui a lancé la requête, mais ils seront également distribués auprès de différentes institutions et organisations (Musées, CDB, IUCN, ...), pour que l'information circule. Grâce à cet outil, l'analyse scientifique et le travail d'exploration seront simplifiés – moins de temps à chercher les données et à les rendre visibles, et l'information circulera plus largement (Janicki et al., 2016). L'évaluation de l'état de la biodiversité se fera plus efficacement : « ces analyses augmenteront radicalement la rapidité avec laquelle les scientifiques et les décideurs peuvent utiliser et répondre aux nouvelles informations entrant dans le système. » (Jetz et al., 2012, p.157, *traduction personnelle*).

1.4.3.3.3 Biodiversity Indicators *Dashboard*

Ce *Dashboard*, développé par Nature Serve, ambitionne d'informer les autorités politiques de l'état de la biodiversité au niveau national, tout en étant un outil recouvrant l'ensemble du globe. Il vise également à évaluer les progrès faits en vue d'atteindre les objectifs d'Aichi dans le cadre de la CDB. En effet, en créant cet outil, les concepteurs ont remarqué qu'il y avait « une forte demande d'informations fiables sur l'état et la pression de la biodiversité » (Han et al., 2014, p. 3, *traduction personnelle*), un manque de données pour certains indicateurs et des variations dans les données disponibles entre chaque région. Il fallait créer un instrument à la hauteur de ces défis. Après avoir réalisé un workshop avec plus de deux cents personnes provenant de plusieurs pays et représentant différents secteurs de la société – grand public, scientifiques, décideurs, etc. –, ils ont pu relever que l'élaboration d'un *Dashboard* semblait être l'option qui rassemblait la majeure partie des personnes interrogées. De plus, cet outil a été pensé dans une optique universelle pour le partage de l'information, afin de pouvoir évaluer la biodiversité et les programmes de conservation qui y sont liés. Ce projet vise à encourager l'interopérabilité, soutenir et développer les projets de conservation – financement, ressources humaines et techniques – et conscientiser (Han et al., 2014).

L'instrument a été développé afin de représenter quatre indicateurs, suivant le modèle « Pression-État-Réponse-Bénéfice » (PERB ou PSRB en anglais) – inspiré du modèle DPSIR. Ses créateurs ont décidé d'utiliser ce type d'indicateurs pour rendre le *Dashboard* utile pour faire passer un message clair en matière de conservation de la biodiversité : « les indicateurs choisis doivent présenter des informations essentielles pour influencer les décisions à prendre » (Han et al., 2014, p.4, *traduction personnelle*). Quatre indicateurs ont été choisis en fonction des catégories du modèle. Il s'agit de la perte de la forêt (permettant de mesurer le facteur pression), l'indice de liste rouge des espèces (évaluant l'état de la biodiversité), les zones importantes de biodiversité qui sont dans des zones protégées (cet indicateur permet d'estimer les réponses en terme d'action/de décisions pour la conservation) et la fourniture d'eau douce (permettant d'évaluer le facteur mesurant les bénéfices pour le bien-être humain – en termes

sociaux, culturels et économiques – des actions de conservation) (Han et al., 2014). Ils doivent faire prendre conscience de l'état de la biodiversité et favoriser une vision claire des effets des projets de conservation sur la biodiversité. Le choix des indicateurs s'est fait en fonction des données à disposition, mais aussi en fonction de la contribution de chaque indicateur pour mesurer les objectifs d'Aichi et de la facilité à en dégager des tendances (Han et al., 2014).

Les créateurs de cet outil estiment que ces indicateurs permettent de résumer de l'information complexe de manière simple, d'assurer un examen rapide de la situation et des tendances futures, et ainsi parvenir à une prise de décision plus efficiente en matière d'actions de conservation face aux défis actuels et futurs. Pour ce faire, il faut continuer à partager et à collecter de l'information, et ce, à tous les niveaux – tant verticalement qu'horizontalement. Un *Dashboard* global offre des informations dérivées partout dans le monde, mais il faut aussi qu'au niveau national l'évaluation de la biodiversité se fasse, ce qui implique de dépasser les barrières qui empêchent l'acquisition des données (cf. Cadre théorique). Ajouter de l'information au niveau local garantirait une plus grande précision dans les résultats : « en commençant par les indicateurs globaux et en les intégrant aux données nationales et à des données locales identifiées comme importantes par les professionnels de la conservation, le *Dashboard* des indicateurs de biodiversité peut servir d'outil pour suivre les progrès vers les objectifs d'Aichi, et pour l'élaboration des politiques dans le domaine de la conservation » (Han et al., 2010, p.12, *traduction personnelle*). Enfin, ce *Dashboard* est un outil simple, qui peut être compris même par des non-spécialistes du domaine, car il présente une visualisation claire des indicateurs de biodiversité et est intuitif dans son fonctionnement (Han et al., 2010).

1.5 Objet d'étude

En Suisse, comme partout ailleurs, l'état de la biodiversité ne cesse de se dégrader, malgré l'essor de nombreux programmes et mesures de protection. De manière générale, de plus en plus de bases de données, portails et SDI travaillent à rendre leurs données accessibles au plus grand nombre et à améliorer leur interopérabilité. Par ailleurs, la visualisation des données semble revêtir une importance prononcée pour la conservation de la biodiversité. Cet effort vise à favoriser l'emploi des données et communiquer l'information de façon efficiente. Enfin, les exemples d'outils de ce genre ont montré qu'il est possible de rendre interopérable et visuellement compréhensible de l'information sur la biodiversité, avec comme effet la suppression des barrières empêchant une gestion et une communication efficientes sur l'état de la biodiversité. Cependant, il faut remarquer que ces exemples ont été recensés à l'échelle mondiale. En Suisse, les outils aptes à résumer et visualiser ces données restent, semble-t-il, encore bien lacunaires.

Au vu de la grande variété des données sur les territoires suisse et genevois, notre choix s'est porté de travailler sur une échelle réduite, à savoir l'échelle communale. Cette solution présente l'avantage de procurer une analyse locale avec la plus grande précision possible qui soit, tout en faisant des parallèles à d'autres échelles – nationale, cantonale et parcellaire. En effet, le niveau communal a beaucoup de poids en Suisse. Ainsi, chaque commune à Genève possède son propre Plan directeur communal qui va influencer l'aménagement de son territoire, mais également peser sur d'autres domaines connexes, tels que la biodiversité. En outre, un nombre grandissant de voix s'accorde sur le fait qu'il vaut mieux aborder des problèmes proches de la population, plutôt que de problèmes éloignés. Cette solution a comme incidence que les citoyens se sentent plus concernés et vont ainsi se mobiliser pour agir davantage.

Pour toutes ces raisons, il a paru pertinent de créer une plateforme informatique offrant la visualisation des données disponibles à l'échelle d'une commune. De plus, compte tenu du pouvoir des communes sur leur territoire, cela permet aux autorités et professionnels du milieu d'être mieux renseignés sur la biodiversité environnante et par conséquent de pouvoir la gérer de manière la plus optimale. Il faut remarquer que le but est aussi que cet outil informatique soit accessible et utilisable pour le grand public, qui disposera à la fois d'un outil de sensibilisation sur cette thématique, et en même temps d'une plateforme complète et de qualité pour les professionnels. En outre, aucun outil de ce type n'a été recensé à cette échelle pour une commune genevoise – ni même à l'échelle cantonale ou nationale, il semble donc judicieux de tenter l'élaboration d'un *Dashboard* communal.

La sélection s'est portée sur la commune de Lancy. Cette commune, presque totalement urbaine aujourd'hui, possède certaines spécificités en termes de milieux de différentes natures. En effet, elle abrite à la fois des espaces très urbains, comme des voies ferroviaires et des zones industrielles. Parallèlement, elle est bordée au Nord par le Rhône et ses rives protégées, et est traversée en son centre par l'Aire, rivière elle-même bordée par plusieurs parcs. La carte ci-dessous (cf. Figure n°1) permet de visualiser les milieux actuels dans la commune à une échelle de 250 mètres.

Lancy offre également des spécificités relatives à la gestion et la production des espaces verts. En effet, Lancy produit depuis 2017 ses plantes selon le label « BIO », et cherche à terme de n'utiliser « plus aucun désherbant, traitement chimique ou engrais minéral » (Ville de Lancy, 2017) pour la gestion de ses espaces verts. Pour toutes ces raisons et compte tenu du dynamisme pour cette thématique de la part des professionnels du Service de l'Environnement de la Ville de Lancy, cette commune a été choisie comme objet d'étude.

**Carte des milieux de la
commune de Lancy
(1:25'000)**

Légende:

Carte des milieux de Lancy

<all other values>

CAT_MN_25

Buissons et haies

Cultures

Eaux

Gazons et bosquets urbains

Prairies

Routes principales

Sols et substrats nus

Surfaces dures

Voies ferrées

Végétations arborées

Végétations rudérales

Auteur: Sophie Compagnon

Source: SIPV_MN_CARTO_25 (SITG)

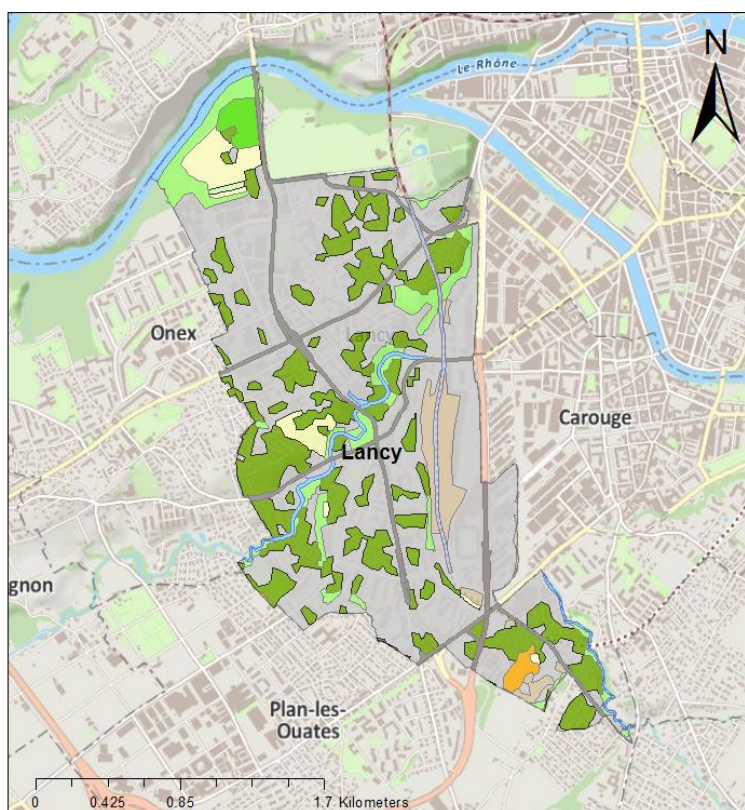


Figure n°1 : Carte des milieux de la commune de Lancy – réalisation personnelle

1.6 Questions de recherches

Dans le but de créer un *Dashboard* répondant à la problématique posée précédemment et au vu des éléments théoriques abordés, trois questions sont posées. Nous nous efforcerons d'y répondre au cours de ce travail :

Question 1 : Est-ce que le niveau d'interopérabilité des données sur la biodiversité en Suisse est suffisant pour informer les communes sur l'état de leur biodiversité ?

Question 2 : Quelle est la structure idéale pour un système d'indicateurs sur l'état de la biodiversité à l'échelle communale ?

Question 3 : Quelle est la solution la plus efficace pour la mise en place d'un tableau de bord communal ?

1.6.1 Hypothèses

Par la suite, trois hypothèses de départ peuvent être avancées :

H1 : Les données disponibles sur ces différents portails sont complexes à visualiser et restent souvent confinées aux milieux experts. C'est pourquoi la création d'indicateurs est utile pour résumer de l'information. En effet, ces derniers contribuent à une évaluation de la biodiversité.

H2 : Le regroupement et la simplification de données sur la biodiversité, à travers la création d'un système d'indicateurs, assurent une meilleure compréhension pour les dirigeants communaux et une meilleure diffusion de l'information auprès du grand public. Les données sont résumées en indicateurs et visuellement exposées de façon interactive.

H3 : Grâce à une méthode itérative, un tableau de bord plus efficace en termes d'utilité et d'utilisabilité et plus proche des réalités du terrain peut être développé.

2 Méthodologie

La méthode utilisée pour réaliser le *Dashboard* de la biodiversité de Lancy s'est opérée en plusieurs étapes : une partie importante a consisté en la récupération et le choix des données. Il s'agissait d'examiner toute l'information existante. Par la suite, la structure du tableau de bord a dû être déterminée et délimitée. Puis, différents outils ont été utilisés pour analyser et structurer le contenu, et finalement de produire le *Dashboard*. Tout cela a été réalisé avec la préoccupation de prendre en compte les réalités du terrain. La représentation ci-dessous permet de résumer graphiquement les grandes étapes de la méthodologie (cf. Figure n°2).

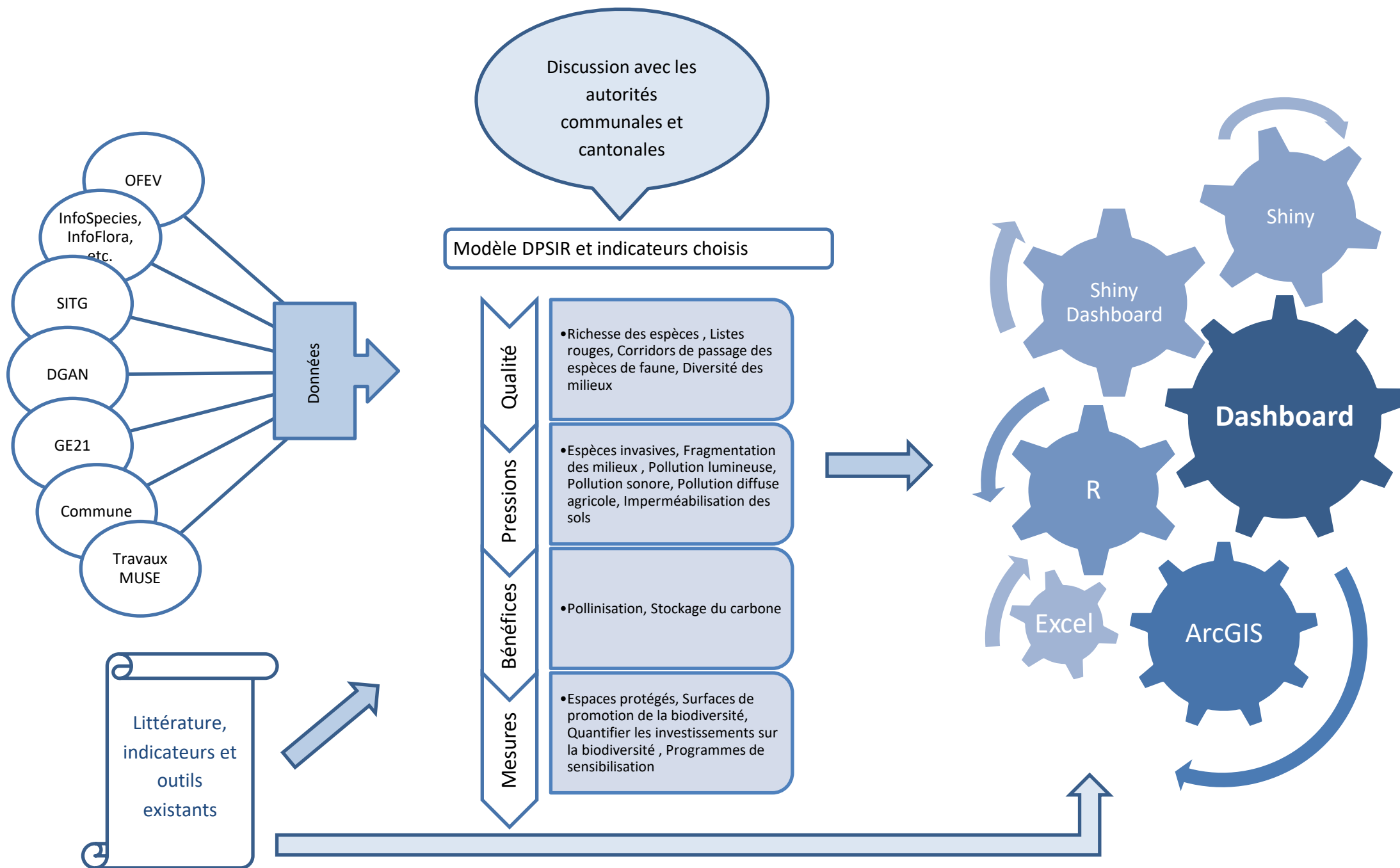


Figure n°2 : Représentation graphique de la méthodologie

2.1 Récupération des données

La première étape pour mener à bien la réalisation de ce travail a été de récolter les données nécessaires pour le contenu de la plateforme web. Il a donc fallu récupérer toutes les données disponibles concernant la biodiversité. Considérant l'existence de différents canaux de données, et ce à différents niveaux (national, cantonal, communal), il a été nécessaire de se plonger dans les sites et bases de données correspondants. Les données récupérées proviennent des sources suivantes :

1. L'OFEV et les Centres nationaux : le Centre national de données et d'informations sur la flore de Suisse (Infoflora), le Centre de coordination ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris (CCO/KOF), le Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF), la Station ornithologique et le Centre de coordination pour la protection des batraciens et des reptiles de Suisse (Karch)
2. La Direction générale de l'agriculture et de la nature (DGAN) et le SITG
3. La Commune de Lancy
4. Des données d'anciens travaux de master du MUSE et d'un projet en cours de GE21.

2.2 Construction des indicateurs

2.2.1 Les indicateurs et le modèle DPSIR

Comme expliqué dans le cadre théorique, la création d'indicateurs apparaît être une méthode adéquate pour synthétiser un grand nombre d'informations. De plus, la focalisation de ce travail sur une commune du canton de Genève s'inscrit dans l'optique de la Stratégie Biodiversité Genève 2030, laquelle recommande de développer des indicateurs pour suivre l'état de la biodiversité et apprécier les mesures prises en sa faveur. Ainsi, cette démarche assurera « un suivi pertinent et durable de la situation de la biodiversité, en informant également la population. Ils constituent en premier lieu un outil d'aide à la décision pour les acteurs concernés » (DGAN, 2018, p.86). On observe de la sorte une demande politique pour la création d'indicateurs de biodiversité à Genève, destinés à gérer au mieux la biodiversité du canton. C'est pourquoi ce procédé a été choisi pour résumer toutes les données à disposition sur la biodiversité à l'échelle communale, mais également pour récolter, à terme, des renseignements simplifiés, utiles et compréhensibles par tous. En raison de ces éléments, une quinzaine d'indicateurs a été déterminée et créée, ceci en fonction des données disponibles à travers les sources identifiées précédemment, de la littérature et des exemples déjà existants à d'autres niveaux.

Par ailleurs, au vu du grand nombre de données à disposition, il a été décidé de catégoriser ces indicateurs pour comprendre les relations entre ceux-ci. Par conséquent, la catégorisation s'est opérée selon les catégories du modèle DPSIR – expliqué plus haut dans le cadre théorique (cf. Cadre théorique). Toutefois, les catégories de ce modèle ne sont pas toujours utilisées telles

quelles et sont adaptées en fonction du but à atteindre. Pour étudier la biodiversité et les interactions entre indicateurs développés, plusieurs exemples littéraires ont choisi de n'utiliser que quatre des cinq catégories du modèle, à savoir : état, pressions, impacts et réponses (Butchart et al., 2010 ; Han et al., 2014 ; Sparks et al., 2011). En effet, selon Sparks et al. (2011), la simplification du modèle DPSIR à la thématique abordée offre une meilleure communication et utilisation des indicateurs (Sparks et al., 2011). De plus, le modèle simplifié à quatre catégories a été repris par la CDB pour y lier certains de ses objectifs et développer des indicateurs. Cet ajustement du modèle DPSIR serait l'option la plus adaptée pour renseigner sur la biodiversité (Han et al., 2014 ; Sparks et al., 2011). C'est pourquoi il a été choisi de s'inspirer du modèle initial en n'utilisant que quatre des cinq catégories de base et de les adapter en vue du but à atteindre. Elles ont donc été agencées comme résumées dans la table n°1.

Table n°1 : Catégories choisies en fonction du modèle DPSIR

Catégorie DPSIR	Catégorie renommée pour ce travail
Etat	Qualité de la biodiversité
Pressions	Menaces pesant sur la biodiversité
Impacts	Bénéfices retirés de la biodiversité
Réponses	Mesures prises en faveur de la biodiversité

La première catégorie, la qualité, permet de donner un aperçu de la situation de la biodiversité. Les menaces, quant à elles, renseignent sur tout ce qui vient déstabiliser et potentiellement affaiblir la biodiversité. Selon Han et al., cette catégorie renseigne aussi sur les forces qui vont influencer la biodiversité, comme par exemple les changements climatiques ou les espaces invasives (Han et al., 2014). Les bénéfices consisteront dans ce travail en tout ce que la biodiversité peut apporter aux sociétés humaines et sans quoi elles ne pourraient vivre – nous les définirons comme les services écosystémiques (cf. Cadre théorique) liés à la biodiversité. Enfin, les mesures correspondent à tout ce qui est mis en place sur le terrain en faveur de la biodiversité. Comme ce travail vise un public large, à savoir experts et grand public, les catégories ont été simplifiées et renommées, afin d'être compréhensibles pour le plus grand nombre.

Comme expliqué dans le cadre théorique, ces catégories permettent de rassembler les indicateurs qui donnent des informations complémentaires en termes de biodiversité et qui, de surcroît, ont l'avantage de faire comprendre aux lecteurs les interrelations entre chacune d'entre elles. Notre option rend possible une évaluation de la biodiversité en fonction des résultats de chaque indicateur, réparti en quatre catégories. En outre, il faut reconnaître que considérés isolément, ces indicateurs n'apportent aucune grande aide. Dès lors, cette catégorisation permet de leur donner du sens en les confrontant les uns aux autres. Cela aide à évaluer et à voir évoluer les effets de chaque indicateur. Par exemple, on comprendra mieux pourquoi un indicateur des investissements de la biodiversité change ou pas en fonction

d'indicateurs sur l'état de la biodiversité : est-ce purement pour des questions économiques (crise économique, ...) ? Ou est-ce que certaines catégories de la biodiversité ont atteint leurs objectifs et en conséquence il n'est plus utile d'investir autant qu'avant (Fondation pour la recherche sur la Biodiversité, 2016) ?

Chaque indicateur a donc été répertorié selon ces quatre catégories : cette répartition a été effectuée grâce aux données à disposition et de ce qui allait être calculé à l'intérieur de chacun des indicateurs. Le choix de la classification pourrait être changé en fonction de la construction des indicateurs.

Ces indicateurs, ainsi que leur catégorisation, sont susceptibles d'être modifiés, en raison de leur pertinence, par l'ajout ou le retrait de certains indicateurs. Ces modifications auront lieu en fonction des données à disposition et des besoins des professionnels et du grand public. Toutefois, il faut garder à l'esprit qu'il s'agit ici d'un premier aperçu relatif à la biodiversité.

2.2.2 Choix théorique des indicateurs

Dans le but de construire et de justifier le choix de chaque indicateur, il a fallu se baser sur ce qui existait ailleurs. Ainsi, une explication littéraire de chaque indicateur a été nécessaire. Il s'agissait de comprendre comment pouvait être construit chaque indicateur, quelle information il donnait et dans quelle perspective il s'inscrivait. Ce chapitre est découpé en fonction des quatre catégories inspirées du modèle DPSIR et explique le choix de chaque indicateur. Le tableau n°3 offre une vue d'ensemble des indicateurs sélectionnés et de leur source de données.

2.2.2.1 Qualité de la biodiversité

L'un des indicateurs pouvant renseigner sur la qualité de la biodiversité est la richesse spécifique en espèces sur le territoire communal – ici nous nous intéresserons à différentes classes de faune et groupes de flore, à savoir : les mammifères, oiseaux, reptiles et amphibiens, insectes, angiospermes, gymnospermes et ptéridophytes. Pouvoir recenser toutes les espèces vivantes sur un territoire reste encore impossible de nos jours (Marcon, 2015). Cependant, différentes méthodes permettent d'estimer la richesse spécifique en espèces sur un espace donné. L'indice le plus simple est la richesse taxonomique, laquelle dénombre le total en espèces sur un espace donné (Rocklin, 2004). D'autres indices référençant la diversité en espèces – c'est-à-dire la prise en compte de la richesse spécifique et du nombre d'individus de chaque espèce – auraient pu être calculés. Toutefois, dans notre cas, des données manquantes ont rendu ces calculs irréalisables. L'OFEV travaille avec ces indices de diversité qui prennent en considération la richesse spécifique d'espèces dans leur calcul. La situation actuelle montre une évolution positive en terme de diversité pour les espèces « répandues et fréquentes, sans exigences écologiques particulières, qui ont progressé, ainsi que des espèces exotiques » (OFEV, 2017a, p.41), mais ce n'est pas le cas pour les espèces spécialisées. Concernant la végétation, les résultats pointent une homogénéisation du territoire, induite par différentes pressions, que nous étudierons par la suite. Ainsi, ce sont les espèces spécialisées

qui disparaissent, avec comme conséquence une perte de richesse en espèces et donc un appauvrissement de la diversité biologique (OFEV, 2017a).

De plus, il est important de disposer d'informations sur le poids des menaces pesant sur chaque espèce, car une espèce peut être présente, mais être grandement menacée d'extinction. Ici nous nous intéressons donc à l'état de chaque espèce, dû aux menaces, et non aux menaces causant cet état – c'est pour cette raison que cet indicateur a été placé dans la catégorie qualité de la biodiversité et non dans les pressions. Dès lors, l'indicateur du nombre d'espèces sur listes rouges a été sélectionné pour ce motif. En effet, la disparition des espèces est un sujet alarmant de nos jours, c'est pourquoi la Suisse a décidé de se battre pour la préservation des espèces menacées (Structure de coordination du Monitoring de la biodiversité en Suisse, 2006). L'un des indicateurs au niveau fédéral suit le nombre d'espèces sur listes rouges (OFEV, 2017a). Pour qu'une espèce soit figure dans une des catégories de listes rouges, plusieurs critères sont étudiés : « superficie effectivement occupée ; taille et degré d'isolation des populations ; variations des effectifs » (OFEV, 2017a, p.17), ils sont définis en fonction des recommandations de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Par ailleurs, les places de chaque espèce sont régulièrement mises à jour pour évaluer au mieux l'état des menaces sur les différentes espèces concernées. Cependant, selon l'OFEV, les évaluations pour catégoriser les espèces sont relativement longues (relevés de terrains sur tout le territoire, et ce plusieurs fois par année). Dès lors, « le statut de menace ne peut être actualisé qu'à des intervalles relativement longs (10 à 20 ans selon les groupes d'espèces). L'évolution du degré de menace ne peut être mesurée que lorsque deux évaluations distinctes ont été réalisées sur le même groupe d'organisme » (OFEV, 2017e). Malgré cet inconvénient, l'indicateur du nombre d'espèces sur listes rouges apparaît comme un outil primordial dans l'évaluation de l'état des espèces vivantes sur le territoire communal.

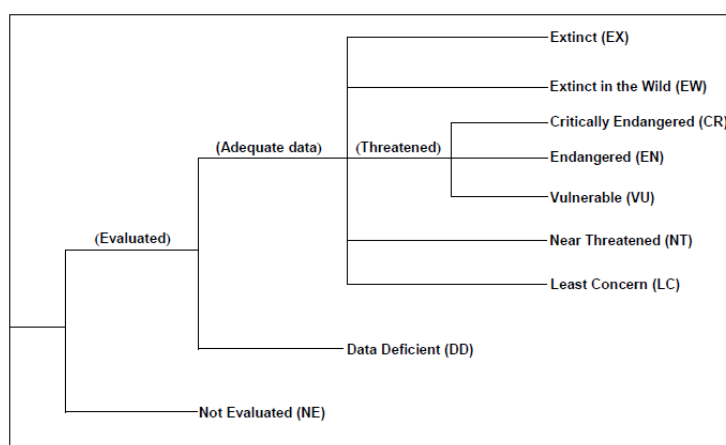


Figure n°3 : Catégorie des listes rouges selon l'UICN
(IUCN Standards and Petitions Subcommittee, 2010, p.8)

Le schéma ci-dessus (cf. Figure n°3) présente les différentes catégories des listes rouges telles que définies selon l'UICN. Toutes les espèces dont les données ne sont pas suffisantes, celles qui sont non-indigènes ou exotiques, ou « celles qui ne se reproduisent pas sur le territoire

examiné (espèces migratrices, p. ex. oiseaux de passage) ne sont pas évaluées » (Cordillot et Klaus, 2011, p. 25).

En plus de la richesse et des espèces sur listes rouges, il est important de détenir une information sur les milieux présents. En effet, la diversité des milieux agit directement sur les espèces y vivant, comme mentionné dans la présentation de l'indicateur « richesse en espèces ». Au vu de l'homogénéisation du paysage et des menaces qui y pèsent (fragmentation, imperméabilisation, utilisation intensive des sols, etc.), il est primordial d'entretenir un suivi pour améliorer la situation en prenant les mesures adéquates (OFEV, 2017a). Une estimation de la diversité des milieux semble par conséquent cohérente. Dans la littérature, un certain nombre d'indicateurs sont proposés pour estimer la diversité en éléments (espèces, milieux, etc.) (Bandeira et al., 2013). Dans notre cas, la diversité peut ainsi être définie par la richesse spécifique en milieux, ainsi que par « la régularité, c'est-à-dire la manière plus ou moins égale ou inégale avec laquelle » (Bandeira et al., 2013, p.522, *traduction personnelle*) est réparti chaque milieu, en fonction des N milieux présents. Un indicateur de diversité présente l'avantage d'évaluer et de prendre en compte en un seul indice non seulement la richesse de milieux présents, mais aussi la distribution de chaque milieu, appelée également équitabilité (Marcon, 2015). L'un des indices le plus populaire est l'indice de Shannon (Gotelli et Chao, 2013), pouvant être calculé avec des recensements (Marcon, 2015). Ce type d'indice est considéré comme neutre, car il ne prend « en compte aucune caractéristique propre des espèces [ou milieux] » (Marcon, 2015, p.21). Les résultats de cet indice varient entre 0 (pas de diversité) à Log du nombre d'éléments présents (Grall et Coïc, 2006). Il est ainsi utile de préciser que l'indice de Shannon a été choisi pour estimer la diversité des milieux de la commune.

Le dernier indicateur développé dans cette catégorie concerne les espaces de passage pour la faune – micro-, macro- et mega-faune. En effet, tant au niveau fédéral qu'au niveau cantonal, les corridors de passage à faune sont un sujet alarmant. Par conséquent, plusieurs études réalisées à ces deux échelles ont montré l'importance d'agir face à une fragmentation du territoire qui ne cesse d'être problématique pour les espèces faunistiques. « En Suisse, la route et le rail ne sont pas les seuls obstacles que la faune sauvage rencontre de plus en plus souvent dans ses déplacements. L'urbanisation empire encore la situation » (Bader, 2016, p.25). Il y a un réel besoin de créer des lieux de passage, des couloirs pour ces animaux. Au niveau suisse, depuis 2003, l'OFEV agit pour restaurer des corridors entravés. Certains projets voient le jour, quand d'autres sont encore en attente, mais malgré tout, une forte volonté d'agir existe pour l'amélioration de ces passages (Bader, 2016).

A l'échelle cantonale, à Genève, ce phénomène est confirmé. En effet, depuis 2004, le canton a recensé ces « corridors biologiques au sens large, identifiant les réseaux vert (forêts), bleu (cours d'eau) et jaune (espaces agricoles) » (Barthassat M. et al., 2010). En outre, avec le développement du Grand Genève, cette thématique possède un intérêt bien concret puisque les espèces faunistiques n'ont pas de frontière. Il faut donc coordonner l'espace des deux

côtés des pays. Des contrats « corridors biologiques »⁶ du Grand Genève ont même vu le jour afin « de répondre aux objectifs de maintien, de restauration des corridors biologiques et de préservation de la biodiversité » (Grand Genève, s.d.). Dans les faits, huit espaces ont ainsi été délimités comme importants et font « l'objet d'études de base » au niveau du développement territorial (Grand Genève, s.d.). Avec tous les projets menés ces dernières années, ils « ont permis de rétablir un certain nombre de connexions, comme la renaturation des cours d'eau, la création d'échelles à poissons et la mise en place de réseaux agro-environnementaux. Mais bien d'autres actions restent nécessaires » (Barthassat M. et al., 2010, p.38). De plus, dans la Stratégie Biodiversité 2030 du canton de Genève, acceptée il y a quelques mois, un des objectifs consiste à aménager les corridors de passage à faune. Dès lors, le suivi de ces corridors semble être un indicateur particulièrement essentiel dans l'évaluation de l'état de la biodiversité au niveau communal.

2.2.2.2 Pressions pesant sur la biodiversité

Par la suite, six indicateurs renseignant sur les menaces incommodes la biodiversité ont été choisis. Tout d'abord, trois d'entre eux illustrent différents types de pollution, à savoir la pollution sonore, lumineuse et diffuse agricole.

Dans nos sociétés, le bruit devient constant et la tranquillité un luxe : en Suisse des surfaces de 175km² le jour et 115km² la nuit sont exposés à « un bruit nuisible ou incommode » (OFEV, 2009, p.25). Les valeurs seuils d'exposition au bruit, déterminées selon l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB), dépendent des types d'affectation. De manière globale, les valeurs seuils générales sont de 60dB le jour et de 50dB la nuit, « elles tiennent compte des répercussions nuisibles ou incommodes du bruit sur la santé, de l'urgence des assainissements phoniques ainsi que des restrictions en matière d'aménagement du territoire et de construction dues à des niveaux de bruit excessifs » (OFEV, 2009, p.24). En effet, en dépassant ces seuils, il peut surgir des risques pour la santé humaine.

Ces valeurs seuils sont donc déterminées en fonction de critères relatifs à l'homme, mais le bruit a également un impact sur la faune (Thirion et al., 2010). Même si beaucoup d'espèces perçoivent des sons différents des nôtres, il est intéressant de mettre en perspective leurs impacts par rapport aux bruits anthropiques, car une grande quantité d'espèces entend des bruits que l'homme ne peut même pas saisir – par exemple « le chat peut percevoir des sons jusqu'à 25 kHz, le chien perçoit les sons jusqu'à 35 kHz » (Zufferey et Febbraro, 2005, p.33). Même s'il y a encore aujourd'hui beaucoup d'inconnues sur les effets du bruit sur les espèces sauvages, « personne ne remet en question l'influence du bruit sur l'état de stress et de méfiance des animaux » (Zufferey et Febbraro, 2005, p.33). Certaines études ont pu montrer l'effet barrière induit par les routes en raison de leur bruit (Villard et al., 2012). C'est d'ailleurs un phénomène d'une ampleur énorme : c'est ce qu'affirme l'OFEV en déclarant que

⁶ « Le contrat corridors biologiques est une convention entre partenaires privés, collectivités et associations, qui propose un programme d'actions planifié sur 5 ans divisé en quatre volets, réglementaire (REG), travaux (TRA), étude (ETU) et animation (ANI) » (Grand Genève, s.d.)

« le bruit routier envahit la quasi-totalité de la Suisse, formant comme un tapis sonore [...] et affecte nettement plus de zones que le trafic ferroviaire ou aérien » (OFEV, 2009, p.25). En effet, il a été démontré que le bruit routier était un élément majeur pour expliquer le phénomène de barrière à travers le territoire. Une étude a prouvé qu'aux alentours des routes, il pouvait être constaté une baisse de richesse et d'abondance d'espèces d'oiseaux, celle-ci étant plus prononcée lorsque les routes sont bruyantes (Summers et al., 2011). En effet, selon plusieurs auteurs, le bruit engendre pour certaines espèces une perte d'habitat, une pression pour se nourrir, se reproduire, communiquer et se déplacer (Thirion et al., 2010 ; Villard et al., 2012). Même si la littérature relative à la pollution sonore sur la faune reste souvent concentrée sur certaines espèces – en particulier les espèces marines – il est fondamental de constater les effets du bruit anthropique sur les espèces de faune, c'est pourquoi cet indicateur a été sélectionné pour représenter les zones soumises à des pollutions sonores.

Par ailleurs, des émissions lumineuses⁷ ont révélé avoir des conséquences néfastes pour la faune et la flore. En effet, les sources de lumière artificielle dans notre quotidien sont de plus en plus fortes. L'OFEV suit l'évolution de ces émissions à travers un indicateur évaluant les émissions lumineuses artificielles et le constat qui en découle est frappant. Cet indicateur est calculé sur la base d'images satellitaires nocturnes, qui montre les émissions artificielles (OFEV, 2016c). Ainsi, depuis la fin du 20^e siècle, la surface du territoire totalement obscure pendant la nuit n'a cessé de diminuer, « passant de 28 % du territoire suisse en 1994 à 18 % en 2009 » (OFEV, 2012, p.11). Selon un rapport de 2017 de l'OFEV, dans la région du Plateau, il n'y a « plus un seul km² où règne une obscurité absolue durant la nuit » (OFEV, 2017a, p.39), et ce depuis 1996. Par conséquent, plusieurs études ont analysé les impacts pour les espèces dépendantes de la vie de nuit (chauves-souris, insectes, batraciens, etc.) : désorientation, altération des rythmes biologiques (en particulier pour les périodes de reproduction), barrières infranchissables dues à des lumières artificielles, etc. Le rythme biologique des végétaux peut également être altéré dû à un trop plein de lumière (OFEV, 2012). Cependant, dans la littérature, il semble que des incertitudes perdurent sur les conséquences de la lumière artificielle sur la flore et la faune (OFEV, 2012). C'est pourquoi cet indicateur paraît essentiel pour en évaluer les effets, et permettre l'application de ces résultats sur l'état de la biodiversité.

Enfin, la pollution agricole diffuse est un indicateur qui évalue les éléments chimiques se diffusant dans les sols. Ces éléments sont utilisés en particulier dans l'agriculture, mais pas seulement, puisque certaines plantes les produisent naturellement. Il est donc difficile de déterminer d'où en provient l'apport (OFEV et OFAG, 2016). Ces produits représentent souvent des nutriments essentiels. En cas de trop grande concentration, ils peuvent entraîner une pollution des sols et avoir des effets néfastes pour les écosystèmes environnants. De plus, les sols agricoles ne sont pas les seuls concernés, puisque les substances sont exportées par le ruissellement. Un surplus de ces produits peut causer des problèmes aux écosystèmes. Par exemple, une concentration trop élevée en phosphore va générer des problèmes dans les milieux aquatiques avec l'augmentation d'algues, la diminution du taux d'oxygène, et la dégradation de la diversité dans les sols (OFEV et OFAGE, 2016). Il semble pertinent

⁷ Dans ce travail, nous prendrons pour synonyme la pollution lumineuse et les émissions artificielles lumineuses.

d'estimer les endroits sensibles à la pollution d'éléments chimiques, tels que l'azote et le phosphore.

Une autre menace qui est apparue judicieuse à analyser est l'imperméabilisation des sols. Causée principalement par l'urbanisation et « l'accroissement de la mobilité » (OFEV, 2017g), cette pression n'est pas uniforme partout – le Plateau détient la plus grande superficie imperméable avec 1111km² (OFEV, 2017g). Ce phénomène peut produire des conséquences : des inondations et des crues soudaines liées à la baisse des capacités du sol à stocker l'eau de pluie. De plus, les sols permettent de stocker de l'eau disponible pour les végétaux en période de sécheresse. Or, en imperméabilisant les sols, cette initiative empêche une infiltration et provoque des écoulements d'eau. Cette dernière doit alors être canalisée, au lieu de pouvoir naturellement s'infiltrer dans les sols et devenir ainsi bénéfique pour la végétation environnante. Par ailleurs, les sols possèdent un rôle primordial pour l'alimentation humaine. Ils le sont également pour le système climatique et biologique global, car représentant un puit de carbone essentiel au système terrestre. Ainsi, cette intervention de l'homme compromet un stockage important du carbone, avec la création d'« îlots de chaleur » en période de canicule. Ceux-ci génèrent des effets nuisibles pour la santé humaine (Commission européenne, 2012). Une autre conséquence de l'imperméabilisation des sols est la perte de diversité biologique. Selon les experts, « au moins un quart des espèces de la planète vivent dans les sols » (Commission européenne, 2012, p.16) et beaucoup d'espèces qui vivent en surface en sont dépendantes (comme habitat, pour s'alimenter, etc.). Cette action humaine agit sur la qualité de vie des individus, et sur la biodiversité dans son ensemble.

De plus, la fragmentation⁸ du territoire et la création de « barrières » infranchissables qu'elle induit constituent, des contraintes pour beaucoup d'espèces : pour la migration, pour se reproduire ou simplement pour y vivre (pollution en tout genre, destruction d'habitats, etc.). Le morcellement du territoire renseigne sur la façon dont celui-ci est découpé par des éléments « artificiels » tels que les routes, les bâtiments, les chemins de fers, etc. (Mathieu et al., 2013). En d'autres termes, cet indicateur permet de référencer sur la possibilité que deux individus mis au hasard quelque part sur le territoire arrivent ou non à se rejoindre (Jaeger, 2000 ; Moser et al., 2007). Selon l'OFEV, la fragmentation est déterminée en fonction de la surface disponible entre deux obstacles artificiels (OFEV, 2010). Cette surface, aussi appelée maille, et sa largeur effective, dépendent du nombre d'éléments artificiels venant découper le territoire : « la largeur effective de maille n'a cessé de diminuer au cours des 70 dernières années, car tout au long de cette période, le paysage a été fortement morcelé » (OFEV, 2010, p.2). L'OFEV a développé cet indicateur, qui montre que la fragmentation du paysage du Plateau est la plus importante de Suisse (cf. Figure n°4).

⁸ La fragmentation et le morcellement du territoire seront utilisés comme synonyme dans ce travail.

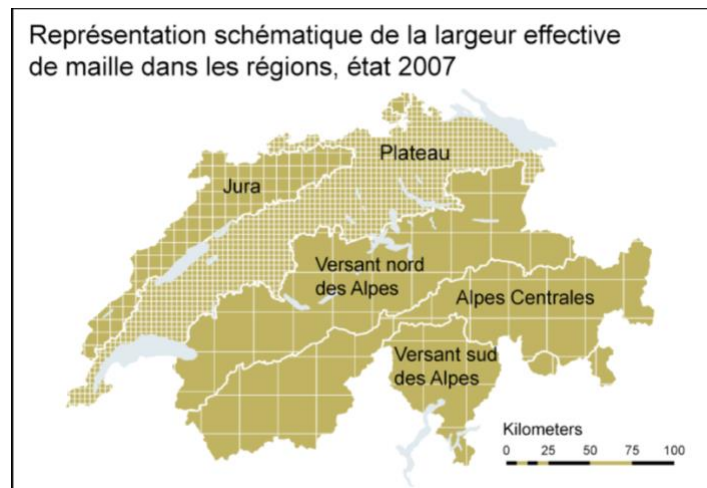


Figure n°4 : Largeur des mailles sur le territoire suisse
(OFEV, 2010, p.4)

Au niveau de la biodiversité, la fragmentation est un enjeu important. Tel qu'évoqué antérieurement, elle agit comme des barrières pour les espèces de faune, mais aussi pour la flore. Pour la faune, les espèces peuvent par exemples se retrouver coincées pour se déplacer, pour se nourrir et perdent des zones d'habitat, etc. (OFEV, 2010). En outre, ce morcellement peut aussi exercer une influence sur le mélange génétique, qui peut devenir limité pour certaines espèces, voire ne plus avoir lieu (Moser et al., 2007). « Ainsi la fragmentation du paysage est une cause majeure du déclin rapide de beaucoup de populations sauvages » (Moser et al., 2007, p.448, *traduction personnelle*). Le problème provient de ce qu'il reste encore beaucoup d'inconnues sur la réaction d'un certain nombre d'espèces. Dès lors, il est difficile de chiffrer ces impacts sur une échelle de temps (OFEV, 2010). Un élément essentiel consiste à pouvoir suivre et répertorier l'évolution de la fragmentation pour « comparer différentes régions en fonction de leur fragmentation et à ses conséquences, et évaluer les mesures prises en compensation de la construction de nouvelles installations » (Jaeger, 2000, p.116, *traduction personnelle*).

Enfin, en plus des pressions principalement anthropiques, il est apparu intéressant de proposer une indication de menace liée directement aux espèces entre elles (même si l'homme y a un rôle à jouer). Cela concerne ici la quantité d'espèces exotiques envahissantes sur le territoire communal. Cet indicateur est un enjeu majeur pour notre société. En raison de la mondialisation, les espèces sont déplacées et l'uniformisation de la biodiversité se fait ressentir dans toutes les sociétés impactées par ce phénomène (Wittenberg, 2006). Les espèces exotiques sont définies comme telles, car elles ont été « introduites volontairement ou involontairement par l'activité humaine dans des milieux situés en dehors de leur aire de distribution naturelle [...] Les espèces exotiques sont dites « envahissantes » lorsqu'elles risquent de causer des dommages écologiques, sociaux et économiques » (OFEV, 2016b). Toutes les espèces « exotiques » ne sont pas nocives pour la biodiversité environnante, cependant un certain nombre, les espèces exotiques envahissantes, est perçu comme un

facteur nocif et est de plus en plus surveillé (Wittenberg, 2006). En Suisse, sur 825 espèces exotiques, environ 12,5% sont considérées comme envahissantes⁹ (2017d).

Deux listes existent pour les végétaux, permettant ainsi un contrôle. Ces listes offrent un outil d'aide à la décision. On peut ainsi savoir comment prévenir et lutter efficacement selon chaque espèce : une *Black List* qui « recense les néophytes envahissantes de Suisse qui portent atteinte à la biodiversité, à la santé ou à l'économie et dont il faut empêcher la propagation » (OFEV, 2016b) et une *Watch List* qui « regroupe les plantes exotiques envahissantes de Suisse qui peuvent causer des dommages et dont la propagation doit être surveillée » (OFEV, 2016b). Ces données sont actuellement disponibles uniquement pour les végétaux (OFEV, 2017d).

Grâce à l'explication de tous ces indicateurs, une vue d'ensemble de pressions pouvant entraver la biodiversité devient possible. Un élément ressort à première vue : il s'agit de l'importance des pressions agissant sur le Plateau suisse. Il est judicieux d'envisager leur portée sur le territoire cantonal genevois.

2.2.2.3 Bénéfices retirés de la biodiversité

Comme déjà expliqué, les bénéfices retirés de la biodiversité, tels que définis dans ce travail, représentent tous les services qu'elle nous procure. Thématique en plein boom et de mieux en mieux connue et étudiée, ces bénéfices sont désormais appelés « services écosystémiques », faisant apparaître « les liens entre nos besoins vitaux et la biodiversité » (DGAN, 2018, p.14). C'est d'ailleurs dû à cet engouement, qui a conduit à créer une catégorie autour de ces services. Dans ce travail, deux indicateurs ont été choisis, en fonction des données disponibles, à savoir : le service de pollinisation et le stockage de carbone.

Concernant la pollinisation, elle est décrite comme un service majeur que nous retirons de la biodiversité : en effet, l'agriculture mondiale est utilisée en partie pour l'alimentation humaine et le service qu'elle procure touche la sécurité alimentaire, puisqu'au moins 10% de la production agricole mondiale est concernée (Hufty, 2017). En monétarisant ce service, les experts estiment que le service de pollinisation atteint entre 150 à 300 milliards de francs (Hufty, 2017). De plus, $\frac{3}{4}$ des plantes sont dépendantes de la pollinisation pour se reproduire (Ruiz, 2014). En effet, 84% des cultures seraient dépendantes des 100'000 espèces d'insectes pollinisateurs (papillons, guêpes, bourdons...). En conséquence, très peu de végétaux pourraient se passer de la pollinisation (Hufty, 2017).

Toutefois, des événements inhabituels se sont produits depuis quelques années, à savoir la perte de colonies d'abeilles et ce, un peu partout dans le monde. Si les abeilles ne sont pas les seuls pollinisateurs, elles restent indispensables : sans elles, certaines productions sont impossibles (Hufty, 2017). L'effondrement de colonies d'abeilles s'est fait ressentir dans le

⁹ 41 plantes sont concernées ainsi que « cinq mammifères, quatre oiseaux, un reptile, trois amphibiens, sept poissons, quatre mollusques, seize insectes, six crustacés, trois araignées, deux «vers», sept champignons [et] une bactérie » (Wittenberg, 2006, p.9).

monde entier : en Suisse, c'est depuis les années 2000 que ce phénomène est apparu (Hufty, 2017). Cependant, il n'y a pas qu'une seule cause qui explique l'effondrement des colonies d'abeilles, mais une multitude de pressions, lesquelles agissent comme un effet cocktail (Ruiz, 2014 ; Hufty, 2017). Il faut donc se rendre compte de la gravité de la situation et de l'importance de la pollinisation tant pour nos sociétés humaines, que pour la biodiversité. La végétation est dépendante des pollinisateurs et vice-versa : « en général, les pollinisateurs apportent d'énormes bénéfices aux plantes à fleurs, à la flore et la faune et à la société humaine » (Ruiz, 2014, p.55). A l'échelle locale, il est nécessaire de prendre conscience de l'importance des milieux qui entourent les pollinisateurs pour qu'ils puissent s'y développer et y vivre, ainsi que de leur diversité. Le manque de ressources auquel sont soumis les pollinisateurs (l'urbanisation, la fragmentation du territoire, la perte de certains milieux, les pratiques agricoles, etc.), provoque une perte de pollinisateurs. Ce phénomène peut produire des effets dévastateurs tant pour la biodiversité que pour nos sociétés humaines.

Le deuxième indicateur développé dans cette catégorie est la capacité des territoires à stocker le carbone. Les émissions de CO₂ existent depuis toujours. Cependant, depuis l'ère industrielle, nous n'avons cessé d'en émettre davantage : les principales sources d'émissions de CO₂ sont la déforestation (la décomposition des végétaux libère du CO₂) et « la combustion du carbone fossile [...] par l'industrie et les transports » (Ruiz, 2014, p.59). Le problème qui en résulte : un surplus de CO₂. Il existe différents puits de carbone qui permettent de stocker le CO₂ : les océans, la végétation et les sols. Néanmoins, ces puits de stockage ne sont pas infinis, et un excédent est chaque année relâché dans l'atmosphère. Le CO₂, un élément majeur dans les gaz à effet de serre, contribue aux changements climatiques que nous vivons actuellement (Ruiz, 2014). Dans cette optique, il est important de prendre en considération le service écosystémique « stockage du carbone » et de pouvoir au mieux changer, améliorer la gestion, les pratiques et/ou protéger les zones primordiales et/ou nécessaire au maintien de ce service.

Ces deux indicateurs facilitent la reconnaissance de l'importance de ces services et de visualiser où des efforts de maintien ou de restauration devraient être effectués. De plus, les services écosystémiques fournissent un sujet de plus en plus étudié dans le monde scientifique. En conséquence, d'autres données et indicateurs pourront sans doute être disponibles dans le futur et permettre de mieux cerner la pertinence des services écosystémiques sur le territoire genevois et le besoin de les préserver.

2.2.2.4 Mesures prises en faveur de la biodiversité

Cette dernière catégorie constitue un aperçu sur les mesures prises en faveur de la biodiversité, résumé ci-après en quatre indicateurs. Premièrement, les espaces protégés sur le territoire communal et cantonal ont été sélectionnés¹⁰. L'un des objectifs de la CDB consiste dans la protection et la conservation, d'ici 2020, au moins 17% de territoire terrestre. En Suisse, ce seuil n'est de loin pas atteint. A Genève, l'un des objectifs de la Stratégie biodiversité adoptée début 2018, est de parvenir à ce seuil (DGAN, 2018). De plus en plus de milieux se dégradent et disparaissent progressivement à cause de différents types de menaces (OFEV, 2017c), comme par exemple celles expliquées dans la catégorie des pressions pesant sur la biodiversité. Ce constat a conduit la Suisse à élaborer différents types d'aires protégées qui ont chacune des critères et des règles propres (OFEV, 2017c). Même si la Suisse ne dispose pas d'une définition claire de ce qu'est un espace protégé, des aires sont appréhendées comme des zones protégées si elles sont « formellement placées sous protection par un acte d'autorité publique (p. ex. décision, plan d'affectation) » ; il faut que « leur périmètre soit clairement défini et les objectifs de protection dûment formulés » (OFEV, 2017b, p.1). La Confédération réclame aux cantons qu'ils prennent en compte les inventaires fédéraux d'aires protégées. Différentes mesures sont prises pour renforcer leur protection (DGAN, 2015). Par ailleurs, d'autres aires sont mises sous protection également à l'échelle cantonale ou communale (OFEV, 2017b). Le tableau ci-dessous récapitule les différents types d'aires protégées sur le canton de Genève (cf. Table n°2).

¹⁰ Les résultats à l'échelle communale sont une manière de voir comment sont distribués les espaces sur le territoire cantonal, même s'ils vont peu bouger à ce niveau.

Table n°2 : Tableau récapitulatif des différents milieux protégés présents à Genève

Types d'aires protégés	Commentaires
Convention Ramsar	Protège les espaces humides, avec un point focal sur les habitats pour les oiseaux d'eau (OFEV, 2017c) et ces aires sont définies d'aires d'importance internationale (OFEV, 2017b)
Inventaire fédéral des paysages et des monuments naturels de signification nationale	Inventaire qui répertorie « des paysages à préserver et des monuments naturels d'importance nationale » (SITG, 2017b)
Inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale	Inventaire qui répertorie les zones alluviales suivant un certain nombre de critères, tels que l'aire ou le type de recouvrement (SITG, 2017d)
Inventaire fédéral des sites de reproduction des batraciens fixes	Au vu de la grande menace pesant sur les espèces de batraciens en Suisse (presque tous sur listes rouges), les habitats propices à ces espèces ont été mis sous protection. ¹¹
Inventaire fédéral des prairies et pâturages secs	En danger, ces milieux singuliers dans les espèces qu'ils abritent sont importants à protéger : « en Suisse, près de 90 % des prairies et des pâturages secs ont disparu depuis la fin du XIXème siècle. » (SITG, 2017c)
Inventaire fédéral des bas-marais d'importance nationale	Espaces regroupant « une biocénose composée de plantes et d'animaux étroitement liés les uns aux autres et parmi lesquels se trouve un grand nombre d'espèces menacées » (SITG, 2017a)
Réserves naturelles et plans de site	Répertorie les espaces naturels « bénéficiant d'une protection légale en faveur de la nature » (SITG, 2017e) définis en fonction d'inventaires nationaux, cantonaux et d'avis d'experts. Ces deux types d'espaces sont définis en fonction du règlement sur la protection du paysage, des milieux naturels et de la flore (RPPMF, L 4 05.11) et de la loi sur la protection des monuments, de la nature et des sites (LPMNS, L 4 05).

De plus, en Suisse, des mesures sont aussi adoptées à propos des surfaces agricoles et des prairies. Il s'agit des surfaces de promotion de la biodiversité (SPB). Elles sont définies comme telles car étant « exploitées de manière extensive » (mise en jachère, prairies, haies, etc.) (OFEV, 2017f) et sont développées en zone agricole. Ces surfaces sont bénéfiques pour la biodiversité, car elles mettent à disposition des habitats vitaux pour les espèces vivants en zone agricole et atténuent la menace d'extension de certaines espèces dans ces zones. A cet effet, leur niveau de qualité en terme de biodiversité est considéré comme élevé (République et canton de Genève, 2018). Les SPB sont sous la responsabilité de chaque canton (même si les rétributions se font par la Confédération) et font partie des mesures destinées à « favoriser la diversité des espèces indigènes » (OFEV, 2015b). L'introduction de ces surfaces facilite également l'amélioration de « la diversité paysagère » et la conservation « des portions de

¹¹ Cette donnée au niveau cantonale référence désormais également l'Inventaire fédéral des sites de reproduction des batraciens itinérants et la proposition de périmètre OBAT 2010-2011 (SITG, 2018d).

paysages cultivés tels qu'ils se sont constitués au fil des siècles » (OFEV, 2017f). Pour avoir conservé certaines de leur parcelle, les exploitants peuvent bénéficier des rétributions sous certaines conditions. En Suisse, le nombre de parcelles devenues des surfaces de promotion de la biodiversité représentaient, en 2016, 16% de toutes les surfaces agricoles existantes (OFEV, 2017f). Cependant, certaines lacunes subsistent, comme des erreurs dans l'emplacement de ces parcelles, dans la création de réseaux de ces parcelles (à noter que si elles sont bien réalisées, le déplacement d'espèces devient possible), ou des surfaces de promotion qui n'ont pas encore « la qualité écologique requises » (OFEV, 2017f). Cet indicateur offre une vision des efforts consentis.

Pour mettre en place toutes les mesures existant sur le terrain, un besoin financier se fait sentir. Les investissements en faveur la biodiversité restent primordiaux : évaluer les moyens mis en place pour arriver à développer des projets. Un indicateur semblable a été développé en France visant à estimer l'implication financière au niveau du pays pour la biodiversité. Cet indicateur prend en compte trois catégories de dépenses : d'abord, la « gestion des espaces et des espèces » (c'est-à-dire tout ce qui incite à la préservation du vivant faunistique et floristique, la restauration, etc.), ensuite les mesures pour réduire les pressions (évaluation des actions pour réparer les pressions faites sur la biodiversité : ex. les mesures agro-environnementales, les passages à faune sur les routes, etc.) et enfin « la connaissance de la biodiversité et des paysages » (il s'agit ici de toutes les actions entreprises pour obtenir de nouvelles données/connaissances sur la biodiversité : inventaires, expertises, etc.). Ce que cet indicateur néglige : toutes les mesures d'entretien des espaces verts le long des routes, ainsi que la création des équipements de loisirs (infrastructures sportives, gazon de foot, etc.) et la restauration et/ou la protection de paysage urbanisé (ONB, 2018).

Enfin, tous les indicateurs développés concernent directement la biodiversité ou les professionnels des milieux. Il est intéressant de disposer d'un indicateur qui sorte de ces catégories et évalue comment l'information sur la biodiversité est émise au-delà des spécialistes. Pour cette raison, le choix s'est porté sur un indicateur recensant tous les programmes de sensibilisation. Avant 2010, l'Union Européenne avait élaboré un indicateur semblable. Le but était de déterminer comment la population se sentait sensibilisée à la question de la biodiversité. On lui demandait par exemple combien de fois elle allait dans des parcs, ou comment elle se sentait concernée par les questions de conservation de biodiversité (European Environment Agency, 2007). Dans ce contexte-là, c'est l'opinion publique qui était évaluée. Compte tenu du temps alloué à ce travail, le choix s'est porté sur un indicateur qui mesure l'offre de programmes de sensibilisation pour la population lancéenne. A long terme, il pourra être intéressant de mener une étude sur l'opinion publique à propos de sa vision sur la biodiversité de Lancy. De même pourquoi ne pas étudier si la population est consciente et sensibilisée à cette question-là. Il sera aussi avantageux de disposer d'un suivi soutenu sur la fréquence de popularité des programmes et activités de sensibilisation.

Le tableau ci-dessous (cf. Table n°3) résume tous les indicateurs mentionnés auparavant, avec les sources de données correspondantes.

Table n°3 : Catégorisation des indicateurs et sources de données

Catégorie	Indicateur	Source des données
Qualité	<i>Richesse des espèces</i>	DGAN et InfoFlora
	<i>Listes rouges</i>	CCOKOF, CSCF, Station ornithologique, Karch et InfoFlora
	<i>Corridors de passage à faune (Trames vertes/bleues/jaunes)</i>	SITG
	<i>Diversité des milieux</i>	GE21
Menaces	<i>Espèces invasives</i>	InfoFlora
	<i>Fragmentation des milieux</i>	GE21
	<i>Pollution lumineuse</i>	SITG
	<i>Pollution sonore</i>	OFEV (sonBASE)
	<i>Pollution diffuse agricole (Azote et phosphore)</i>	E. Honeck (Travail de master du MUSE)
	<i>Imperméabilisation des sols</i>	SITG
Bénéfices	<i>Service de pollinisation</i>	V. Ruiz (Travail de master du MUSE)
	<i>Stockage du carbone</i>	V. Ruiz (Travail de master du MUSE)
Mesures	<i>Espaces protégés</i>	SITG
	<i>Surface de promotion de la biodiversité (SPB)</i>	SITG
	<i>Quantifier les investissements sur la biodiversité</i>	Données communales
	<i>Programmes de sensibilisation</i>	Données communales

2.3 Rencontre avec les autorités : méthode itérative

Après avoir sélectionné tous ces indicateurs, il a paru fondamental de confronter ces choix avec la réalité sur le terrain. Dès lors, plusieurs rencontres ont eu lieu avec les autorités communales et/ou cantonales, afin de développer des indicateurs cohérents avec ce qui était réalisé ailleurs. Trois réunions se sont déroulées avec des représentants du Service de l'Environnement de la ville de Lancy. Une présentation avec le groupe GE21 a permis de faire connaître le projet. Enfin, une rencontre avec le Service de l'Environnement de la ville de Lancy, des représentants de la DGAN et de CJB a pu être réalisée en fin de projet. Ces rendez-vous ont permis de valider les données utilisées pour obtenir des indicateurs les plus complets et adéquats. Ces initiatives ont également permis de bien cerner toutes les sources de données possibles pour ne pas en oublier, et d'obtenir des données cohérentes en fonction des réalisations au niveau cantonal, dans le but de créer des indicateurs avec les mêmes données de base que celles utilisées dans le canton. Des conseils ont aussi été donnés lors de ces rencontres pour créer des indicateurs communicables et d'éviter la divulgation de données trop sensibles. En outre, ces entretiens ont débouché un suivi de l'évolution du projet, ainsi que de nouvelles interrogations, en vue d'un outil à la fois novateur et utile.

2.4 Outils utilisés

La création des indicateurs, ainsi que la réalisation du *Dashboard*, ont fait appel à un certain nombre d'outils informatiques de traitement et d'analyse de données : ce choix s'est porté en fonction de connaissances préalablement acquises. Ainsi, pour la manipulation des données spatiales, on a eu recours au logiciel ArcGIS (<http://desktop.arcgis.com/en/>). Elles ont été exportées sur le logiciel R Studio (<https://www.rstudio.com/>) pour pouvoir en dégager des statistiques, d'en créer des graphes et cartes, et enfin de développer l'interface web sous forme de *Dashboard*.

2.4.1 ArcGIS : Préparation des données spatiales

L'un des deux principaux logiciels pour modifier les données utilisées dans ce travail a été ArcGIS. En raison des données très lourdes, il a fallu les simplifier, mais également utiliser certains outils pour ajouter et combiner des paramètres (en particulier pour relier les données des communes avec les données utilisées).

Pour toutes les données *shapefile* de type polygones, un *Modelbuilder* a servi pour intersecter la couche des communes du canton de Genève (CAD_COMMUNE en provenance de la base de données du SITG) avec toutes les données utilisées pour ce travail. Pour éviter de réitérer une intersection sur chacune des couches, l'outil *Modelbuilder* s'est révélé fort précieux pour automatiser le procédé, et un itérateur a été ajouté dans ce modèle pour faire tourner le modèle N fois en fonction des N couches existantes en entrée (cf. Figure n°5).

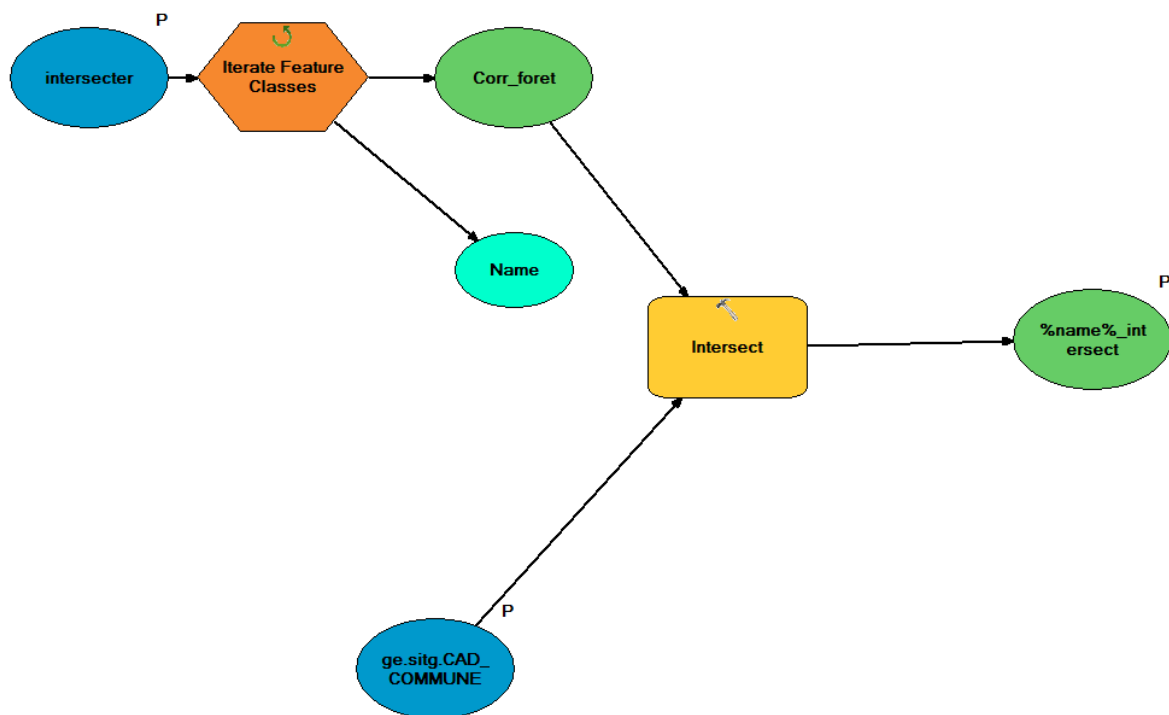


Figure n°5 : Modelbuilder pour les données intersectées avec les communes de Genève

De plus, l'usage d'autres outils s'est révélé nécessaire à plusieurs reprises lors de ce travail. Un résumé de chacun d'eux est produit dans le tableau ci-dessous (cf. Table n°4) pour éviter toute redondance. Ces outils ont donc tous été utiles pour préparer les données puis les utiliser dans le logiciel R.

Table n°4 : Tableau répertoriant les principaux outils utilisés dans ArcGIS

Outils	Utilisation
<i>Intersect</i>	Cet outil permet de créer une intersection entre deux couches vectorielles qui se superposent. Les tables attributaires vont alors se synthétiser ensemble en fonction des éléments qui se superposent et en sortir une nouvelle couche avec les attributs qui se recouvrent. Cet outil a été utilisé pour coupler les couches vectorielles avec la couche des communes (CAD_COMMUNE) du SITG, et également avec la couche en quartiers du canton de Genève, en provenance du SITG (GEO_GIREC).
<i>Extract by Mask</i>	Utilisé sur une couche raster, cet outil permet, en superposant une autre couche par-dessus la première, d'extraire les éléments de la couche raster qui se superpose avec la deuxième couche.
<i>Erase</i>	Cet outil utilisé sur des données vectorielles permet de superposer deux couches et d'effacer les éléments géométriques qui s'empilent.
<i>Resample</i>	Utilisé sur des données raster, cet outil permet de changer la résolution de la couche en entrée, en changeant donc la taille des pixels en sortie.
<i>Dissolve</i>	Utilisé dans ce travail pour diminuer la taille des couches et les projeter plus facilement, cet outil, utile sur des données vectorielles, a permis de simplifier le nombre de polygones en fonction d'un ou plusieurs attributs de la couche de départ.

Outils	Utilisation
<i>Simplify et Generalization</i>	Ces deux outils ont également été utilisés pour réduire la taille des couches vectorielles. L'outil <i>simplify</i> permet de supprimer les éléments superflus et de garder la forme globale de base. L'outil <i>generalization</i> permet de simplifier « les entités en entrée à l'aide de la tolérance de décalage maximal spécifiée » (ArcGIS, s.d.). Les options de base ont été utilisées car l'idée était simplement d'obtenir une projection de la carte plus rapide.
<i>Raster to Polygon</i>	Cet outil a été utilisé pour transformer des données raster en données vectorielles.
<i>Polygon to Raster</i>	Cet outil est l'effet inverse de l'outil précédent, permettant ainsi de convertir des données vectorielles en raster.
<i>Project et Raster Project</i>	Les données de base utilisées étant toutes projetées selon le système suisse « CH1903+_LV95 », il a fallu changer la projection (en « GCS_WGS_1984 ») de toutes les couches (vectorielles comme raster), pour les rendre projetables dans R.

Certaines données ont également été retravaillées via Excel, pour créer des tableaux dynamiques croisés. En effet, Excel s'est révélé judicieux pour ne garder que les tables d'attributs, quand les données spatiales n'étaient pas utiles – comme par exemple lorsque les données n'allaient être utilisées que pour la création de graphiques et non pour des représentations cartographiques. Cela a permis de réduire encore la taille des données et d'éviter de finir avec des données trop lourdes, ce qui, on le verra par la suite, a pu poser problème lors de l'élaboration du *Dashboard*. Cette procédure, ainsi que l'explication complète de la construction de chaque indicateur, sont résumées en annexe (cf. Construction des indicateurs).

2.4.2 R : Analyse des données statistiques et projection des données spatiales

En vue de réaliser toutes les procédures graphiques et cartographiques, ainsi que pour manipuler les données spatiales, l'utilisation du logiciel R Studio et quatre paquets principaux ont été nécessaires.

Tout d'abord, étant donné qu'il s'agissait pour la majorité de données spatiales, des paquets destinés à importer des données raster et vectorielles ont dû être téléchargés. Ainsi, le paquet *raster* a été utilisé en vue d'introduire les données raster et de permettre certaines représentations graphiques de ce type de données. En effet, l'utilisation de ce paquet a, par exemple, rendu possible la création de *boxplots* à partir de ces données raster.

Concernant les données *shapefile*, elles ont nécessité l'utilisation de plusieurs paquets, en particulier celui nommé *rgdal* pour importer des données vectorielles dans R. Les graphiques des données des *shapefile* ont été réalisés avec le paquet *plotly* (<https://plot.ly/>). Ce dernier a facilité la production de différents types de graphes, tels que des diagrammes en barres, des *boxplot* ou encore des graphiques en secteurs. De plus, il présente l'avantage d'offrir la création de graphiques interactifs (zoom, déplacement sur le graphique, etc.).

Finalement, pour pouvoir représenter cartographiquement les données spatiales, on a eu recours au paquet *leaflet* (<https://rstudio.github.io/leaflet/>). Ce paquet donne la possibilité de

projeter des éléments spatiaux tels que des *shapefile* et *raster*. Cependant, *leaflet* utilise le système de projection WGS 84 (GCS_WGS_1984), ce qui a nécessité la transformation du système de projection de chaque couche – qui possédait le système de coordonnées suisse (CH1903+_LV95) – dans ArcGIS, afin d’obtenir des cartes avec une projection comparable à l’extension utilisée.

2.4.3 Construction de l’outil Dashboard

2.4.3.1 Shiny et Shiny Dashboard

Le choix de l’outil assurant le développement d’une plateforme web s’est à nouveau arrêté sur le logiciel R Studio. Deux paquets ont été nécessaires, à savoir *Shiny* (<https://shiny.rstudio.com/>) et *Shiny Dashboard* (<https://rstudio.github.io/shinyDashboard/>). L’avantage de ces packages réside dans le fait qu’ils offrent l’élaboration d’une interface web grâce à des fonctions dans R, lesquelles appellent du langage HTML. Il n’est donc pas impératif de connaître ce type de langage pour créer une plateforme avec ces extensions. Il semble plus aisé de les utiliser si l’on débute dans la programmation et le développement de plateforme web.

Un autre avantage de ces paquets est que l’on n’est pas obligé de mettre en ligne la plateforme web et de passer par un serveur pour obtenir les résultats. En effet, en travaillant en local sur R Studio, c’est l’ordinateur sur lequel on travaille qui fait office de serveur et qui fait tourner les scripts. Dès lors, cet avantage permet de garder les données et les scripts en local et, le moment venu, de les mettre en ligne. Par ailleurs, *Shiny* propose soit des serveurs professionnels (payants), soit la possibilité de développer nos plateformes sur un serveur en ligne, et ce gratuitement. Enfin, il est aussi possible d’élaborer son propre serveur et d’y déposer sa plateforme (Grolemund, 2015).

En résumé, *Shiny* est le paquet de base qui offre le développement d’une interface web et *Shiny Dashboard* est une extension de ce paquet produisant des plateformes sous forme de tableau de bord. Cette extension a par conséquent été choisie pour apporter les spécificités nécessaires à l’élaboration d’une interface web sous forme de *Dashboard*.

Avant toutes choses, il a néanmoins fallu récupérer les données désirées, les transformer dans ArcGIS avec les outils présentés précédemment, puis les intégrer à R Studio. Ensuite, grâce aux extensions *Shiny* et *Shiny Dashboard*, il a été possible de les présenter sous différentes formes.

De manière générale, dans *Shiny*, deux tâches ont dû être effectuées : il a fallu développer dans son script une interface d’utilisateur et une page d’instructions au serveur. Ces deux éléments peuvent soit être produits dans le même script R, soit dans deux scripts différents. Dans tous les cas, la présence de ces deux éléments est impérative, sinon l’interface web ne peut être lancée. L’exemple ci-dessous (cf. Figure n°6) montre les éléments de base pour *Shiny* : ici l’interface d’utilisateur et les fonctions du serveur sont développées sur la même page R (Grolemund, 2015).

```
library(shiny)

# Développement sur la même page R
ui <- ...

server <- ...

shinyApp(ui = ui, server = server)
```

Figure n°6 : Présentation d'un script de base dans Shiny

L'interface de l'utilisateur consiste en ce qui fait office de page HTML et les instructions au serveur permettent de lui indiquer ce qu'il doit faire lorsque les clients interagissent avec la page web. Des interactions existent entre ces deux parties, en ayant d'un côté des *inputs* (sur l'interface client) et de l'autre des *outputs* (sur le serveur). Les *inputs* sont tous les éléments que le client peut changer, demander, sélectionner, etc. Tandis que les *outputs* consistent aux réponses aux *inputs*, disponibles par l'utilisateur sous forme, par exemple, de graphiques, d'images ou encore de cartes (Grolemund, 2015). Les deux éléments sont donc reliés : l'*output* va changer en fonction des modifications faites sur l'*input*. Il s'agit dès lors d'une « chaîne de dépendance » entre les *inputs* et les *outputs* (Bati et Guyader, 2015, p.1).

Afin de relier les *inputs* aux *outputs*, il est nécessaire d'ajouter un nom par objet (un identifiant d'objet unique), et ensuite d'introduire la fonction que l'on souhaite pour produire l'objet que l'on désire créer. Il est ainsi possible de développer des graphiques, des cartes, mais également de sélectionner certaines données à montrer (par exemple en choisissant un attribut à élaborer sous forme graphique). Le but étant d'en faire sortir un outil réactif (Grolemund, 2015).

Enfin, il est possible de modifier l'apparence de l'interface. La partie interface de l'utilisateur étant ce qui génère la page HTML, il suffira d'appeler des fonctions préprogrammées dans R, qui vont appeler du langage HTML. Comme évoqué précédemment, il n'est pas nécessaire de connaître du langage HTML, puisque *Shiny* contient ses propres fonctions qui permettent de le faire. Cependant, il y a, si on le souhaite, une fonction dans *Shiny* qui peut introduire directement du langage HTML ; il s'agit de la fonction « HTML » (Grolemund, 2015).

Grâce aux fonctions de *Shiny*, il est ainsi possible d'ajouter différents contenus (vidéo, image, etc.), de modifier le style, de créer des onglets ou la disposition du contenu, etc. Une multitude de choix existe dans *Shiny* pour créer une interface web, dans le but de mettre à disposition des outils qui soient réactifs et évolutifs.

Le style peut également être modifié, et les mêmes options que celles des pages HTML ordinaires s'appliquent. Il est possible soit de développer le style directement dans le script de

l'interface de l'utilisateur, soit de créer une page CSS et de la lier au script R. Pour ce faire, il faut qu'elle soit placée dans un dossier appelé « WWW » : *Shiny* reconnaîtra ce dossier et pourra y lire le style. Dans ce dossier, d'autres éléments doivent également être intégrés, à savoir tous les documents que l'on va télécharger depuis l'interface de l'utilisateur tels que les images, vidéos et script CSS. Ce dossier consiste en un chemin que *Shiny* comprend comme pouvant intégrer ce type de fichiers, ainsi il peut le lire (Grolemund, 2015).

En résumé, cette première partie permet de comprendre le fonctionnement de *Shiny* et de ses principaux éléments. Il est maintenant intéressant de se pencher sur son extension, à savoir *Shiny Dashboard*. La conception sous forme de *Dashboard* devient possible.

2.4.3.2 Explication des éléments principaux du script *Shiny Dashboard*

Dans l'ensemble, *Shiny Dashboard* fonctionne de façon similaire à *Shiny* dans sa manière d'opérer, puisque c'est son extension. Cependant, certains éléments supplémentaires sont disponibles et vont être expliqués dans cette partie.

Les différences principales se situent dans l'interface de l'utilisateur. En effet, la partie d'instructions au serveur ne change pas. Le package *Shiny Dashboard* donne la possibilité de développer une interface sous forme de tableau de bord, c'est donc les options d'apparence qui diffèrent majoritairement.

Le script de base de l'interface de l'utilisateur, dans la conception de *Shiny Dashboard*, est constitué de trois parties (cf. Figure n°7). La première ligne de l'interface de l'utilisateur (*DashboardPage*) offre d'ouvrir une interface de type tableau de bord. La seconde crée une barre d'en-tête, la suivante produit une barre latérale (pour y ajouter par la suite des onglets) et enfin la dernière ligne est la page centrale qui s'occupera de la projection des résultats, des *output* (Chang, 2015). Sur la figure n°8, il est possible de voir le résultat du script de base de *Shiny Dashboard* lorsqu'on lance l'application.

```
library(shiny)
library(shinyDashboard)

ui <- DashboardPage(
  DashboardHeader(),
  DashboardSidebar(),
  DashboardBody()
)

server <- function(input, output) {
}

shinyApp(ui, server)
```

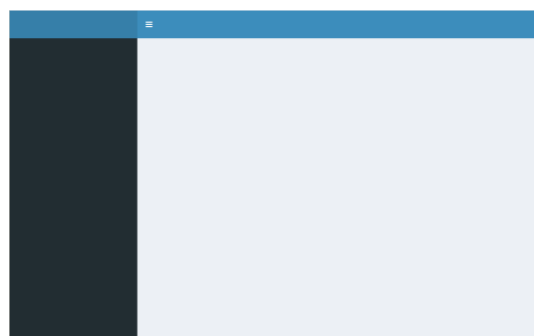


Figure n°7 : Présentation d'un script de base dans *Shiny Dashboard*

Figure n°8 : Interface de base de *Shiny Dashboard*

L'en-tête rend possible d'ajouter un titre, mais également des boutons facilitant la création de menus déroulants. Des notifications ou encore des barres de progression peuvent être introduites, par exemple si l'on veut ajouter des éléments en temps réel. La barre latérale a, quant à elle, pour but d'améliorer la navigation, puisqu'il est possible par exemple d'incorporer des onglets disposés à créer des nouvelles pages de corps. De la sorte, il faut créer un nom d'onglet et l'introduire dans la partie du corps de l'interface. Une réactivité est ainsi possible, puisqu'une nouvelle page se crée grâce à cet ajout. Il est également possible d'ajouter des *inputs* dans la barre latérale, qui dans la partie du serveur appelle un *output* (comme par exemple des barres de recherche). Ainsi, dans ces deux parties du script, il est déjà possible d'intégrer des éléments de réactivité (R Studio, 2014).

La ligne *DashboardBody* constitue le corps de l'interface ; c'est dans cette partie qu'en général un grand nombre d'éléments *inputs* vont être produits. Il s'agira de la partie de l'interface de l'utilisateur comprenant le plus d'éléments (Chang, 2015). Les mêmes éléments que ceux produits dans *Shiny* peuvent être proposés : graphiques, cartes, texte, images, etc. Cependant, étant donné qu'il s'agit d'une interface de type tableau de bord, des éléments graphiques ont été spécialement développés dans ce paquet. Il s'agit, tout d'abord, de « boîtes » permettant d'intégrer n'importe quelles données, telles que des graphiques par exemple. Ces boîtes structurent la visualisation et la lecture des données. Elles peuvent également être répertoriées sous forme d'onglets, ce qui offre la possibilité de jongler entre différents contenus. Enfin, des boîtes de valeurs peuvent être élaborées pour visualiser une seule valeur, telle qu'un pourcentage, un montant, etc. Tous ces éléments améliorent la structuration du *Dashboard* et offrent la possibilité de sélectionner l'information la plus utile (R Studio, 2014).

Concernant la disposition du contenu, il est possible dans *Shiny Dashboard* de créer des colonnes et des lignes pour choisir la disposition des données et structurer son travail – des fonctions semblables dans *Shiny* proposent également cela. De plus, différents paramètres existent pour développer l'apparence du *Dashboard*. Comme pour *Shiny*, il est possible d'ajouter une page de style CSS via un fichier WWW, ou de disposer le style directement dans le texte. Certaines options peuvent être activées : modifier la taille et/ou l'épaisseur de n'importe quel objet, comme par exemple celle de la barre latérale, créer des boutons de sélection ou encore laisser la possibilité de fermer et ouvrir certaines fenêtres. Enfin, des couleurs sont disponibles, ainsi que des icônes, pour rendre le tout plus attractif (R Studio, 2014).

Toutes ces informations sont destinées à la compréhension des grandes lignes de la création du *Dashboard* par *Shiny* et *Shiny Dashboard*. Les scripts complets utilisés pour ce travail se trouvent en annexe (cf. Scripts R).

3 Résultats

3.1 Résumé des principaux résultats des indicateurs pour la commune de Lancy

Cette partie récapitule les principaux résultats pour chaque catégorie d'indicateurs. En annexe se trouvent tous les éléments développés pour chaque indicateur (graphiques, cartes, etc.). Afin de ne pas surcharger le texte, au vu de l'important nombre de représentations développées, il a été choisi de ne pas tous les intégrer directement dans le texte, mais de les mettre en annexe (cf. Résultats par indicateurs).

3.1.1 *Qualité de la biodiversité*

Comme expliqué précédemment, quatre indicateurs renseignant sur la qualité de la biodiversité ont été développés. Concernant la richesse en espèces, l'indicateur présente différentes classes de faune (mammifères, oiseaux, reptiles et amphibiens et insectes) et groupes de flore (angiospermes, gymnospermes et ptéridophytes). Dans les deux cas, il y a évidemment plus d'espèces au niveau cantonal – ce qui est logique étant donné que ce sont des valeurs absolues. Cependant, il est à noter que les oiseaux incarnent la classe la plus représentée au niveau communal. Au niveau cantonal, c'est le groupe des insectes qui est le plus représenté. Pour la flore, les angiospermes sont les plus représentés à la fois pour la commune et le canton.

S'agissant des espèces sur listes rouges, les mêmes classes et groupes que pour l'indicateur précédent ont été utilisés. Les classes d'espèces sur listes rouges sont relatives en fonction du total (voir figure n°13). Les résultats de chaque groupe sont ainsi indiqués en pourcentage. Il a donc été observé que l'on comptait plus d'amphibiens et de reptiles en danger critique par rapport au total, à Lancy, qu'il n'y en a sur le canton. Il est également à noter qu'il n'y a pas d'observations d'espèces éteintes sur la commune et ce pour toutes les catégories étudiées. Cependant, il existe au total environ 18% des espèces présentes à Lancy qui sont au moins vulnérables, contre environ 25% pour le canton.

Le troisième indicateur renseigne sur la diversité des milieux : cet indicateur a été calculé sous forme d'indice de Shannon, allant de 0 (pas de diversité) à Log des 30 milieux sélectionnés, à une échelle de 50m. Les observations sont donc des carrés de 50m recouvrant tout le canton de Genève. Chaque carré a une valeur d'indice. Le but ici est de pouvoir comparer la distribution des observations entre la commune et le canton (ce qui évite d'aplatir les résultats comme ce serait le cas avec une moyenne par exemple). Ainsi, deux *boxplot* comparant la distribution de la commune et celle du canton ont été mis en place (voir figure n°14). Ceux-ci révèlent que les résultats pour Lancy semblent être distribués vers des indices un peu plus élevés que ceux du canton (la médiane est légèrement plus haute ainsi que la distribution autour de la médiane est resserrée et les 25% des résultats les plus bas ont des indices plus élevés que le canton). De plus, un graphique en barres a été réalisé en fonction des quartiers de la commune de Lancy et permet de comparer les moyennes par quartier. Au vu des résultats de ce graphique en barres et de la représentation cartographique des données, nous constatons que les quartiers proches de l'Aire sont les plus diversifiés.

Le dernier indicateur de la catégorie « Qualité de la biodiversité » sont les corridors de passage à faune. Cet indicateur a pris en considération trois types de corridors en provenance du SITG, à savoir les corridors dits jaunes (ou agricoles), regroupant « les prairies, les vergers, les cultures extensives, le maillage bocager lâche et les pelouses sèches » (SITG, 2018a), les corridors bleus (ou aquatiques) « comprenant les cours d'eau et leurs berges, ainsi que les zones humides » (SITG, 2018b) et les corridors verts (ou forestiers) identifiant « les forêts, les bois, les bosquets, le maillage bocager dense et les ripisylves » (SITG, 2018c). Un graphique en barres pour toutes les communes de Genève a été créé afin de comparer les communes dans lesquelles on dénombre le plus de corridors biologiques en surface relative. Ce type d'information ne prend de sens que s'il existe un suivi dans le temps ; afin d'observer l'évolution de ces corridors dans chaque commune et d'estimer les modifications, les pertes ou les gains de chaque corridor. Enfin, une représentation cartographique des corridors a été réalisée ; visualiser où se trouve chaque corridor sur tout le territoire du Grand Genève. Cela permet de montrer la nécessité de travailler au-delà des frontières. Il est à constater que même si la commune de Lancy ne comprend qu'une infime part de corridors biologiques (en pourcentage par rapport à sa surface), nous retrouvons de nouveau la zone autour de l'Aire comme faisant partie des corridors de forêts. Grâce aux indicateurs diversité des milieux et corridors de passage à faune, il se révèle que l'Aire et ses environs semblent être des zones d'importance en termes de qualité de la biodiversité sur le périmètre de la commune.

3.1.2 Pressions sur la biodiversité

Les menaces pesant sur la biodiversité ont été étudiées via six indicateurs. Tout d'abord, les espèces exotiques envahissantes en fonction des listes de catégorisation pour la végétation (Watch List et Black List) ont été dénombrées à l'échelle de la commune. Comme évoqué auparavant, seules les données pour les espèces de flore ont été utilisées pour élaborer cet indicateur, car ce sont les seules données disponibles actuellement (OFEV, 2017d). De plus, les données pour tout le canton n'ont pas pu être récupérées, et seuls les résultats pour Lancy ont pu être obtenus (le centre national référant à ces données n'a transmis que les données communales utiles à cet indicateur lors de la demande qui leur a été faite). En conséquent, il a fallu trouver une autre source de données pour comparer les résultats communaux, ceci afin d'avoir une échelle de comparaison. Les données au niveau national ont été utilisées, saisies depuis le site de l'OFEV. Celles-ci rendent possible une échelle de grandeur face aux résultats lancéens. Cette comparaison est loin d'être satisfaisante, car elle se limite à comparer des résultats à grande échelle avec ceux à l'échelle locale. De plus, les résultats nationaux ne sont que des observations effectuées jusqu'à 2014. Toutefois, ce sont les seules données qui ont pu être utilisées à titre comparatif. Dès lors, les résultats ne sont pas très convaincants, et la seule conclusion qui peut être dégagée est qu'en comparaison avec les observations suisses, Lancy détient un peu plus d'un tiers des espèces exotiques envahissantes de flore connues au niveau national.

Ensuite, trois indicateurs de pollution ont été produits : la pollution sonore, la pollution lumineuse et la pollution diffuse agricole. Concernant la pollution sonore, la représentation graphique a permis de montrer le pourcentage de surface de chaque commune ayant des valeurs dépassant les seuils recommandés au niveau national (60dB le jour et 50dB la nuit) en

fonction du bruit routier¹². Comme expliqué dans la méthodologie, ces pourcentages ont été définis en fonction des seuils à ne pas franchir pour ne pas atteindre la santé de l'homme. Puisqu'il n'y a pas de base juridique pour des seuils néfastes pour la faune (Villard et al., 2012), il a été décidé de faire avec les seules valeurs existantes, à savoir celles néfastes pour l'être humain. Le but est de pouvoir percevoir les zones à protéger contre le bruit, et cela pourrait soulager la pression sur certaines zones infranchissables pour les espèces. Les résultats montrent qu'environ 30% du territoire lancéen est soumis à des valeurs supérieures aux seuils recommandés de jour comme de nuit. La commune se situe ainsi dans les premières places au niveau cantonal (en calculant une surface relative par commune). La représentation cartographique de la pollution sonore offre la possibilité de pointer les lieux qui, à l'échelle cantonale et communale, sont les plus soumis au bruit routier. Ce choix permet donc de constater que la zone autour de l'Aire, considérée comme une des zones importantes selon les indicateurs de qualité de la biodiversité, est sujette à beaucoup de bruit. Même si l'on ne connaît pas de valeurs seuils pour les espèces de faune, les résultats autour de l'Aire dépassent déjà les seuils pour les êtres humains. De ce fait, il peut être envisagé que le bruit dans cette zone génère des impacts pour les espèces de faune les plus sensibles à ce type de nuisance.

S'agissant de la pollution lumineuse, peu de données sont actuellement disponibles. En effet, cette thématique est en plein boom et des travaux sont en cours à Genève pour évaluer cette question. La seule donnée disponible à ce jour est une orthophoto nocturne datant de 2013, disponible sur le SITG (Orthophotos_nocturnes_2013). Une extraction de la commune de Lancy a été menée depuis l'extracteur en ligne du SITG. Seule une représentation cartographique a pu être produite. Cette première représentation permet de visualiser que les routes sont les plus éclairées de nuit, créant de la sorte des barrières à travers le territoire de la commune, ce qui peut être problématique pour les espèces se déplaçant de nuit. Cette fois, la zone de l'Aire semble être préservée de la pollution lumineuse, même s'il serait important de disposer d'autres résultats pour valider cette conclusion. Cet indicateur est donc en construction, d'autres données devraient être disponibles au cours de cette année pour pouvoir mieux évaluer et représenter la pollution lumineuse sur le territoire communal et cantonal.

Le dernier type de pollution constitue la pollution diffuse agricole : ce sont les données de la dispersion de l'azote et du phosphore qui ont été utilisées (Honeck, 2017). Les résultats les plus élevés indiquent les endroits les plus sensibles à la pollution, car c'est là où, après la filtration, le phosphore et/ou l'azote peuvent se retrouver. Deux *boxplot* ont été créés pour représenter la dispersion des résultats de Lancy et du canton. Il a été remarqué que le territoire lancéen semble être moins sujet à des zones très sensibles à l'accumulation d'azote que le reste du territoire cantonal, cependant il y a beaucoup de valeurs extrêmes. Cette même tendance se réalise également pour le phosphore, où l'intervalle interquartile est très resserré et la médiane est plus faible que celle du canton. De plus, cet intervalle est très proche des valeurs de 0. Cette tendance semble cohérente du fait que la commune se situe presque totalement en zone urbaine. Cependant, il est intéressant de remarquer qu'il y a quand même

¹² Seul le bruit routier a été étudié pour estimer la pollution sonore, car comme vu dans la partie du choix littéraire de cet indicateur (cf. Choix théorique, page 35), le trafic routier est une des sources principales de nuisances de bruit.

certaines zones sensibles à ce type de pollution, dues au ruissellement. Au niveau de la représentation cartographique, les résultats nous conduisent à distinguer les zones où peut se concentrer la pollution, ceci avec chacune des substances mentionnées précédemment. Au niveau communal, il est à constater que ce sont les zones proches de l'Aire et du Rhône qui sont les plus sensibles à ce type de pollution. Cependant, avec ces valeurs, on ne peut pas déterminer à partir de quand une certaine dose devient un problème.

Les résultats pour l'indicateur de fragmentation des milieux, calculé sous forme d'indice à une échelle de 100m, permettent d'observer, grâce à deux *boxplot* comparant la commune et le canton, que le territoire de Lancy apparaît, dans son ensemble, plus fragmenté que le canton. La distribution des valeurs – en particulier la distribution de la médiane et de l'intervalle interquartile, resserré autour de la médiane – est plus proche des valeurs de 0 que les résultats pour le canton, indiquant ainsi une fragmentation plus importante. De plus, cet indicateur a également été représenté à l'échelle des quartiers : ceux-ci montrent que tous les quartiers sont passablement fragmentés – au vu des moyennes par quartier. Cependant, les zones proches du Rhône semblent être les moins fragmentées de la commune.

Enfin, le dernier indicateur est celui de l'imperméabilisation des sols. Ses résultats graphiques mettent en lumière que la commune constitue l'une des plus imperméables du canton – avec plus de 55% de son territoire imperméable (voir figure n°12). Les représentations cartographiques de cet indicateur ont permis d'analyser qu'à l'échelle communale, les zones autour de l'Aire et tangentes au Rhône sont les principales zones perméables de la commune. A l'échelle cantonale, les résultats sont moins clairs : en effet, la couche de base étant très lourde, il a fallu grandement simplifier la couche afin qu'elle soit projetable. De ce fait, le résultat cartographique à cette échelle ne semble pas analysable.

3.1.3 Bénéfices retirés de la biodiversité

Comme évoqué précédemment, les bénéfices donnés par la biodiversité incarnent une thématique en plein boom. De ce fait, au vu des données disponibles, actuellement uniquement deux indicateurs ont été développés. La pollinisation a été représentée par deux couches : l'abondance de pollinisateurs et la valeur économique du service de pollinisation¹³. Afin de comparer les résultats de ces couches, des *boxplot* ont été produits, pour Lancy et pour le canton dans son ensemble (représentant la distribution des résultats par pixel entre ces deux entités). Pour l'abondance des pollinisateurs, on remarque que Lancy possède une distribution de l'intervalle interquartile moins étalée et plus concentrée proche de la médiane, et qui plus est, plus proche des valeurs basses que le reste du canton. Il y aurait, à priori, une tendance à une abondance moins importante à Lancy par rapport au reste du canton. Cette même tendance se retrouve pour les résultats de la valeur économique : Lancy a quasiment toutes ces données à zéro, avec un certain nombre de valeurs extrêmes. La commune semble dès lors être un territoire moins favorable à ce type de service, en comparaison des résultats du canton.

¹³ L'abondance des pollinisateurs a été calculée sur la base de 16 espèces et la valeur économique uniquement pour l'espèce *Bombus terrestris* (Ruiz, 2014).

Deux représentations cartographiques ont également été produites pour visualiser ces résultats. Celle représentant l'abondance des pollinisateurs permet de constater que « les zones à haute abondance [...] correspondent principalement aux jachères, prairies de fauche et pépinières » (Ruiz, 2014, p.46). Les zones les plus représentées sont les espaces d'abondance moyenne qui désignent des « grandes cultures, des vignes, des vergers, des zones avoisinantes aux espaces forestiers ainsi que les zones forestières et boisées » (Ruiz, 2014, p.46). Enfin, les espaces avec les valeurs les plus faibles sont les espaces végétalisés en zones urbaines, et les endroits avec des valeurs proches ou égales à zéro représentent principalement les zones bâties.

La seconde carte offre la visualisation des endroits où la valeur économique de la pollinisation est la plus importante, ceci en fonction des types de cultures agricoles « tenant compte [...] [des] zones environnantes » (Ruiz, 2014, p.52). Sur cette carte, on constate que les zones « où se trouvent des cultures sous tunnel et des terrains incultes ou en friche » (Ruiz, 2014, p.52), des près, bois, bosquets et cultures maraîchères sont celles avec les plus hauts résultats. Les valeurs moyennes représentent principalement les vergers, enfin les espaces avec les résultats les plus bas demeurent « les cultures de céréales ou des zones sans intérêt pour la pollinisation » (Ruiz, 2014, p.53).

Le deuxième indicateur de cette catégorie est le stockage de carbone. Deux *boxplot* y ont également été développés dans le but de comparer la distribution des résultats par pixel entre la commune et le canton. Les résultats apparaissent très proches entre la commune et le canton, avec une distribution de l'intervalle interquartile très étalée autour de la médiane. La représentation cartographique permet, elle, de visualiser les résultats et de prendre conscience des zones les plus importantes en termes de capacité à stocker du carbone. En effet, il est à constater que les résultats les plus élevés se retrouvent sur les zones de forêts et boisées (Ruiz, 2014). Des valeurs élevées sont aussi relevées dans les zones végétalisées en ville (les parcs), mais aussi au bord des cours d'eau (ex. : Arve, Rhône, Aire, etc.), dans les milieux de prairies, de prairies de fauche, et de jachères. Des valeurs un peu plus basses sont distinguées principalement pour tout ce qui concerne les vergers et « coupes-lisière-forestier » (Ruiz, 2014, p.62). Enfin, les résultats les plus faibles visent les grandes cultures et les zones bâties (Ruiz, 2014).

Grâce à la représentation de ces deux indicateurs, on constate que les zones avec les plus grandes valeurs pour la commune de Lancy sont principalement celles autour des cours d'eau. Les résultats les plus hauts pour l'abondance de pollinisateurs se situent dans la zone proche du Rhône, et ceci se vérifie également pour le stockage du carbone, avec en outre des valeurs élevées aussi autour de l'Aire.

Enfin, comme dit auparavant, d'autres indicateurs devraient venir s'ajouter à cette catégorie, car plusieurs travaux sont en cours : pour le calcul et la cartographie des différents services écosystémiques sur le sol genevois. Il serait d'un grand intérêt d'évaluer et proposer d'autres indicateurs dans cette catégorie.

3.1.4 Mesures prises en faveur de la biodiversité

Quatre indicateurs ont mis en évidence une vision des mesures prises en faveur de la biodiversité. L'indicateur des espaces protégés a rendu possible l'évaluation de la surface relative par commune, identifiée comme faisant partie de ces catégories. La commune de Lancy, avec presque 6% de son territoire en espaces protégés, se situe dans les communes avec une part faible de protection de leur territoire. Les communes en queue de peloton sont également les plus urbanisées du canton, ce qui fait sens aux résultats trouvés ci-dessus. Les zones protégées de la commune de Lancy le sont par deux types d'inventaires : l'Inventaire fédéral des paysages et des monuments naturels de signification nationale et la Convention Ramsar. Au niveau cantonal, sept types de protection sont identifiées (comme expliqué dans la partie méthodologie) et grâce à un graphique en secteurs, il est possible de voir le pourcentage que représente chaque type de protection sur le territoire du canton (voir la figure n°15). La représentation cartographique permet, elle, de visualiser la localisation de chaque type de protection sur le territoire. Au niveau communal, c'est à nouveau la zone proche du Rhône qui est concernée. Cependant, la zone de l'Aire n'appartient à aucune des catégories de protection. En effet, cette zone ne fait pas partie des couches utilisées pour cet indicateur, toutefois elle est soumise à certaines restrictions, comme par exemple l'espace minimal des cours d'eau – qui prend en compte les caractéristiques dynamiques des cours d'eau et les écosystèmes alentour – qui est une indication destinée à éviter de construire autour de ces zones. Néanmoins, il serait faux d'intégrer ce type de données dans l'indicateur des espaces protégés, car cette couche ne possède pas de vrai statut de protection, mais plutôt une valeur indicative lors de la planification et l'aménagement (A Porta, communication personnelle, 13.06.2018).

En plus des aires protégées, les SPB ont permis d'identifier d'autres espaces gérés dans le but d'améliorer la biodiversité. Cet indicateur a mis en évidence qu'à Lancy, presque la totalité des prairies présentes font partie des SPB. En effet, un graphique en barre, calculant la surface de SPB en fonction de la surface totale des parcelles agricoles et des prairies pour chaque commune, a pu révéler que Lancy intégrait les communes qui ont le plus de SPB par rapport à leur surface totale de prairies et de cultures – les prairies et cultures représentant 3.75% de la commune et les SPB 3.41%. Cette représentation illustre comment les parcelles sont gérées. De plus, une carte a été créée pour visualiser où se situe chaque SPB sur le territoire du canton de Genève. Étant donné que chaque type de surface (jachère, haies, etc.) a un attribut, une option a été ajoutée pour aller questionner la carte. Ceci a été effectué dans le but de déterminer à quelle catégorie de surface chaque parcelle correspond et d'ajouter de l'information pour l'utilisateur, expert ou non.

Les deux derniers indicateurs ont offert une visualisation des mesures prises sur le périmètre de la commune avec une indication temporelle – ce sont d'ailleurs les seules données disponibles actuellement. Les investissements pour la biodiversité contiennent une liste de toutes les mesures prises pour atténuer les pressions sur la biodiversité, et ce en fonction de leur durée de vie (voir figure n°16). Cependant, une monétarisation des dépenses n'a pas pu être saisie. Les programmes de sensibilisation ont également l'avantage d'en suivre l'évolution temporelle, ce qui permet de voir comment ces programmes arrivent à vivre dans

le temps. De plus, il s'agit aussi une information apte à estimer ce qui est réalisé pour sensibiliser directement le grand public. Ainsi, une représentation temporelle de la durée des programmes a été effectuée, ainsi qu'une carte destinée à localiser le lieu de chaque programme mis en place. En outre, des liens reliant chaque programme à son site web ont été conçus pour améliorer leur visibilité.

Les résultats de ces deux indicateurs révèlent que des programmes et investissements se développent depuis 2010 et commencent peu à peu à être mis sur pied, mais qu'ils prennent sans doute plus de temps à être réalisés, en raison des coûts financiers et des ressources humaines qu'ils engendrent. Concernant les investissements, depuis 2010, des nichoirs pour oiseaux, chauves-souris et hérissons ont été mis en place (au total presque 90 nichoirs ont été posés). Différentes mesures ont été prises comme des haies vives plantées ou entretenues en conséquence, des tas de bois, de branches et de pierres ont été installés. Notons encore que les SPB, présentées dans l'indicateur précédent, font parties de ce type d'investissements que la commune a décidé d'accomplir. En outre, comme évoqué en introduction, la commune investit de plus en plus dans la production et la gestion biologique de ses espaces verts. Elle envisage d'acquérir en 2019 le label Bourgeon de Bio-Suisse. Enfin, un programme de sensibilisation a été mis en place depuis 2015, il s'agit d'un potager communal dans lequel les enfants des écoles communales sont sensibilisés. Un autre projet devrait voir le jour d'ici le printemps prochain : la mise en place d'un rucher, ayant également pour but la sensibilisation pour les écoles.

D'autres catégories d'investissements et de programmes pourraient être ajoutées dans le futur (comme par exemple les mesures prises pour gérer les espaces et les espèces, les festivals et animations en tout genre, etc.), et des données plus précises en estimations financières seraient intéressantes à acquérir pour une représentation complète de ces indicateurs.

3.1.5 Éléments généraux

Enfin, vu le nombre important d'indicateurs développés, il a paru intéressant de pouvoir tous les représenter en un seul graphique et de comparer les résultats à différentes échelles. Par conséquent, un graphique en toile d'araignée a été produit : il permet ainsi la comparaison entre plusieurs indicateurs et l'analyse des situations entre le canton et la commune de Lancy.

La difficulté d'une telle représentation réside tout d'abord dans le fait qu'il a néanmoins fallu sélectionner certains indicateurs à représenter sur ce type de graphique, et ce pour plusieurs raisons. En premier lieu, pour des questions de lisibilité des résultats, il ne semblait pas possible de représenter seize indicateurs sur le même graphique. De plus, les données n'étant pas complètes pour tous les indicateurs – certaines données à l'échelle cantonale n'étant pas disponibles – certains indicateurs ont été d'office écartés de cette représentation. Enfin, tous les indicateurs n'avaient pas le même système d'unité, il apparaissait donc compliqué de les représenter sur un seul et même graphique, avec une seule échelle de référence. Pour toutes ces raisons, seuls cinq indicateurs, exposant des surfaces relatives, ont été gardés et offrent une première représentation d'un graphique résumant plusieurs indicateurs. Il s'agit des corridors de passage à faune, des sols perméables, des zones de jour « calmes », des espaces protégés et des SPB. Les indicateurs imperméabilisation des sols et pollution sonore de jour

ont ainsi été calculés à l'envers, car il s'agissait d'avoir des résultats allant de 0% (« mauvaise situation ») à 100% (« bonne situation ») de la surface de la commune/du canton pour chaque indicateur. La figure n°18 présente le graphique de ces cinq indicateurs.

Grâce à ce graphique, nous pouvons constater que la commune de Lancy possède toujours une situation « moins bonne » que celle du canton (même si tous les résultats sont en valeurs relatives, pour ne pas biaiser les mesures avec le canton). Cependant, au niveau des SPB, la commune est proche de la situation cantonale.

Une première conclusion sur les résultats est rendue possible : les indicateurs tous seuls ne donnent pas de vision d'ensemble, ils doivent être évalués comme un tout, mais au vu des premiers résultats, cette vision ne semble pas être chose aisée. De plus, plusieurs données sont manquantes et ne permettent ainsi aucune comparaison avec les autres indicateurs. Enfin, il reste le besoin d'obtenir des données temporelles, rendant possible la comparaison de l'évolution de chaque indicateur. Une comparaison entre les indicateurs de chaque catégorie devient possible.

Cependant, à ce stade, cet outil apparaît constituer une prémisse pour élaborer un outil d'aide à la décision et apte à faire prendre connaissance et conscience de la biodiversité à l'échelle communale. En effet, il a pu être retenu que certaines zones, telles que celles du Rhône et de l'Aire, revêtent une importance pour la biodiversité de la commune, tout en étant soumises à différentes pressions. Toutefois, des résultats complémentaires observés à des échelles plus fines et obtenus par l'analyse d'autres indicateurs seraient intéressants pour déceler des spécificités à l'échelle communale et sans doute révéler des éléments non perçus dans ce travail.

3.2 Présentation du *Dashboard*

Après avoir analysé les résultats par indicateur, il semble judicieux de présenter le *Dashboard* : sa conception et sa représentation. Afin de faciliter sa visualisation, il a été mis en ligne à l'adresse suivante : <http://lsshiny1.unige.ch/lancy-dashboard/>.

Comme évoqué plus haut, grâce à l'utilisation des extensions *Shiny* et *Shiny Dashboard*, la structure désirée a pu être développée (cf. Figure n°9). Tout d'abord, une barre latérale, faisant office de menu, a été ajoutée pour permettre la catégorisation des indicateurs en fonction du modèle DPSIR. Ce menu offre une navigation entre les différentes catégories et l'option de sélectionner un-à-un les indicateurs. Lorsque l'un de ceux-ci est sélectionné, une nouvelle page s'ouvre permettant de projeter les résultats relatifs à l'indicateur en question. De plus, pour dynamiser l'outil, différents boutons ont été incorporés pour naviguer sur la plateforme de façon plus ergonomique et de rendre le tout plus réactif (cf. Figure n°10).

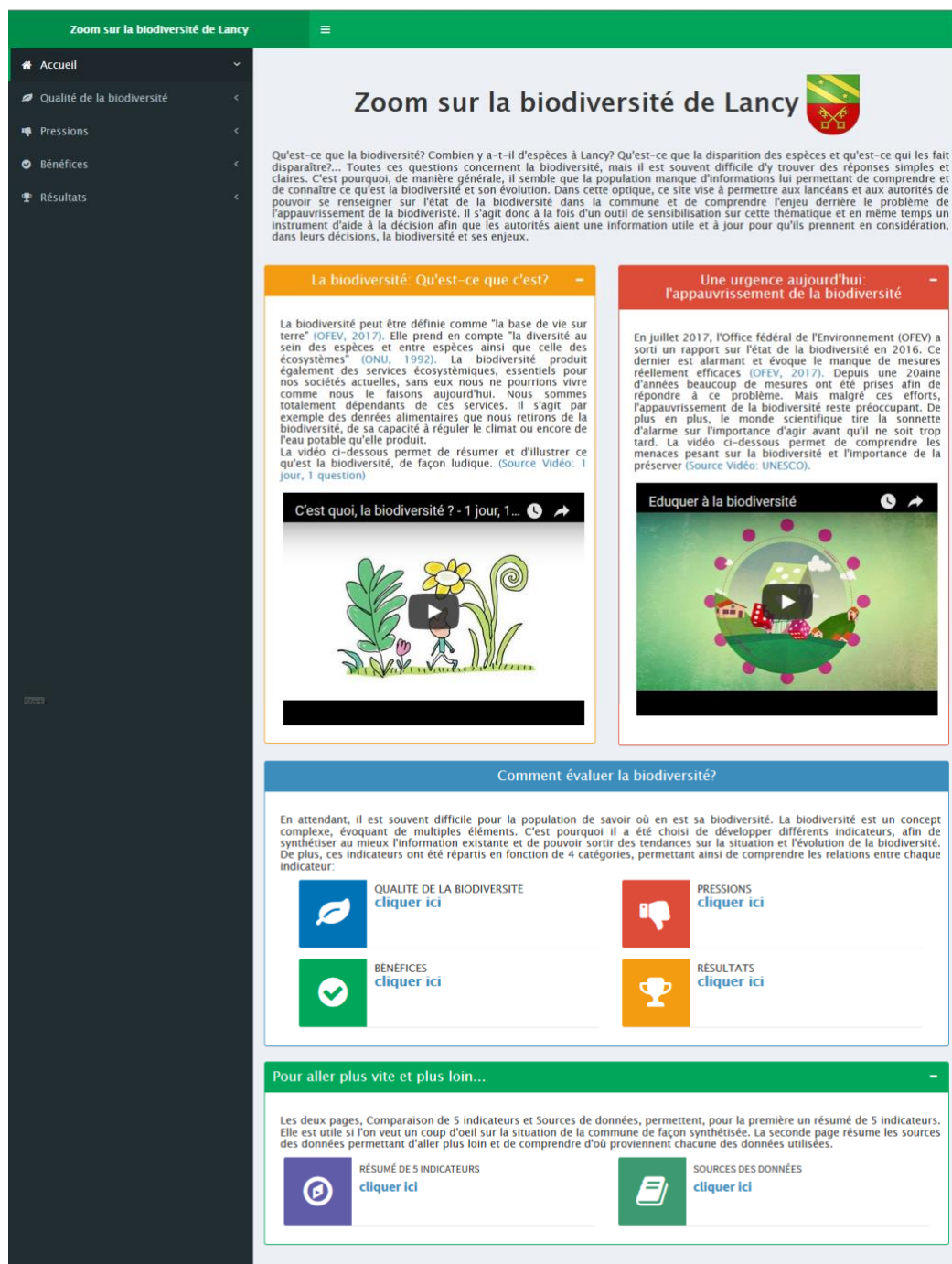


Figure n°9 : Page d'accueil du Dashboard



Figure n°10 : Exemples de boutons pour naviguer sur le Dashboard

En outre, pour rendre accessible à tout un chacun l'utilisation de cet outil, des commentaires ont dû être ajoutés pour rendre la plateforme compréhensible et permettre la justification et/ou l'explication des données et indicateurs choisis.

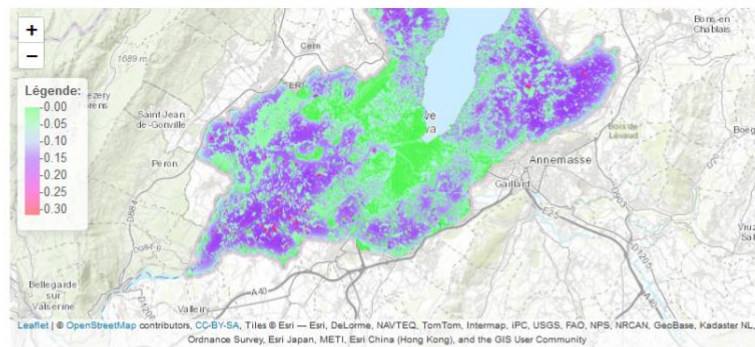
Grâce à *Shiny Dashboard*, des boîtes ont également été introduites pour catégoriser l'information et les résultats, et rendre le *Dashboard* plus intelligible (cf. Figure n°11, A). De plus, des options ont été insérées pour sélectionner ou désélectionner l'information, et assurer un usage plus intuitif de l'outil (B). Des éléments explicatifs et faisant office d'animation ont aussi été joints au *Dashboard*, comme par exemple l'ajout d'images et de vidéos destinées à compléter l'explication et rendre plus attrayante l'utilisation de cet outil pour des non-initiés (C). Des liens HTML ont également été intégrés à cette plateforme, facilitant ainsi l'accès aux sites web des sources d'information, ce qui améliore la visibilité des données de base et des sources utilisées pour ce travail (D).

Enfin, l'utilisation de l'extension *Shiny Dashboard* a rendu réalisable le développement du graphisme de cet outil. Différents éléments graphiques ont pu être ajoutés – par exemple des icônes rendant visuellement la plateforme plus attrayante – et les couleurs des différents éléments graphiques et cartographiques ont été choisies pour que l'outil soit plus attirant et pour rendre son utilisation plus attractive. Finalement, une page CSS a été créée et reliée au script du *Dashboard* afin de modifier le style de la police.

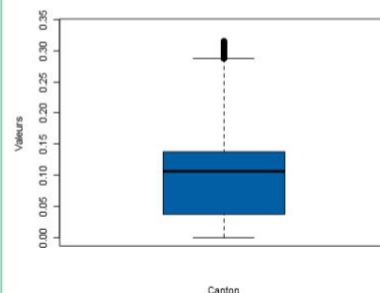
La vidéo ci-dessous permet de résumer en profondeur le problème de la disparition des colonies d'abeilles, exemple marquant de la perte des pollinisateurs (Source vidéo: [Le Monde](#)).



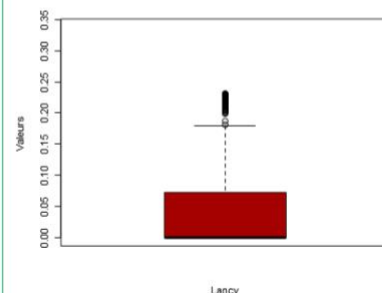
A	Abondance pollinisateurs	Valeur économique
---	--------------------------	-------------------



Résultats pour le Canton



Résultats pour Lancy



Deux représentations cartographiques ont également été produites afin de visualiser ces résultats. Les résultats les plus hauts pour l'abondance de pollinisateurs se situent dans la zone proche du Rhône. Pour la valeur économique, comme dit précédemment, presque toutes les valeurs de la commune sont à zéro, cependant certaines tâches avec des valeurs un petit peu plus élevées se distinguent légèrement, également distribuées vers les berges du Rhône.

Données: Travail de Master V. Ruiz (2014)

Indicateur suivant

Figure n°11 : Exemple d'une page web du Dashboard – Indicateur Pollinisation

3.2.1 Échelles

L'objectif de ce *Dashboard* consistant à offrir une appréciation de la biodiversité au niveau communal sans détenir de valeurs seuils pour tous les indicateurs, il a été décidé de comparer, dans certains cas, les résultats de Lancy avec ceux des autres communes du canton et/ou avec le canton dans son ensemble. Le *Modelbuilder* créé à cet effet (cf. Outils utilisé) a conduit à l'acquisition de résultats pour chaque couche, et ce par commune, ainsi qu'à la réalisation de comparaisons de manière simplifiée. Il a aussi été pensé de recréer le même type de Dashboard, adapté à n'importe quelle commune, grâce à ce processus d'automatisation.

La comparaison à différentes échelles a offert l'avantage d'une estimation de l'indicateur pour la commune et en même temps de lui laisser la possibilité de savoir où elle se situe par rapport au reste du canton. Pour certains indicateurs (diversité des milieux et fragmentation des milieux), une échelle plus fine a également été utilisée. Les données de base se présentant sous forme d'indice et recouvrant tout le territoire (il n'y avait donc pas de valeurs manquantes), il semblait intéressant de pouvoir comparer les valeurs à une échelle en-dessous de celle de la commune. C'est au niveau du quartier que ces données ont été travaillées et ont permis une représentation plus fine. Cependant, à cause de problèmes de lourdeurs de données, qui seront expliqués en détails par la suite, une échelle encore plus précise, à savoir l'échelle parcellaire, n'a pas pu être développée. Cela aurait offert la possibilité au grand public de s'interroger sur ce qui se passe dans son environnement proche et, par conséquent, de posséder un outil encore plus performant en termes de qualité des données et de capacité de comparaison.

3.2.2 Graphiques

Dans le but de représenter les données récupérées, divers graphiques ont été développés : le choix de chacun d'entre eux s'est effectué en raison de la nature des données de base et en vue de représenter une information compréhensible et la plus juste possible. Dès lors, différents graphes ont été développés : lorsque les données correspondaient à des surfaces, ce sont des graphiques en barres qui ont été privilégiés, pour comparer simplement la situation de la commune ou celle du quartier par rapport aux autres entités, comme le présente la figure n°12. On a recouru à d'autres graphiques en barres pour représenter les indicateurs dénombrant les espèces sur le territoire de la commune, comme c'est le cas sur la figure n°13 ci-dessous. Ce moyen a favorisé la comparaison des résultats de chaque groupe entre la commune et le canton (ou la Suisse, lorsque les données cantonales n'étaient pas disponibles). Dans certains cas, la comparaison avec toutes les communes de Genève aurait été trop compliquée à effectuer, compte tenu de la quantité de groupes dans chaque graphique. Par conséquent, une information cohérente aurait été difficile à dégager à partir de tous ces graphiques, c'est pourquoi, dans ces cas-là, une échelle plus grande, comme celle du canton, a été utilisée à titre de comparaison avec la commune.

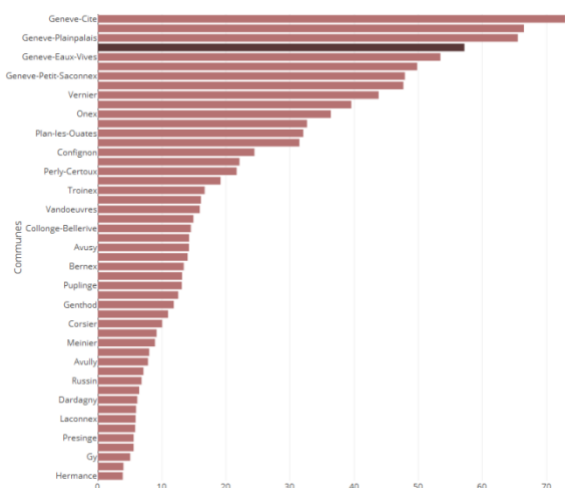


Figure n°12 : Exemple d'un graphique en barres pour des surfaces – Indicateur d'imperméabilisation des sols

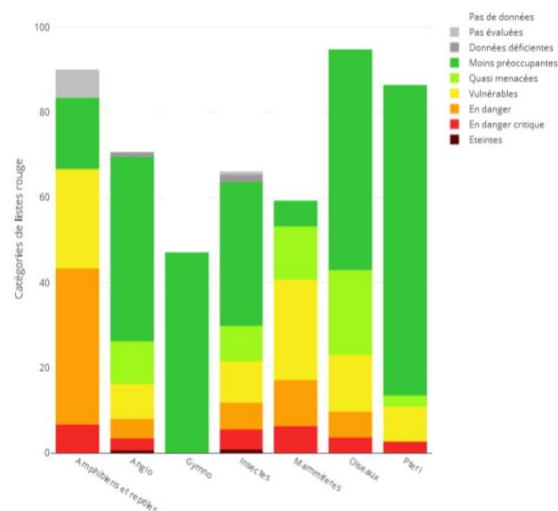


Figure n°13 : Exemple d'un graphique dénombrant des espèces – Indicateur d'espèces sur listes rouges

Pour représenter des données qui ne disposent d'aucun seuil en-dessus/en-dessous duquel certaines données sont sélectionnées (diversité des milieux, fragmentation, pollution agricole, etc.), comme par exemple des indices, des *boxplots* ont été développés pour comparer la distribution des résultats de ces indicateurs entre la commune et le canton. Là encore le choix a été de ne garder que la commune et le canton, puisque disposer d'un *boxplot* pour chacune des communes genevoises aurait rendu la lecture des résultats quasi impossible (cf. Figure n°14). De plus, cette représentation a l'avantage d'éviter de calculer une simple moyenne, laquelle aplatiserait les extrêmes et lisserait la distribution. Grâce à cette manière de faire, il est possible de distinguer les extrêmes, la médiane et la distribution de l'intervalle interquartile (à savoir la distribution des 25% et 75% des données). L'avantage des *boxplots* est qu'ils ne sont pas sensibles aux valeurs extrêmes (contrairement à la moyenne).

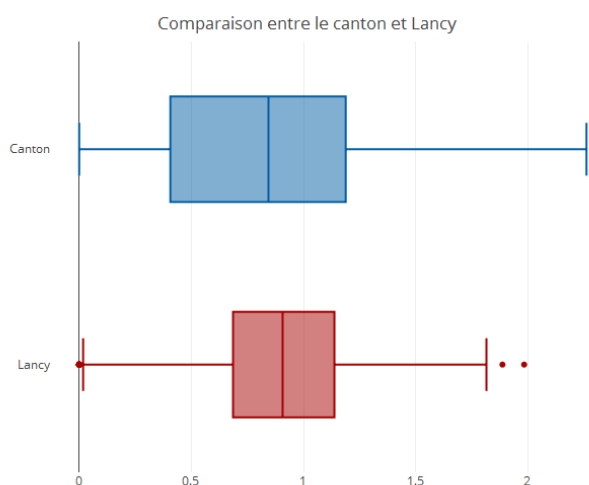


Figure n°14 : Exemple d'un boxplot – Indicateur de diversité des milieux

Des graphiques en secteurs et des graphiques en lignes ont également été créés pour obtenir une représentation visuelle d'un attribut en fonction du message à faire passer. Ceci a aussi permis, par exemple avec les graphiques en lignes, de suivre l'évolution temporelle des données. Ces représentations ont offert de varier de visualisation des résultats, rendant la plateforme plus diversifiée et plus attrayante à visiter. Des boîtes de valeurs ont été ajoutées pour résumer l'information présente dans d'autres graphiques. Ces boîtes n'apportent donc pas plus d'information que les graphiques, mais elles ont été utilisées afin de sortir de la représentation graphique, laquelle peut être compliquée à saisir pour des non-initiés, et de pouvoir néanmoins comprendre le message et interpréter rapidement et simplement les résultats.

D'autre part, comme expliqué antérieurement, compte tenu du nombre d'indicateurs, il semblait compliqué d'avoir une vue d'ensemble de tous ces indicateurs. Pour parvenir à un résumé global, plusieurs d'entre eux ont été sélectionnés et un graphique sous forme de toile d'araignée a été mis en place pour comparer les indicateurs de la commune avec les résultats du canton. Un moyen graphique simple offre, par conséquent, la présentation des résultats de plusieurs indicateurs, ce qui a l'avantage de proposer en un coup d'œil une vision résumée de la biodiversité à l'échelle communale, sans avoir à se plonger dans les graphiques de chaque indicateur.

Les figures qui suivent permettent de visualiser des exemples de graphiques qui ont été présentés précédemment (cf. Figure n°15 à 18).

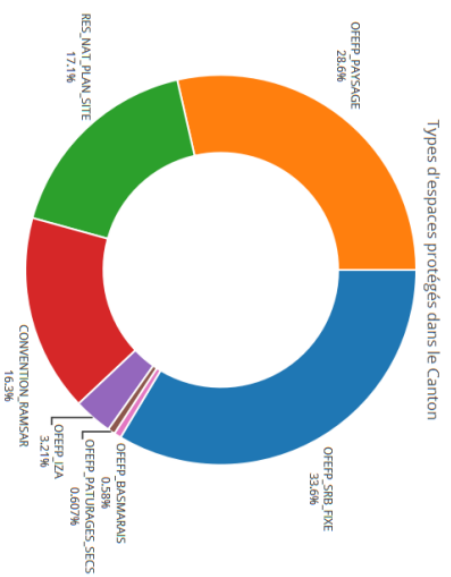


Figure n°15 : Exemple d'un graphique en secteurs – Indicateur des espaces protégés

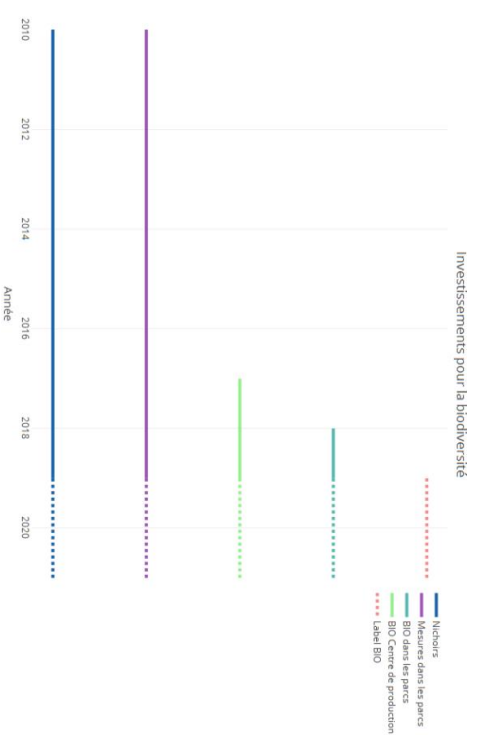


Figure n°16 : Exemple d'un graphique en ligne – Indicateur investissements pour la biodiversité



Figure n°17 : Exemple d'une boîte de valeurs – Indicateur des surfaces pour la promotion de la biodiversité

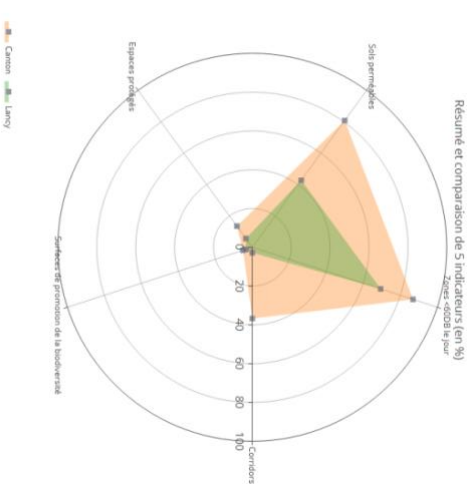


Figure n°18 : Exemple d'un graphique en toile d'araignée

3.2.3 Cartographie

Enfin, au-delà des représentations graphiques et tenant compte que presque la totalité des données à disposition contenaient des coordonnées spatiales, il semblait nécessaire et pertinent de les projeter dans R Studio. Cet ajout rend, tout d’abord, les données plus visuelles et donne du sens aux éléments graphiques développés auparavant – par exemple lorsque l’on calcule la surface imperméable d’une commune, il est intéressant et nécessaire pour les utilisateurs de savoir où se situent ces sols imperméables. De plus, grâce à l’extension utilisée (*leaflet*), les cartes sont dynamiques : il est ainsi possible de naviguer sur la carte, de zoomer, d’ajouter des informations sous forme de fenêtre, de texte et de marqueurs, que les usagers peuvent ensuite choisir de faire apparaître ou disparaître. Il est également réalisable de superposer plusieurs couches sur une seule carte et de les sélectionner une à une, ce qui laisse à l’utilisateur la possibilité de comparer les différentes couches disponibles. Par ailleurs, la légende s’adapte en fonction du contenu des couches sélectionnées, l’outil devient ainsi réactif. Pour terminer, une fonction importante consiste en la capacité d’interroger la carte, pour certaines des données *shapefile*, en cliquant sur les différents polygones présents, et de faire apparaître les attributs que l’on souhaite montrer. Un exemple est présenté ci-dessous dans le but d’illustrer ces explications (cf. Figure n°19).

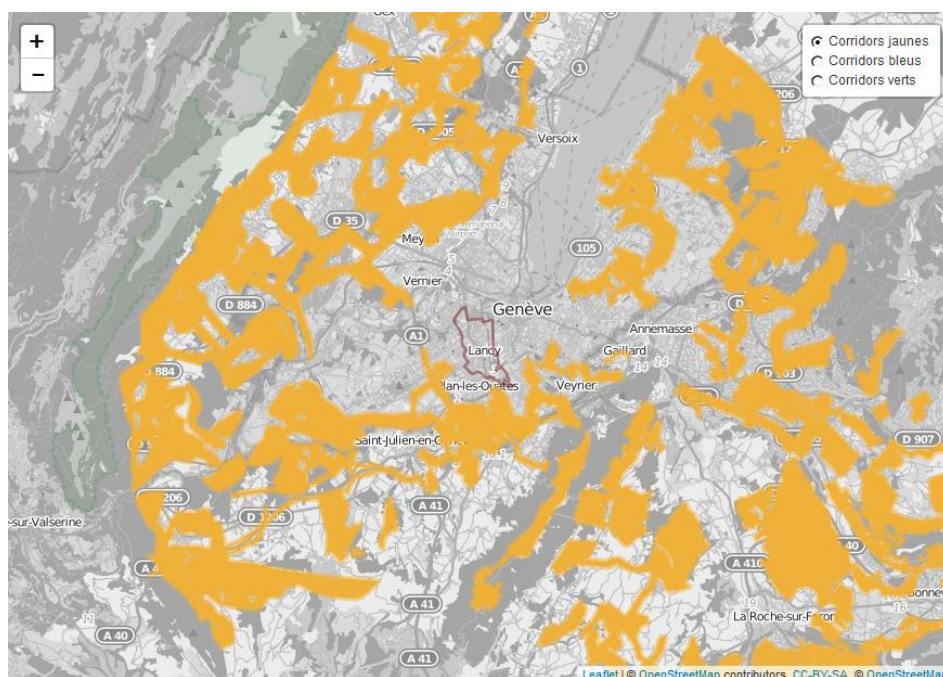


Figure n°19 : Exemple de représentation cartographique – Indicateur corridors de passage à faune

3.2.4 Problèmes rencontrés

En conclusion, il est à noter qu'un problème majeur s'est posé lors de la représentation graphique et cartographique de plusieurs des indicateurs. Les fichiers des données de base n'ont pas pu être utilisés tels quels, parce qu'ils étaient trop lourds et ne permettaient donc pas d'être projetés dans un laps de temps acceptable. Les données, qui allaient être cartographiées, ont donc été simplifiées dans ArcGIS, et transformées en raster pour les données *shapefile*, avant d'être ré-exportées dans R. Cette opération a permis de gagner en termes de temps de projection. Cependant, il a fallu jouer entre vitesse de projection et qualité du rendu, car en simplifiant, la précision de la carte est devenue moins bonne. On a constaté une perte de qualité et de données en partie. Ce problème a été constaté pour dix des onze couches représentées cartographiquement – à savoir : diversité des milieux, fragmentation, pollution sonore, pollution lumineuse, pollution diffuse agricole, imperméabilisation, pollinisation, stockage du carbone, espaces protégés et SPB. Cette complication a amené, comme évoqué antérieurement, à l'impossibilité de créer des indicateurs à l'échelle de la parcelle, en raison du problème de lourdeur identifié déjà à des échelles plus grandes. Par ailleurs, un autre problème de lenteur de projection a été observé. Lors de la création des différents types de graphiques, il a été observé que les calculs à la volée ralentissaient la projection des résultats. Dans ce cas-là, les données ont soit été simplifiées : les fichiers Excel ont été extraits des différentes couches afin de n'utiliser que les tables avec les attributs. Sinon, lorsque cela était possible, les valeurs ont directement été remplacées dans la fonction du graphique (pour les boîtes de valeurs par exemple).

4 Discussion

Après l'analyse des résultats sortis des indicateurs et du *Dashboard* en général, les trois questions de départ seront reprises. Elles vont tenter d'être interprétées et résolues, en fonction des résultats de ce travail et d'informations reprises de la littérature. De plus, de nouveaux éléments vont être apportés suite à ces conclusions.

4.1 Réponses à la question 1 :

Est-ce que le niveau d'interopérabilité des données sur la biodiversité en Suisse est suffisant pour informer les communes sur l'état de leur biodiversité ?

4.1.1 *Problèmes rencontrés*

La principale barrière rencontrée pour l'acquisition de données lors de ce travail a été de récupérer des données non disponibles directement au niveau cantonal. En effet, à Genève, via le SITG, de plus en plus de données sont en libre accès et différents acteurs se coordonnent pour partager leurs données et connaissances. Ce partage de connaissances et de données est encouragé à perdurer dans la Stratégie Biodiversité Genève 2030 (DGAN, 2018). Par ailleurs, cette stratégie met un point d'honneur à développer une approche de plus en plus participative auprès du public, comme l'illustre l'initiative FauneGenève. La stratégie vise également à enrichir le partage des données en dehors de nos frontières, dans le but de maintenir une continuité des connaissances et des données (DGAN, 2018). Mais elle souhaite aussi à améliorer le partage des données avec le grand public, en encourageant par exemple la visibilité de sa carte des milieux naturels, pour « inciter tous les acteurs du territoire cantonal à l'utiliser dans leurs activités planificatrices » (DGAN, 2018, p.86). Il est donc possible de conclure que l'interopérabilité des données est satisfaisante à l'échelle cantonale et encouragée à perdurer.

Cependant, il n'est pas du même ressort pour les données à l'échelle nationale. En effet, concernant les données d'espèces qui ont dû être récupérées via l'échelon fédéral, ce sont les centres nationaux qui en sont détenteurs. Ces données étant des éléments sensibles, il a été difficile de les acquérir. Il n'a pas été possible de les récupérer directement auprès des autorités cantonales concernées, qui en avaient déjà fait elles-mêmes une extraction, car les données d'espèces sont la propriété des centres nationaux. Par conséquent, le canton n'a pas l'autorisation de les divulguer sans un accord de la part de ces centres. Ainsi, des démarches ont dû être réalisées pour obtenir l'autorisation aux différents centres d'accéder aux données du canton. Cependant, un centre a demandé expressément d'utiliser leurs données et de ne pas employer celles retravaillées par le canton. Il s'agissait des données relatives à la flore. Celles qui ont été transmises étaient très simplifiées, ce qui a compromis une utilisation efficiente de ces dernières. Si les données du canton avaient pu être toutes récupérées, les résultats de certains indicateurs auraient pu être calculés de manière plus complète. En effet, en récupérant les données du canton, qui étaient déjà retravaillées et complétées avec les données en provenance de Faune Genève, cette manière de faire aurait offert un usage plus efficace.

De plus, même si ces données d'espèces sont considérées comme sensibles, il semblerait intéressant de rendre les sources de ces données plus visibles et de donner, potentiellement, au moins un aperçu des données existantes, ce par commune et pour tous les groupes d'espèces. En effet, ceci présenterait l'avantage pour le grand public de se faire une idée de ce que représentent ces données – même si elles ne sont pas complètes.

Au niveau de l'interopérabilité des données, il peut être conclu qu'il reste encore une perte de temps pour acquérir et retravailler les données à l'échelle nationale, en particulier pour les données pas encore disponibles à l'échelle cantonale. Au final, il faut mettre de l'énergie et prévoir du temps pour récupérer toutes les données nécessaires, et quand bien même ces données sont collectées, elles ne répondent pas toujours à l'utilisation voulue. En reprenant les éléments de notre cadre théorique, nous constatons qu'il y a au moins un niveau de l'interopérabilité des données non atteint, à savoir le niveau « légal et politique », puisque des règles font que ces données ne peuvent être partagées que par le détenteur des données base – étant donné que ces données sont sensibles. De ce fait, l'interopérabilité des données au niveau suisse ne peut pas encore être considérée comme parfaite, car il subsiste une perte de temps encore conséquente pour récupérer les données en devant jongler entre différentes échelles, et ce même à des fins scientifiques. Cela n'encourage pas l'utilisation de telles données. En conséquence, il y a potentiellement de l'information qui n'est pas ou peu étudiée, en raison de ce manque d'interopérabilité. Ce problème peut ainsi influencer la connaissance sur la biodiversité et provoquer un impact éventuel sur les mesures prises à ce sujet.

4.1.2 Solutions proposées

Une idée pour simplifier ce processus et développer une meilleure interopérabilité des données serait de remettre au canton la possibilité de partager les données qu'il aurait récupérées de ces centres et qu'il aurait retravaillées. Par ailleurs, comme expliqué dans le cadre théorique, le canton de Genève a développé une plateforme Faune Genève, permettant aux utilisateurs d'ajouter des observations d'espèces. Ces observations, une fois validées par des spécialistes, sont ajoutées aux données des centres nationaux. Ainsi, le canton a en sa possession des données à jour et complétées avec sa propre source de données. Le fait de donner la responsabilité au canton éviterait de devoir passer du temps à contacter les centres nationaux, faciliterait la récupération des données à jour et laisserait éventuellement la possibilité de développer plus d'indicateurs avec toutes les données disponibles. Évidemment, toutes les données ne pourraient sans doute pas être divulguées à n'importe qui, mais dans le cadre des projets scientifiques par exemple, cette option offrirait un gain de temps et une possibilité non négligeable pour obtenir des données plus complètes.

Une autre option envisagée, pour maintenir la légitimité des détenteurs de ces données au niveau suisse et au vu de la sensibilité des données en question, serait de créer des *web-services* que chaque canton et commune, ainsi que la communauté scientifique, pourrait détenir. Le terme de *web-services* peut se définir comme « une application (un programme) mise à disposition sur Internet par un fournisseur de service, et accessible par les clients à travers des protocoles Internet standards » (Kellert et Toumani, 2003, p.2). Ce type de services assure une interopérabilité des données. Ces systèmes offrent un programme apte à

rassembler et partager les données des acteurs concernés. Cet avantage évite de devoir passer par différents canaux indépendants les uns des autres. De fait, les canaux existants resteraient indépendants, mais ces systèmes offriraient une coopération entre chaque entité. Cependant, coupler les différents canaux à relier nécessiterait un certain niveau de standardisation (données de même types, mise à jour, etc.) (Horak et al., 2008). Ce type de services existe par exemple dans plusieurs domaines tels que « les prévisions météorologiques » ou encore « la réservation de voyage en ligne » (Kellert et Toumani, 2003, p.2). Dans le domaine de la géomatique, des interfaces de programmation applicative (API en anglais), tel que l'API ArcGIS d'Esri, permettent via des *web-services* de travailler avec d'autres systèmes. Cela offre la possibilité d'intégrer des données d'une machine à une autre. Dans le cas de l'API ArcGIS, utilisée entre autres par le SITG, il est possible de faire des requêtes depuis une autre machine à travers ArcGIS, et ainsi d'intégrer de la donnée tout en respectant les principes de l'interopérabilité (Esri France, 2018 ; SITG 2018e). L'idée derrière ces types de systèmes est d'automatiser certains processus, tels que le partage de données, mais aussi d'améliorer l'interopérabilité des données intégrées à ces systèmes, en raison de cette standardisation (Kellert et Toumani, 2003).

Dans notre cas, le fait de créer des *web-services* de toutes les données existantes dans les différents centres nationaux, faciliterait la gestion de l'information à diffuser. En outre, un gain de temps serait assuré pour les demandeurs de données, car ils auraient sur un programme toutes les informations concernant les espèces existantes à différentes échelles (commune, canton). Un gain de temps serait également enregistré pour les centres eux-mêmes, qui n'auraient plus besoin de traiter ce type de demande. Cette solution mériterait toutefois de déterminer le cercle d'utilisateurs ayant accès à ces programmes ainsi que les données étant disponibles, pour éviter de divulguer de l'information trop sensible. Cela resterait utile au moins pour les autorités communales et cantonales, et la communauté scientifique, d'accéder à des données à jour et complètes, sans effectuer des extractions et éviter ainsi des pertes de temps à retravailler des données brutes.

Les solutions proposées ci-dessus sont des suggestions destinées à parer aux problèmes rencontrés dans ce travail, dont l'esprit consiste à améliorer le niveau d'interopérabilité des données en Suisse. En effet, les données, en particulier celles disponibles uniquement à l'échelle nationale, paraissent rester confinées à certains échelons, en raison d'un manque de partage des données. Il apparaît judicieux que des efforts soient entrepris pour améliorer la situation actuelle.

4.2 Réponses à la question 2 :

Quelle est la structure idéale pour un système d'indicateurs sur l'état de la biodiversité à l'échelle communale ?

4.2.1 Modèle DPSIR et problèmes rencontrés

Le modèle créé, inspiré du modèle DPSIR pour la catégorisation des indicateurs, a permis de dégager certaines tendances au niveau communal. Il est ainsi possible de sortir des orientations par indicateurs à différentes échelles. Il est par exemple intéressant de constater les places centrales en termes de qualité et de bénéfices retirés des zones autour du Rhône et de l'Aire. De plus, il devient possible d'identifier les menaces qui pèsent sur ces zones et les mesures prises (ou pas) pour atténuer certaines de ces pressions. Enfin, cette même méthode peut être réitérée sur n'importe quelle commune du canton de Genève. Elle permet de comparer facilement chaque entité et facilite ainsi la prise de mesures appropriées en fonction des résultats. Le potentiel de comparaison est un point qui avait été relevé dans le *Dashboard* de Nature Serve et qui est apprécié pour atteindre les objectifs fixés et amener à plus de participation et d'entraide (Han et al., 2014).

Dans ce cas d'étude, un nombre important d'indicateurs a été développé, pour rassembler la majeure partie des données existantes sur la thématique de la biodiversité et montrer les liens de causalité entre tous ces indicateurs. Toutefois, il faut constater une certaine immobilité des données, et également des indicateurs induits par le modèle choisi, qui impacte la capacité d'évaluation des relations entre chaque indicateur. En effet, il est difficile à ce stade de pouvoir comparer les indicateurs entre eux. En raison du manque de temporalité de chaque indicateur, seules des tendances générales peuvent être esquissées, mais en aucun cas une évaluation en termes d'évolution de chaque indicateur ne peut être élaborée. C'est d'ailleurs une critique adressée à ce modèle dans la littérature : les indicateurs du système ont été décrits comme statiques, et donc ne pouvaient pas être pris comme évaluant les dynamiques du système, ni les tendances, à moins de faire tourner le modèle à nouveau et obtenir ainsi de nouveaux résultats (Gari et al., 2015). Dès lors, même si le modèle de cet outil semble faire sens pour ce travail et constitue un moyen de communiquer plus simplement beaucoup d'informations aux non-spécialistes, il n'est pour l'instant pas possible d'émettre des conclusions sur la réelle capacité d'analyse de la chaîne causale entre tous ces indicateurs. Par exemple, il n'est pas possible de connaître l'effet de la pollution sonore sur le nombre d'espèces sur la commune. Il faudrait disposer d'un suivi temporel, en réitérant le calcul et la projection de chaque indicateur, pour que l'évaluation des relations entre les différents indicateurs de chaque catégorie puisse être effectuée.

Ce modèle a permis de développer un nombre important d'indicateurs, tout en les catégorisant en vue de leur donner sens. Ce choix a été assumé, car l'un des buts de ce travail visait à synthétiser la majeure partie des informations existantes en termes de biodiversité à l'échelle communale. Toutefois, il a été constaté une certaine difficulté à synthétiser de l'information au vu de la quinzaine d'indicateurs développés dans ce cadre. Il semblerait pertinent de partir d'un nombre d'indicateurs plus restreint pour transmettre une information complète et

compréhensible en termes d'indicateurs, pour pouvoir ensuite comparer chaque indicateur entre eux. Cette proposition a d'ailleurs été mentionnée durant les consultations avec les autorités communales et cantonales, dans le but de faire évoluer l'outil développé. Étant donné que ce type d'outil n'a pas encore été développé à l'échelle communale, il leur apparaissait pertinent de ne garder que quelques indicateurs, mis à jour rapidement, qui puissent ainsi être évalués, séparément et tous ensemble. Le tout en étant utiles pour les professionnels et le grand public. Par la suite, en fonction des retours reçus au sujet de cet outil et après l'adaptation de chaque acteur au *Dashboard*, d'autres indicateurs seront petit à petit ajoutés. Cette méthode a l'avantage de constituer un outil qui évolue. Par ailleurs, en ajoutant de l'information au fur et à mesure, l'utilisateur peut prendre connaissance progressivement des nouvelles informations. Dès lors, il n'est pas submergé par un tas d'indicateurs, lesquels peuvent rendre la compréhension de l'outil ardue, avec comme conséquence une consultation des données réservée uniquement aux spécialistes, ce qui aurait comme corollaire un découragement de la population dans son action pour la biodiversité.

Dans la littérature, un nombre restreint d'indicateurs simples mais efficaces offre une meilleure communication et favorise l'action, puisque cela évite de submerger l'utilisateur de trop d'informations (Mace et al., 2007). Comme vu dans le cadre théorique, un exemple de *Dashboard* ne développait que quelques indicateurs de base. Il s'agissait du *Dashboard* produit par Nature Serve, lequel renseignait sur l'état de la biodiversité à l'échelle globale. Quatre indicateurs avaient été développés, suivant les mêmes catégories que celles utilisées dans ce travail, et avaient pour but de montrer les tendances et les éléments à améliorer. Toutefois, ce *Dashboard* était amené à évoluer puisque ses auteurs voulaient développer, dans un second temps, de nouveaux indicateurs pour mieux comprendre les interrelations entre chaque indicateur et leur chaîne de causalité (Han et al., 2014).

Même si la biodiversité reste un sujet complexe et qu'il peut paraître utopique de la résumer avec trois ou quatre indicateurs, « il serait utile d'élaborer un ensemble plus restreint d'indices agrégés et de clarifier leur signification et leurs interrelations » (Mace et al., 2007, p.1411, *traduction personnelle*). Le travail de création d'indicateurs simples mais efficaces ne doit pas seulement être réalisé dans le cadre de ce travail, mais à toutes les échelles. Selon Mace et al. (2007), même à l'échelle globale (par exemple avec les objectifs développés par la CDB), des indicateurs et objectifs plus efficaces et clairs devraient être mis en place. Cette amélioration encouragerait la communication et agirait de manière plus efficace. A l'échelle cantonale, comme énoncé précédemment, Genève a inclus dans sa Stratégie biodiversité 2030 la volonté de définir des indicateurs « intégrateurs et faciles à utiliser » pour « un suivi pertinent et durable de la situation de la biodiversité, en informant également la population » (DGAN, 2018, p.86). Pour toutes ces raisons, le modèle utilisé semble être cohérent avec le but recherché. Cependant, il serait utile de ne sélectionner que certains indicateurs. Il pourrait également être pertinent de les choisir en fonction de profils d'utilisateurs. Ainsi, la complexité de l'outil varierait en fonction du public, et offrirait de l'information adaptée à chacun (par exemple montrer plus d'indicateurs pour les professionnels, que pour le grand public). Le but étant de rendre un *Dashboard* utilisable par tous, évoluant avec de la nouvelle donnée.

4.2.2 Critique du modèle dans la littérature

Le modèle DPSIR utilisé constitue une méthode très répandue, et ce, à toutes les échelles. Il a l'avantage de structurer l'information en fonction des « objectifs politiques liés au problème environnemental abordé ; et [...] met l'accent sur les relations causales supposées d'une manière claire qui attire les acteurs politiques » (Gari et al., 2015, p.65, *traduction personnelle*). Toutefois, malgré l'engouement qu'il génère, beaucoup de critiques lui sont adressées (Gari et al., 2015). Parmi elles, les éléments suivants peuvent être retenus : tout d'abord, sa tendance trop simplificatrice au vu de la réalité du système. Dans cette optique, il lui est également reproché le fait de prétendre qu'un indicateur permet d'en comprendre un autre, alors qu'en réalité il peut y avoir de multiples causes et effets qui se croisent, et qui ne peuvent être compris avec le modèle DPSIR (Bell, 2012 ; Gari et al., 2015 ; Hukkinen, 2003 ; Levrel et al., 2009 ; Maxim et al., 2009).

Par ailleurs, des critiques visent aussi les catégories choisies pour chaque indicateur : en fonction de la construction et du choix de son auteur, les indicateurs peuvent être placés dans des catégories différentes. Dès lors, des études ayant les mêmes indicateurs et/ou les mêmes sujets ne peuvent pas être comparées du fait de cette différence de classification, laquelle va totalement changer le sens du modèle final (Gari et al., 2015 ; Levrel et al., 2009). C'est d'ailleurs un point soulevé dans ce travail : à savoir le poids du choix de l'auteur dans la création des indicateurs et dans leur classification en fonction des catégories de ce modèle. A ce propos, il a été relevé dans la littérature le besoin de créer des catégories plus claires, qui permettent de comprendre clairement les interactions Homme-Environnement, afin de communiquer de l'information claire et d'encourager la participation de tous (Levrel et al., 2009 ; Maxim et al., 2009).

Cet élément nous amène à une troisième critique : il s'agit du manque de liens entre les hommes et la biodiversité à travers ce modèle. La littérature critique le fait que ces liens ne soient, en général, pas assez clairs. Par conséquent, il est important de développer des indicateurs de services écosystémiques, pour montrer ces liens et faire prendre conscience de la nécessité d'agir (Levrel et al., 2009 ; Levrel et al., 2010). C'est d'ailleurs une catégorie dans notre travail qui doit être nourrie, afin de la rendre plus complète et de pouvoir souligner les liens clairs entre la société et l'environnement en général (Levrel et al., 2010).

Enfin, une dernière critique retenue concerne le manque de clarté entre les indicateurs, ce qui va rendre la compréhension du problème – de ses causes et de ses effets – difficile à saisir. Ce défaut compromet l'utilisation de cet outil, ceci au-delà du monde des experts (Gari et al., 2015). Ce sont d'ailleurs des critiques adressées antérieurement à notre outil, en raison du grand nombre d'indicateurs et de leur immobilité. Une prise en considération pour faire évoluer cet outil apparaît ainsi judicieuse.

Des exemples dans la littérature ont combiné d'autres méthodes au modèle DPSIR (Maxim et al., 2009 ; Pacheco et al., 2007), afin d'améliorer ses limites. Par exemple dans l'étude de Pacheco et al. (2007), les auteurs lient le modèle DPSIR avec un processus de management, permettant ainsi de sortir des éléments purement quantitatifs et d'aller vers un modèle qui met en place un processus de gestion du problème (Pacheco et al., 2007). D'autres exemples ont

développé d'autres méthodologies comblant ces lacunes, par exemple en changeant certaines catégories dans le but d'offrir une meilleure réponse au problème (Gari et al., 2015).

On peut donc conclure que « le DPSIR est censé analyser et évaluer les problèmes environnementaux, rassembler différentes disciplines scientifiques, de gestion de l'environnement et les parties prenantes, et proposer des solutions [...]. Jusqu'à présent, il a réussi sa tâche ; par conséquent, il est utile et adapté à son but » (Gari et al., 2015, p. 76, *traduction personnelle*). Pourtant, son usage requiert une certaine précaution, et différentes recommandations sont à considérer pour faire évoluer l'outil développé dans ce travail. Les catégories doivent être claires, le choix et la conception des indicateurs réfléchis, et le tout doit transmettre un message intelligible, utile à tous, tout en essayant de ne pas trop simplifier la réalité. En outre, le modèle se doit d'évoluer et les indicateurs d'être recalculés, afin de pouvoir effectuer des comparaisons entre les indicateurs et comprendre la chaîne de causalité sous-jacente à ce modèle.

4.3 Réponses à la question 3 :

Quelle est la solution la plus efficiente pour la mise en place d'un tableau de bord communal ?

4.3.1 Création de l'outil Dashboard : avantages et limites

Le *Dashboard* tel qu'il a été conçu, a permis d'obtenir de l'information, certes résumée, mais surtout accessible à tous. C'était un choix et une volonté depuis le début de ce travail que de développer un outil tant pour les professionnels que pour le grand public. Ce type d'outil offre un examen rapide de la situation et des tendances futures, favorisant une prise de décision plus efficiente en matière d'actions de conservation face aux défis actuels et futurs (Han et al., 2014). Cette simplicité dans la présentation constitue un élément apprécié dans le développement de plateforme web, laquelle s'adresse en partie au grand public. Des exemples tirés de la littérature ont pointé l'importance de créer une interface utile et utilisable par tous. L'exemple de la plateforme *Antmaps* (cf. Cadre théorique) a d'ailleurs recueilli un grand succès chez des utilisateurs spécialistes, mais également non-spécialistes, ce malgré une thématique à première vue peu intéressante pour des non-experts, prouvant ainsi l'importance du visuel et de l'architecture de l'outil (Janicki et al., 2016). De la sorte, n'importe qui peut l'utiliser et rend l'information plus facile à diffuser (Han et al., 2014 ; Jetz et al., 2012). D'autre part, le choix d'un outil sous forme de *Dashboard* a l'avantage de proposer une visualisation rapide grâce aux éléments graphiques développés (Han et al., 2014), ce qui encourage davantage l'utilisation de cet outil par n'importe quel acteur – spécialiste ou non.

Par ailleurs, grâce aux outils utilisés, à savoir le logiciel R Studio avec les packages *Shiny* et *Shiny Dashboard*, ainsi que les extensions pour les éléments graphiques et cartographiques, ils ont rendu possible la création d'un outil attrayant en termes de contenus : toutes les représentations graphiques et cartographiques étant possibles dans R Studio, il n'y a pas eu de restriction à subir à ce niveau-là. De plus, les packages utilisés pour ces représentations ont facilité la présentation des résultats, ces derniers détenant une composante interactive par le biais de différents paramètres avec lesquels on peut jouer et naviguer. Ceci constituait des éléments importants à prendre en considération, comme évoqué dans la revue de littérature présentée plus haut (Auer et al., 2010 ; Flemons et al., 2007 ; Janicki et al., 2016). Tous ces éléments ont généré des comparaisons à différentes échelles et entre plusieurs entités. Ces différentes échelles de comparaisons incarnent des éléments positifs aptes à aider chacun à se positionner par rapport aux objectifs fixés à différents niveaux. Elles encouragent également l'entraide destinée à les atteindre. Il s'agit là d'une technique qui a été mise en place dans d'autres exemples de la littérature (Han et al., 2014). Par ailleurs, divers contenus ont été ajoutés pour améliorer encore le visuel et l'attractivité de l'application, tels que des vidéos, des images, des choix de couleurs ou des icônes.

Cette diversité en contenu et en possibilités d'interactions avec le *Dashboard* constitue un élément recherché dans la conception d'un tel outil. L'exemple du *Dashboard* de Nature Serve illustre bien cela, où l'un de ses points forts est la multitude de possibilités de visualisation et d'interactions avec l'outil (Han et al., 2014). De plus, grâce au développement

du *ModelBuilder*, et de par son automatisation lors de la préparation d'un nombre important de données, il est possible de réitérer simplement la même méthode pour n'importe quelle commune de Genève. Cet avantage offre donc un gain de temps non négligeable pour le concepteur, qui peut rendre ces données plus visibles et encourager leur communication. Tous ces éléments offrent par conséquent une meilleure transmission de l'information, une compréhension efficiente et synthétisée de l'information. Il est alors envisagé, à terme, une plus grande participation de tous les acteurs grâce à la mise en place d'un tel outil (Han et al., 2014).

Cependant, tout au long de la création de ce *Dashboard*, différents problèmes ont été enregistrés. En résumé, trois difficultés majeures sont apparues. Tout d'abord, comme expliqué dans la partie des résultats, il existe un problème de vitesse de projection des graphiques et/ou cartes. Il a par exemple fallu remplacer les données *shapefile* au profit de données raster, lesquelles nécessitent moins de temps à se projeter. Toutefois, ces données étaient également trop lourdes, il a aussi fallu les simplifier pour rendre leur temps de projection plus satisfaisant. Dès lors, un jonglage entre qualité des données à représenter et vitesse de projection acceptable a dû être effectué. La situation actuelle n'est pas encore parfaite, car certes, toutes les couches se projettent plus rapidement qu'avant leur simplification, mais certaines d'entre elles requièrent encore du temps pour s'ouvrir, ce qui pose problème en termes d'utilisation de l'outil. Si les éléments visuels demandent trop de temps pour se projeter, cette lenteur cause un problème à l'utilisateur (Flemons et al., 2007). Au vu de la rapidité des technologies actuelles, il semble que cet élément soit sujet à des améliorations pour que l'outil soit utilisable, et surtout utilisé. Par ailleurs, certaines données ayant dû être simplifiées, il apparaît que la qualité des résultats n'est pas suffisante pour toutes les couches.

Ce problème de vitesse a engendré un deuxième inconvénient : étant donné la nécessité de simplifier au maximum les données, une échelle plus fine n'a pas pu être développée. En effet, l'intention au départ visait à utiliser trois échelles de comparaison : cantonale, communale et parcellaire. Cette dernière n'a pas pu être réalisée en raison des problèmes mentionnés précédemment. Il s'agit également d'un élément à développer dans le futur, pour plus d'informations et de meilleure qualité aux autorités communales mais aussi au grand public. Dès lors, toutes ces difficultés empêchent une visualisation, une utilisation et un attrait optimal de l'outil. Comme vu dans la littérature, il est important de créer et de publier un outil utilisable. Il faudrait par conséquent réussir à dépasser ces barrières pour bénéficier d'un outil qui fonctionne plus vite et qui propose des résultats de qualité, et ce, à toutes les échelles, afin de rendre son utilité maximale pour la commune et ses utilisateurs (Flemons et al., 2007).

Enfin, la dernière critique concerne le côté statique des données. Un manque de temporalité dans les données s'observe et empêche ainsi une comparaison dans le temps. Cette critique a déjà été adressée dans la deuxième partie de la discussion, laquelle dénonce le problème des indicateurs trop statiques, induits par le modèle choisi. Néanmoins, la mise à jour des données joue un rôle pour rendre plus dynamique l'outil en termes de contenu. Étant donné que les données ont été récupérées, retravaillées et enfin exportées dans R Studio, elles ne sont mises à jour que si de nouvelles données sont téléchargées. Par conséquent, il semblerait pertinent de relier cet outil aux sources de données, par exemple via des *web-services*, afin qu'elles

soient continuellement mises à jour, que les indicateurs puissent ainsi être comparés entre eux, et que les chaînes de causalité entre indicateurs puissent être révélées. Comme relevé dans des exemples de la littérature, les sources de données tentent d'ailleurs d'être de plus en plus reliées aux plateformes existantes, notamment avec le développement des plateformes *Map of life* et *Antmaps*, reliées à différentes sources et portails de données, et ce même avec des outils à l'échelle globale.

Le *Dashboard* qui a été développé dans ce travail se présente donc comme un point de départ dont l'évolution nécessite d'être poursuivie. Comme repris du texte de Han et al. (2014), « avec un développement continu, nous envisageons le *Dashboard* [...] comme une plateforme interactive accessible au web qui peut faciliter l'évaluation [...] au vu des objectifs pour la biodiversité » (Han et al., 2014, p.12, *traduction personnelle*), tout en encourageant le partage des données et en améliorant les flux entre l'outil et les sources de données.

4.3.2 *Autres outils existants*

Après avoir effectué un examen de l'outil développé, il semble pertinent de s'attarder sur les éventuelles possibilités de réponses aux interrogations actuelles. Une multitude d'autres outils permettent de réaliser un *Dashboard*. Ainsi, il a paru judicieux de sélectionner un exemple de modèle pour remédier à certaines des limites relevées précédemment. C'est pourquoi il a été choisi de présenter trois outils fonctionnant sur le même modèle, à savoir les plateformes DKAN (<https://getdkan.org/>), Junar (<http://www.junar.com/>) et ArcGIS Online (<https://www.arcgis.com/features/index.html>). Toutefois, d'autres plateformes du même type existent.

Ce type de plateformes a l'avantage de fonctionner comme des SDI (cf. Cadre théorique). Elles permettent ainsi un échange, un partage et une réutilisation des données en provenance de n'importe quelle source, tout en proposant des données standardisées, lesquelles peuvent respecter les règles de l'interopérabilité (Zuiderwijk et al., 2013). En outre, certaines de ces plateformes offrent une visualisation des données, laissant ainsi la possibilité à la création de *Dashboard*, graphiques, etc.

Junar constitue un exemple de ce type de plateforme. Il s'agit d'une plateforme commerciale en provenance d'Amérique du Sud. Elle fonctionne selon les principes de données *open source* et propose des visualisations des données. Cependant, il semblerait qu'elle contient plus de possibilités en termes de publication de données que « des outils [...] pour les utilisateurs de données » (Zuiderwijk et al., 2013, p.170, *traduction personnelle*). Par ailleurs, les métadonnées des données publiées apparaissent limitées (Zuiderwijk et al., 2013). Enfin, cet outil est payant, sans doute en raison de ses fonctionnalités avancées.

DKAN représente un autre exemple de ce type de plateforme, fonctionnant comme un SDI, ce qui permet la publication de ces données ainsi que le respect de tous les principes de l'interopérabilité, dans le but de promouvoir une plus grande participation du public et des autorités. Cet outil a l'avantage d'être accessible à tous : gratuit, il permet à quiconque de publier, partager et réutiliser de l'information (DKAN, s.d.). Il offre ensuite la possibilité de créer des graphiques, des cartes, des *story map* et des *Dashboard*. Son champ d'action en

matière de visualisation des données publiées est donc très vaste. Enfin, cet outil possède l'avantage de pouvoir directement créer un contenu sans passer par un autre système de gestion de contenu. Une fois l'outil DKAN pris en main, il n'y a par conséquent pas besoin de devoir se familiariser avec d'autres outils (DKAN, 2017).

Le dernier exemple d'application se nomme ArcGIS *Online*, lequel offre à la fois le partage de données par le biais des fonctionnalités d'ArcGIS *Open Data*. Dès lors, l'interopérabilité des données est assurée. De plus, il est également possible, via une application d'ArcGIS *Online*, de créer des cartes pour visualiser les résultats, et une option propose également de créer des *Dashboard*. Une autre possibilité d'ArcGIS appelée *Insights* permet le stockage et l'analyse de différents type de données, spatiales ou non. Elle offre une visualisation variée de celles-ci : par exemple chaque attribut peut être visualisé indépendamment des autres et sous différentes formes (graphiques, cartes, etc.). *Insights* donne aussi la possibilité d'ajouter des attributs, de filtrer des données et de réaliser une multitude de calcul. Cet outil semble être également rapide et réactif aux nouvelles requêtes (Esri France, 2016). Ces options et bien d'autres sont implémentés dans ArcGIS *Online* en vue d'une panoplie d'outils utiles à la visualisation et au partage de données.

Toutes les plateformes de ce type se complètent les unes les autres : certaines contiennent des fonctionnalités exclusives que les autres ne proposent pas. C'est à l'utilisateur de déterminer ce qui lui paraît le plus utile. Ces exemples d'outils ont l'avantage d'offrir une plus grande interopérabilité des données, ce qui constituerait un élément pour améliorer la réalisation de notre plateforme, rendre ces données disponibles à tous et encourager leur distribution (Zuiderwijk et al., 2013). En effet, il pourrait être envisagé de relier les sources de données à ce type de plateforme, pour autant qu'elles puissent être publiables en *open data*. Cela offrirait des données à jour et un système totalement interopérable. De plus, ces outils permettent, pour la plupart, les mêmes fonctions que celles réalisées dans notre *Dashboard*. Enfin, les questions de vitesse et de qualité de données pourraient, avec ce type d'outil, être résolues en raison des fonctionnalités avancées. Il semble judicieux de tester d'autres types d'outils pour faire évoluer notre *Dashboard* et éliminer les barrières mentionnées auparavant.

5 Conclusion

5.1 Messages clés

Grâce à ce travail, l'élaboration et la mise en place d'un *Dashboard*, lequel propose de rassembler l'essentiel des données existantes sur la biodiversité à l'échelle communale, ont pu être testées. Une quinzaine d'indicateurs répartis en quatre catégories, inspirées du modèle DPSIR, a pu être créée grâce à des données en provenance d'une multitude de sources – nationale, cantonale et communale. En outre, leur création et leur projection ont pu être réalisées via deux logiciels principaux ArcGIS et R Studio, ainsi que par plusieurs packages proposant une visualisation attractive et pertinente des résultats. Par la suite, la production du *Dashboard* a pu être réalisée grâce au logiciel R Studio et à ses extensions *Shiny* et *Shiny Dashboard*, ce qui a facilité le développement web d'une plateforme sous forme de tableau de bord.

Ce travail avait également pour but de répondre à trois questions de recherche. Tout d'abord, il a pu être prouvé que le niveau d'interopérabilité en Suisse n'est pas encore parfait, malgré l'existence de plus en plus de structures à différents niveaux, lesquelles encouragent le partage de données. Cependant, des solutions pourraient être développées pour améliorer la situation, telles que par exemple, le développement de *web-services* pour des données nationales pas encore disponibles de manière aisée à des échelles réduites – cantonale et communale.

Par ailleurs, la seconde question, portant sur la structure la plus adéquate pour l'élaboration d'un *Dashboard*, a été résolue. Tout d'abord, les avantages du modèle DPSIR et des indicateurs choisis pour ce travail, ont été présentés, notamment la capacité à synthétiser de l'information, à dégager certaines tendances et à pouvoir reproduire le modèle sur n'importe quelle commune. Toutefois, les limites de ce modèle et les précautions à prendre ont aussi été abordées afin de distinguer les éléments à prendre en compte et les options existantes dans la littérature, ceci dans l'optique de résoudre ces problèmes et d'adapter le modèle en conséquence. Dès lors, ce modèle se doit d'être réitéré dans le temps, pour effectuer des comparaisons entre les résultats des indicateurs et d'en déterminer la chaîne causale sensée les relier. Le modèle requiert aussi un développement attentif, c'est-à-dire que le choix et la conception des catégories et indicateurs doivent être réfléchis, pour sélectionner les indicateurs les plus importants en fonction des utilisateurs, en sortir un message clair, tout en prenant en considération l'effet simplificateur induit par ce modèle. La subjectivité causée par le créateur du modèle doit aussi être prise en considération pour comprendre comment celui-ci a été développé et dans quel but. De plus, un nombre croissant de liens entre l'Homme et l'Environnement nécessitent d'être tirés dans ce type de modèles ; il s'agit de faire prendre conscience aux autorités, aux professionnels et au grand public de la nécessité d'agir pour la biodiversité, ce qui impacte tout aussi leur bien-être.

Enfin, à la question de « quelle est la solution la plus efficiente à utiliser pour un *Dashboard* à l'échelle communale », la critique a permis de souligner les limites des outils utilisés – en particulier le problème de la taille des données sur la vitesse de publication, la qualité des données et des échelles représentées, et le problème de stagnation des résultats induite par

l'absence d'une mise à jour des données. Les avantages de ces outils ont aussi été évalués, afin de présenter les capacités du *Dashboard* : son visuel simple et attractif, les possibilités de comparaison à différentes échelles et entre différentes entités, la diversité de contenu, etc. Le tout propose ainsi une meilleure transmission de l'information, dont l'objectif consiste à encourager une meilleure participation et action. Finalement, d'autres options ont été abordées dans l'optique de présenter les solutions existantes aptes à surmonter les problèmes et limites exposées auparavant.

En définitive, on peut déduire que le *Dashboard* développé dans ce travail, malgré ses limites et défauts, offre la visualisation d'un grand nombre de données, leur communication et leur synthétisation, ceci dans le but de les rendre le plus compréhensible possible pour tous. Dans l'avenir, cet outil doit et va évoluer, tout d'abord en raison des remarques observées dans ce travail, mais également en raison des données disponibles prochainement, et dans le dessein de répondre au mieux aux besoins sur le terrain.

5.2 Perspectives

Il semble qu'il est primordial que la création d'outils, tels que celui développé dans ce travail, crée le plus possible de liens avec la population, dans le but de la rendre plus concernée. Par conséquent, le développement d'indicateurs de services écosystémiques constituerait une réponse à ce constat. Ce concept, de plus en plus étudié, apparaît comme un moyen de faire prendre conscience à la population dans son ensemble de la nécessité d'agir pour la biodiversité, en lui montrant l'effet de cet appauvrissement causé directement sur eux. Par ailleurs, le choix de l'échelle communale semble être un atout dans la prise de conscience du grand public, puisque lui parler de son environnement direct peut favoriser sa sensibilisation. Cette échelle offre aussi aux autorités locales de bénéficier d'informations à jour, et en raison du pouvoir des communes sur leur territoire dans le contexte genevois, cette échelle d'analyse paraît adaptée pour favoriser une plus grande prise de conscience et une gestion plus efficiente de la biodiversité. Ce type d'outils pourrait donc être adapté à chacune des communes du canton : elles détiendraient toutes le même outil d'analyse et la même source d'information, pour conscientiser et gérer au mieux le problème de l'appauvrissement de la biodiversité.

Dans l'état actuel, l'utilisation de ce *Dashboard* n'est pas réalisable en pratique. Cependant, comme déjà vu, d'autres outils existent pour le faire évoluer : d'autres options sont à disposition pour répondre aux problèmes exposés. Il semble en conséquence que l'outil créé constitue une prémisse destinée à faire évoluer ce type de méthode et à développer de nouveaux outils aptes à répondre aux limites analysées. De plus, dans l'idéal, cet outil devrait jouir d'une application à différentes entités et échelles. Enfin, le projet d'un observatoire de l'environnement, rassemblant l'Université de Genève et les pouvoirs publics, vise la même approche. En effet, l'un de ses buts serait de développer des indicateurs sur les thématiques de l'environnement et de la qualité de vie. Ce travail s'inscrit donc dans une approche très actuelle, répondant à une demande croissante d'accès à l'information et à sa visualisation.

6 Bibliographie

- Alonso, G., Casati, F., Kuno, H., & Machiraju, V. (2004). Web services. In *Web Services* (pp. 123-149). Springer, Berlin, Heidelberg. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-10876-5_5
- ArcGIS. s.d.. Généraliser. <http://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/tools/editing-toolbox/generalize.htm>
- Auer, T., MacEachren, A. M., McCabe, C., Pezanowski, S., & Stryker, M. (2010). HerbariaViz: A web-based client-server interface for mapping and exploring flora observation data. *Ecological Informatics*, 6(2), 93-110. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2010.09.001>
- Bader, P. (2016). Un parcours semé d'embûches. *Journal environnement*. 3p. <https://issuu.com/bundesamt-fuer-umwelt-bafu/docs/la-faune-a-notre-porte>
- Bandeira, B., Jamet, J. L., Jamet, D., & Ginoux, J. M. (2013). Mathematical convergences of biodiversity indices. *Ecological indicators*, 29, 522-528. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.01.028>
- Bär, R., Rouholahnejad, E., Rahman, K., Abbaspour, K. C., & Lehmann, A. (2014). Climate change and agricultural water resources: A vulnerability assessment of the Black Sea catchment. *Environmental Science & Policy*, 46, 57-69. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2014.04.008>
- Barthassat M., Menoud J., Daune L., Mongé N., Bussy T., Guller M. & Hannetel P. (2010). Projet paysage de l'agglomération franco-valdo-genevoise. Cahier n°13-7. Document cadre. <http://www.grand-geneve.org/sites/default/files/fichiers/cahiers->

[thematiques/agriculture-paysage/cahier-13-7_projet-paysage-agglo-fvg-document-cadre_dec2010.pdf](#)

Baur, B., & Académie suisse des sciences naturelles. Forum Biodiversité suisse. (2004). *La biodiversité en Suisse: état, sauvegarde, perspectives: fondements d'une stratégie nationale*. Haupt Verlag.

Bati A. & Guyader, V. (2015). Shiny Aide-Mémoire. <https://www.rstudio.com/wp-content/uploads/2015/08/shiny-french-cheatsheet.pdf>

Bell, S. (2012). DPSIR= A problem structuring method? An exploration from the “Imagine” approach. *European Journal of Operational Research*, 222(2), 350-360.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.04.029>

Bendix, J., Nieschulze, J., & Michener, W. K. (2012). Data platforms in integrative biodiversity research. *Ecological Informatics*, 11(Supplement C), 1-4.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2012.04.001>

Berendsohn, W. G., Güntsch, A., Hoffmann, N., Kohlbecker, A., Luther, K., & Müller, A. (2011). Biodiversity information platforms: From standards to interoperability. *ZooKeys*, (150), 71–87. <http://doi.org/10.3897/zookeys.150.2166>

Butchart, S. H. M., Walpole, M., Collen, B., Strien, A. van, Scharlemann, J. P. W., Almond, R. E. A., ... Watson, R. (2010). Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. *Science*, 328(5982), 1164-1168. <https://doi.org/10.1126/science.1187512>

Chang, W. (2015). Dynamic Dashboards with Shiny, [Vidéo en ligne].
<https://www.rstudio.com/resources/webinars/dynamic-dashboards-with-shiny/>

- Collen, B., Loh, J., Whitmee, S., McRAE, L., Amin, R., & Baillie, J. E. (2009). Monitoring change in vertebrate abundance: the Living Planet Index. *Conservation Biology*, 23(2), 317-327. <http://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01117.x>
- Commission européenne. (2012). Lignes directrices concernant les meilleures pratiques pour limiter, atténuer ou compenser l'imperméabilisation des sols, Luxembourg: Office des publications de l'Union européenne, 62 p. doi: 10.2779/79012
- Conservatoire & Jardin Botaniques Genève. (2017). Base de données. Consulté à l'adresse : <http://www.ville-ge.ch/cjb/bd.php>
- Convention sur la diversité biologique. (s.d.). Centre d'échange. Consulté à l'adresse : <https://www.cbd.int/chm/>
- Cordillot F., Klaus G. (2011). Espèces menacées en Suisse. Synthèse des listes rouges, état 2010. Office fédéral de l'environnement, Berne. Etat de l'environnement n° 1120: 111 p. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/publications/publications-biodiversite/especes-menacees-suisse.html>
- CSCF. (s.d.). Le CSCF en bref. Consulté à l'adresse : http://www.cscf.ch/cscf/home/a_propos_du_cscf_2/ziele.html
- Dao, H., Peduzzi, P., & Friot, D. (2018). National environmental limits and footprints based on the Planetary Boundaries framework: The case of Switzerland. *Global Environmental Change*, 52, 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.06.005>
- Département de l'intérieur et de la mobilité (DIM). (2010). « Nature dans le canton de Genève, bilan de 10 ans d'actions et perspectives ». Consulté à l'adresse : http://ge.ch/nature/media/nature/files/fichiers/documents/bilan_nature_batv2_0.pdf

DGAN. (2015). Milieux protégés. <http://ge.ch/nature/information-nature/milieux/milieux-proteges>

DGAN. (2018). Stratégie biodiversité Genève 2030 (SBG-2030), Département du territoire. <https://www.ge.ch/document/strategie-biodiversite-geneve-2030/telecharger>

DKAN. (2017). DKAN : An overview. <https://docs.getdkan.com/en/latest/introduction/index.html>

DKAN. (s.d.). DKAN as an Open Organization. https://docs.google.com/presentation/d/10qo7XI8dQCfDwlMu2hWAErBVV1cV4kAn62oDwCI7Ew4/present?ueb=true#slide=id.g243b7c783f_0_90

Doran, G. T. (1981). There's a S.M.A.R.T. way to write managements's goals and objectives. *Management Review*, 70(11), 35. Consulté à l'adresse : <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=17e49e80-4e90-4a98-ac23-170bccd7436c%40sessionmgr120&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=6043491&db=buh>

Dušek, R., & Popelková, R. (2016). THEORETICAL VIEW OF THE SHANNON INDEX IN THE EVALUATION OF LANDSCAPE DIVERSITY. *AUC GEOGRAPHICA*, 47(2), 5-13. Retrieved from <http://aucgeographica.cz/index.php/aucg/article/view/108>

Edwards, J. L., Lane, M. A., & Nielsen, E. S. (2000). Interoperability of Biodiversity Databases: Biodiversity Information on Every Desktop. *Science*, 289(5488), 2312-2314. <https://doi.org/10.1126/science.289.5488.2312>

Esri France. (2016). Insights for ArcGIS. <https://www.esrifrance.fr/insights.aspx>

Esri France. (2018). API et spécifications ouvertes. <https://www.esrifrance.fr/ouverture-api-specifications-ouvertes.aspx>

European Environment Agency. (2007). Halting the Loss of Biodiversity by 2010: Proposal for a First Set of Indicators to Monitor Progress in Europe.

https://reports.eea.europa.eu/technical_report_2007_11/en/

Faune Genève. (s.d.). Présentation. Consulté à l'adresse : <https://www.faunegeneve.ch>

Fink, K., Ortner, V., Dao, H., Richard, J.-P., & Vogel, F. (2004). Envirocat: a Swiss Catalogue for Sharing Environmental Information. In *Proc. 17th Int. Conf. EnviroInfo*.

Consulté à l'adresse: <http://enviroinfo.eu/sites/default/files/pdfs/vol109/0482.pdf>

Flemons, P., Guralnick, R., Krieger, J., Ranipeta, A., & Neufeld, D. (2007). A web-based GIS tool for exploring the world's biodiversity: The Global Biodiversity Information Facility Mapping and Analysis Portal Application (GBIF-MAPA). *Ecological Informatics*, 2(1), 49-60. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2007.03.004>

Fondation pour la recherche sur la Biodiversité. (2016). Evaluation scientifique de 55 indicateurs de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité, Expertise. Ed. Barbara Livoreil et Sarah Aubertie, 296 pages.

http://www.fondationbiodiversite.fr/images/documents/ONB/2016/Rapport_final_indicateurs_2016.pdf

Foucart, S. (2015). La planète a atteint ses limites. *Le Monde*. Consulté à l'adresse :

<http://www.lecosmographe.com/blog/wp-content/uploads/2015/01/La-planète-a-atteint-ses-limites.pdf>

Fox, P., & Hendler, J. (2011). Changing the Equation on Scientific Data Visualization. *Science*, 331(6018), 705-708. <https://doi.org/10.1126/science.1197654>

Gari, S. R., Newton, A., & Icely, J. D. (2015). A review of the application and evolution of the DPSIR framework with an emphasis on coastal social-ecological systems. *Ocean & Coastal Management*, 103, 63-77. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.11.013>

- Garric, A. (2012,). Quel est l'état de la biodiversité ? *Le Monde.fr*. Consulté à l'adresse : http://www.lemonde.fr/planete/article/2012/10/08/quel-est-l-etat-de-la-biodiversite_1771798_3244.html
- Gassiat, A., & Zahm, F. (2010). Mobiliser des indicateurs pour évaluer les effets propres des mesures agro-environnementales en France. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, (3), 439-471. <https://doi.org/10.3917/reru.103.0439>
- GBIF, Global Biodiversity Information Facility. (2017). *Global Biodiversity Information Facility*. Consulté à l'adresse: <https://www.gbif.org>
- Ge21. (2018). Projet RPT – Indicateurs Services écosystémiques.
- GEO, Group on Earth Observation (s.d.). About GEOSS. Consulté à l'adresse: <https://www.earthobservations.org/geoss.php>
- Giuliani, G., Ray, N., Lehmann, A., & Charvat, K. (2009). EnviroGRIDS interoperability guideline. Consulté à l'adresse : <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:23127>
- Giuliani, G. (2011). Spatial data infrastructures for environmental sciences. Thèse de doctorat : Univ. Genève, no. Sc. 4348. <http://dx.doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:18947>
- Giuliani, G. (2018a). Introduction to Spatial Data Infrastructures. *14E181 - GEO-TOOLS SDI*. Université de Genève.
- Giuliani, G. (2018b). SDI Initiatives. *14E181 - GEO-TOOLS SDI*. Université de Genève.
- Gotelli Nicholas J., & Chao Anne. (2013). Measuring and Estimating Species Richness, Species Diversity, and Biotic Similarity from Sampling Data. In: Levin S.A. (ed.) *Encyclopedia of Biodiversity*, second edition, Volume 5, pp. 195-211. Waltham, MA: Academic Press.

- Grall, J., & Coïc, N. (2006). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. *Institut Universitaire européen de la Mer. Université de Bretagne Occidentale Laboratoire des sciences de l'Environnement Marin*, 7-86.
http://www.rebent.org//medias/documents/www/contenu/documents/Grall_Synthese_indicateurs_benthos.pdf
- Grand Genève. s.d. Contrats corridors biologiques <http://www.grand-geneve.org/contrats-corridors>
- Gregory, R. D., Van, A. S., Vorisek, P., Gmelig, A. M., Noble, D. G., Foppen, R. P., & Gibbons, D. W. (2005). Developing indicators for European birds., Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360, 360(1454, 1454), 269, 269-288. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1602>, [10.1098/rstb.2004.1602](https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1602)
- Grolemund, G. (2015). How-to-start Shiny tutorial (1-2-3), [Vidéo en ligne].
<https://vimeo.com/rstudioinc/review/131218530/212d8a5a7a/#t=0m0s>
- Guralnick, R. P., Hill, A. W., & Lane, M. (2007). Towards a collaborative, global infrastructure for biodiversity assessment. *Ecology Letters*, 10(8), 663-672.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01063.x>
- Han, X., Smyth, R. L., Young, B. E., Brooks, T. M., Sánchez de Lozada, A., Bubb, P., ... Turner, W. R. (2014). A Biodiversity Indicators Dashboard: Addressing Challenges to Monitoring Progress towards the Aichi Biodiversity Targets Using Disaggregated Global Data. *PLoS ONE*, 9(11), e112046. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112046>
- Honeck, E. (2017). Evaluating Water-Related Ecosystem Services with NatCap Software InVEST and MESH. Genève, Mémoire n°273, Université de Genève, p.113.

- Horak J., Orlik A. & Stromsky J. (2008). Web services for distributed and interoperable hydro-information systems. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, European Geosciences Union, 2012 (2), pp.635-644. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00305161/document>
- Hukkinen, J. (2003). Sustainability indicators for anticipating the fickleness of human–environmental interaction. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 5(3-4), 200-208. <https://doi.org/10.1007/s10098-003-0210-2>
- Hufty, M. (2017). La Convention sur la Diversité Biologique , *14E192 : Gouvernance globale : Biodiversité*, Printemps 2017. Université de Genève.
- Infoflora. (s.d.). Qui sommes-nous?. Consulté à l'adresse : <https://www.infoflora.ch/fr/generalites/info-flora/>
- IUCN Standards and Petitions Subcommittee. (2010). Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 8.1. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee in March 2010. <http://intranet.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>.
- Jaeger, J. A. (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape ecology*, 15(2), 115-130. <https://doi.org/10.1023/A:1008129329289>
- Janicki, J., Narula, N., Ziegler, M., Guénard, B., & Economo, E. P. (2016). Visualizing and interacting with large-volume biodiversity data using client–server web-mapping applications: The design and implementation of antmaps.org. *Ecological Informatics*, 32(Supplement C), 185-193. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2016.02.006>

- Jetz, W., McPherson, J. M., & Guralnick, R. P. (2012). Integrating biodiversity distribution knowledge: toward a global map of life. *Trends in Ecology & Evolution*, 27(3), 151-159. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.09.007>
- Kellert, P., & Toumani, F. (2003). Les web services sémantiques. *Web sémantique, Action spéci_que*, 32. https://www.irit.fr/journal-i3/hors_serie/annee2004/revue_i3_hs2004_01_07.pdf
- Kubacka, M., Bródka, S., & Macias, A. (2016). Selecting agri-environmental indicators for monitoring and assessment of environmental management in the example of landscape parks in Poland. *Ecological Indicators*, 71, 377-387. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.004>
- Laihonen, P., Kalliola, R., & Salo, J. (2004). The biodiversity information clearing-house mechanism (CHM) as a global effort. *Environmental Science & Policy*, 7(2), 99-108. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2003.12.003>
- Levrel, H., Kerbirou, C., Couvet, D., & Weber, J. (2009). OECD pressure–state–response indicators for managing biodiversity: a realistic perspective for a French biosphere reserve. *Biodiversity and Conservation*, 18(7), 1719. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9507-0>
- Levrel, H., Fossat, J., & Pelletier, D. (2010). Les indicateurs de biodiversité marine et côtière: état des lieux institutionnel. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 10(2). <http://journals.openedition.org/vertigo/9893>
- Mace, G. M., & Baillie, J. E. (2007). The 2010 biodiversity indicators: challenges for science and policy. *Conservation Biology*, 21(6), 1406-1413. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00830.x>

- Marcon, E. (2015). Mesures de la Biodiversité. Master. Kourou, France. <https://hal-agroparistech.archives-ouvertes.fr/cel-01205813v4/document>
- Mathieu, J., Tatoni, T., Herbinet, B., Livoreil, B. & Zagatti, P. (2013). Evaluation scientifique de l'indicateur « Fragmentation des milieux naturels». In : Evaluation scientifique des indicateurs de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité. FRB éditeur, Paris.
<http://www.fondationbiodiversite.fr/les-programmes-frb/evaluation-scientifique-desindicateurs> .
- Maxim, L., & Spangenberg, J. H. (2006). Bridging the gap between two analytical frameworks. In *9th biennial conference of the International Society for Ecological Economics (Ecological sustainability and human well-being)*, New Delhi, India (pp. 15-18). Consulté à l'adresse: https://www.researchgate.net/profile/Joachim_Spangenberg/publication/228663804_Bridging_the_gap_between_two_analytical_frameworks/links/00b7d52ab4137915b1000000.pdf
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment, (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Moser, B., Jaeger, J. A., Tappeiner, U., Tasser, E., & Eiselt, B. (2007). Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. *Landscape ecology*, 22(3), 447-459. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-9023-0>
- Nativi, S., Mazzetti, P., Santoro, M., Papeschi, F., Craglia, M., & Ochiai, O. (2015). Big data challenges in building the global earth observation system of systems. *Environmental Modelling & Software*, 68, 1-26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.01.017>

Nature Serve. (s.d.). About the Dashboard. Consulté à l'adresse:
<http://dashboard.natureserve.org/faq-page#n3>

Niemeijer, D., & de Groot, R. S. (2008). Framing environmental indicators: moving from causal chains to causal networks. *Environment, development and sustainability*, 10(1), 89-106. <http://doi.org/10.1007/s10668-006-9040-9>

OFEFP. (2004). Le phosphore dans les sols – état de la situation en Suisse. Cahier de l'environnement n° 368, 180 p., Berne.
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sol/publications-etudes/publications/le-phosphore-dans-les-sols.html>

OFEV (éd.). (2006). Structure de coordination du Monitoring de la biodiversité en Suisse : État de la biodiversité en Suisse. État de l'environnement n° 0604. Office fédéral de l'environnement, Berne. 67 p.
https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/biodiversitaet/uz-umwelt-zustand/zustand_der_biodiversitaetinderschweizergebnissedesbiodiversitaet.pdf.download.pdf/etat_de_la_biodiversiteensuissesynthesedesresultatsdumonitoringd.pdf

OFEV. (2009). Pollution sonore en Suisse. Résultats du monitoring national SonBase. Etat de l'environnement N° 0907. Office fédéral de l'environnement, Berne: 62 p.
https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/laerm/uz-umwelt-zustand/laermbelastung_inderschweiz.pdf.download.pdf/pollution_sonoreensuisse.pdf

OFEV. (2010). DONNEES DE BASE DU MONITORING DE LA BIODIVERSITE EN SUISSE MBD : Morcellement du paysage, p. 7
https://www.biodiversitymonitoring.ch/fileadmin/user_upload/documents/daten/basisdat_en_fr/800%20330%20Produkt%20E15_V3_fr.pdf

OFEV. (2012). Effets de la lumière artificielle sur la diversité des espèces et l'être humain, p.22 https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/elektrosmog/fachinfo-daten/auswirkungen_vonkuenstlichemlichtaufdieartenvielfaltunddenmensch.pdf.download.pdf/effets_de_la_lumiereartificiellesurladiversitedesespecetleth.pdf.

OFEV. (2015a). Collecte de données sur l'état de l'environnement. Consulté à l'adresse: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/etat/donnees/donnees-environnement.html>

OFEV. (2015b). Compensation écologique. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/info-specialistes/mesures-de-conservation-de-la-biodiversite/utilisation-durable-de-la-biodiversite/compensation-ecologique.html>

OFEV. (2016a). Biodiversité : programmes de surveillance. Consulté à l'adresse : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/etat/biodiversite---programmes-de-surveillance.html>

OFEV. (2016b). Espèces exotiques envahissantes. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/info-specialistes/mesures-de-conservation-de-la-biodiversite/protection-et-conservation-des-especes/especes-exotiques-envahissantes.html>

OFEV. (2016c). Indicateur paysage - Emissions lumineuses <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-landschaft/landschaft--daten--indikatoren-und-karten/landschaft--indikatoren/indikator-landschaft.pt.html/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5kaWthdG9yZW4uYWRtaW4uY2gvUHViYmG/ljL0FlbURldGFpbD9pbmQ9TEEwMTQmbG5nPWZyJlN1Ymo9Tg%3d%3d.html>

OFEV et OFAG. (2016). Objectifs environnementaux pour l'agriculture. Rapport d'état 2016.

Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n°1633: 116

S. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/biodiversitaet/uw-umwelt-wissen/umweltziele_landwirtschaftstatusbericht.pdf.download.pdf/umweltziele_landwirtschaftstatusbericht.pdf

OFEVa (éd.). (2017a). Biodiversité en Suisse : état et évolution. Synthèse des résultats de la surveillance de la biodiversité. État : 2016. Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement n° 1630, 60 p.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/publications/publications-biodiversite/biodiversite-en-Suisse-etat-et-evolution.html>

OFEV. (2017b). Aires consacrées à la protection et à la promotion de la biodiversité en Suisse, Fiche d'information, 6p.

<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/biodiversitaet/fachinfo-daten/ausgewiesene-gebiete-fuer-biodiversitaet.pdf.download.pdf/aires-consacr%C3%A9es-%C3%A0-la-biodiversit%C3%A9.pdf>

OFEV. (2017c). Indicateur biodiversité – Aires protégées,

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-biodiversitaet/biodiversitaet--daten--indikatoren-und-karten/biodiversitaet--indikatoren/indikator-biodiversitaet.pt.html/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5kaWthdG9yZW4uYWRtaW4uY2gvUH VibG/ljL0FlbURldGFpbD9pbmQ9QkQwMjMmbG5nPWZyJIN1Ymo9Tg%3d%3d.html>

OFEV. (2017d). Indicateur biodiversité – Espèces exotiques envahissantes,

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-biodiversitaet/biodiversitaet--daten--indikatoren-und-karten/biodiversitaet--indikatoren/indikator-biodiversitaet.pt.html/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5kaWthdG9yZW4uYWRtaW4uY2gvUH VibG/ljL0FlbURldGFpbD9pbmQ9QkQwMjMmbG5nPWZyJIN1Ymo9Tg%3d%3d.html>

[Y2gvUHVibG/ljL0FlbURldGFpbD9pbmQ9QkQwMzQmbG5nPWZyJIN1Ymo9Tg%3d%3d.html](https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-biodiversitaet/biodiversitaet--daten--indikatoren-und-karten/biodiversitaet--indikatoren/indikator-biodiversitaet.pt.html/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5kaWthdG9yZW4uYWRtaW4uY2gvUHVibG/ljL0FlbURldGFpbD9pbmQ9QkQwMzQmbG5nPWZyJIN1Ymo9Tg%3d%3d.html)

OFEV. (2017e) Indicateur biodiversité – Listes rouges,

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-biodiversitaet/biodiversitaet--daten--indikatoren-und-karten/biodiversitaet--indikatoren/indikator-biodiversitaet.pt.html/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5kaWthdG9yZW4uYWRtaW4uY2gvUHVibG/ljL0FlbURldGFpbD9pbmQ9QkQwMjUmbG5nPWZyJIN1Ymo9Tg%3d%3d.html>

OFEV. (2017f). Indicateur biodiversité – Surfaces de promotion de la biodiversité,

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-biodiversitaet/biodiversitaet--daten--indikatoren-und-karten/biodiversitaet--indikatoren/indikator-biodiversitaet.pt.html/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5kaWthdG9yZW4uYWRtaW4uY2gvUHVibG/ljL0FlbURldGFpbD9pbmQ9QkQwODcmbG5nPWZyJIN1Ymo9Tg%3d%3d.html>

OFEV. (2017g). Indicateur paysage – Imperméabilisation du sol,

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-landschaft/landschaft--daten--indikatoren-und-karten/landschaft--indikatoren/indikator-landschaft.pt.html/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5kaWthdG9yZW4uYWRtaW4uY2gvUHVibG/ljL0FlbURldGFpbD9pbmQ9TEEwMTEmbG5nPWZyJIN1Ymo9Tg%3d%3d.html>

OFEV. (2017h). Indicateur sol - Pollution des sols agricoles par le cuivre et le zinc

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-boden/boden--daten--indikatoren-und-karten/boden--indikatoren/indikator-boden.pt.html/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5kaWthdG9yZW4uYWRtaW4uY2gvUHVibG/ljL0FlbURldGFpbD9pbmQ9Qk8wMDUmbG5nPWZyJIN1Ymo9Tg%3d%3d.html>

OFEV. (2017j). Le Conseil fédéral adopte le plan d'action pour la biodiversité. Consulté à

l'adresse :

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/communiqués/msg-id-68017.html>

ONB, Observatoire National de la Biodiversité. (2018). Effort financier national pour la biodiversité. <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/fr/indicateurs/effort-financier-national-pour-la-biodiversite>

Organisation des Nations Unies. (1992). Convention sur la Diversité Biologique. Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement. 30p. Consulté à l'adresse: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf>

Pacheco, A., Carrasco, A. R., Vila-Concejo, A., Ferreira, Ó., & Dias, J. A. (2007). A coastal management program for channels located in backbarrier systems. *Ocean & Coastal Management*, 50(1-2), 119-143. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2006.08.008>

Peckham, S. D., & Goodall, J. L. (2013). Driving plug-and-play models with data from web services: A demonstration of interoperability between CSDMS and CUAHSI-HIS. *Computers & Geosciences*, 53, 154-161. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2012.04.019>

R Studio. (2014). Shinydashboard. <https://rstudio.github.io/shinydashboard/structure.html>

République et canton de Genève. (2018). Surfaces promotion biodiversité (SPB) QI et QII, <https://www.ge.ch/paiements-directs/surfaces-promotion-biodiversite-spb-qi-qii>

Rocklin, D. (2004). Etude de la biodiversité taxonomique et fonctionnelle des peuplements ichtyologiques des herbiers du Grand Cul-de-Sac Marin (Guadeloupe). *Rapport DEA, Université des Antilles et de la Guyane*.
https://www.researchgate.net/profile/Delphine_Rocklin/publication/282976050_Taxonomic_and_functional_biodiversity_of_the_fish_communities_in_the_Grand_Cul-de-Sac_Marin_French_West_Indies_Marine_Reserve_seagrass_habitat/links/5624dd2608ae

[d8dd194941f8/Taxonomic-and-functional-biodiversity-of-the-fish-communities-in-the-Grand-Cul-de-Sac-Marin-French-West-Indies-Marine-Reserve-seagrass-habitat.pdf](#)

Roth, R. E., Ross, K. S., & MacEachren, A. M. (2015). User-Centered Design for Interactive Maps: A Case Study in Crime Analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(1), 262-301. <https://doi.org/10.3390/ijgi4010262>

Ruiz Garcia V. (2014). Evaluation des services écosystémiques terrestres du Canton de Genève, Mémoire n°173, Université de Genève, p.112.

Salem, B. B. (2003). Application of GIS to biodiversity monitoring. *Journal of arid environments*, 54(1), 91-114. <https://doi.org/10.1006/jare.2001.0887>

Sardain, A., Tang, C., & Potvin, C. (2016). Towards a dashboard of sustainability indicators for Panama: A participatory approach. *Ecological Indicators*, 70(Supplement C), 545-556. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.06.038>

Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (CDB). (2014). 4ème édition des Perspectives mondiales de la diversité biologique. Montréal, 155 pages. Consulté à l'adresse : <https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-fr-lr.pdf>

Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. (s.d.). Plan stratégique pour la diversité biologique 2011-2020 et les Objectifs d'Aichi. « Vivre en harmonie avec la nature ». Montréal, 2 pages. <https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-FR.pdf>

SIB, Système d'Information sur la biodiversité en Suisse. (2015a). Plan stratégique 2011-2020 pour la diversité biologique, incluant les Objectifs d'Aichi pour la biodiversité. Consulté à l'adresse : <http://www.sib.admin.ch/fr/convention-sur-la-biodiversite/la-convention/plan-strategique-2011-2020/index.html>

SIB, Système d'Information sur la biodiversité en Suisse. (2015b). Biodiversité: Données et état. Consulté à l'adresse : <http://www.sib.admin.ch/fr/convention-sur-la-biodiversite/biodiversite-donnees-et-etat/index.html>

SIB, Système d'Information sur la biodiversité en Suisse. (2017a). Programmes de monitoring. Consulté à l'adresse : <http://www.sib.admin.ch/fr/convention-sur-la-biodiversite/biodiversite-donnees-et-etat/programmes-de-monitoring/index.html>

SIB, Système d'Information sur la biodiversité en Suisse. (2017b). geocat.ch: catalogue de métadonnées. Consulté à l'adresse : <http://www.sib.admin.ch/fr/convention-sur-la-biodiversite/biodiversite-donnees-et-etat/donnees-sur-la-biodiversite/geocatch-catalogue-de-metadonnees/index.html>

SITG, Système d'Information du Territoire à Genève. (s.d.). Démarche Open Data. Consulté à l'adresse: <http://ge.ch/sitg/donnees/demarche-open-data>

SITG. (2017a). Fiche de métadonnée - Inventaire fédéral des bas-marais d'importance nationale. <https://ge.ch/sitg/fiche/7872>

SITG. (2017b). Fiche de métadonnée -_INVENTAIRE FEDERAL DES PAYSAGES, SITES ET MONUMENTS NATURELS D'IMPORTANCE NATIONALE (IFP)
<https://ge.ch/sitg/fiche/7114>

SITG. (2017c). Fiche de métadonnée - Inventaire fédéral des prairies et pâturages secs,
<https://ge.ch/sitg/fiche/7276>

SITG. (2017d). Fiche de métadonnée - Inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale, <https://ge.ch/sitg/fiche/9860>

SITG. (2017e). Fiche de métadonnée - Réserves naturelles et plans de site,
<https://ge.ch/sitg/fiche/5271>

- SITG. (2018a). Fiche de métadonnée – Corridors agricoles. <https://ge.ch/sitg/fiche/9438>
- SITG. (2018b). Fiche de métadonnée – Corridors aquatiques. <https://ge.ch/sitg/fiche/9440>
- SITG. (2018c). Fiche de métadonnée – Corridors forestiers. <https://ge.ch/sitg/fiche/0824>
- SITG. (2018d). Modification des géodonnées des biotopes d'importance nationale. <https://ge.ch/sitg/actualites/modification-des-geodonnees-des-biotopes-d-importance-nationale>
- SITG. (2018e). Services cartographiques Open Data. <https://ge.ch/sitg/services/services-carto/open-data>
- Skevakis, G., Makris, K., Kalokyri, V., Arapi, P., & Christodoulakis, S. (2014). Metadata management, interoperability and Linked Data publishing support for Natural History Museums. *International Journal on Digital Libraries*, 14(3-4), 127-140. <https://doi.org/10.1007/s00799-014-0114-2>
- Sparks, T., Butchart, S., Balmford, A., Bennun, L., Stanwell-Smith, D., Walpole, M., . . . Green, R. (2011). Linked indicator sets for addressing biodiversity loss. *Oryx*, 45(3), 411-419. <https://doi.org/10.1017/S003060531100024X>
- Summers, P. D., Cunningham, G. M., & Fahrig, L. (2011). Are the negative effects of roads on breeding birds caused by traffic noise?. *Journal of Applied Ecology*, 48(6), 1527-1534. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02041.x>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... & Folke, C. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Structure de coordination du Monitoring de la biodiversité en Suisse. (2006). État de la biodiversité en Suisse. État de l'environnement n° 0604. Office fédéral de

https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/biodiversitaet/uz-umwelt-zustand/zustand_der_biodiversitaetinderschweizergebnissedesbiodiversitaet.pdf.download.pdf/etat_de_la_biodiversiteensuissesynthesedesresultatsdumonitoringd.pdf.

Thirion, J. M., Doré, F., & Sériot, J. (2010). Impact de la pollution sonore. <http://s4.e-monsite.com/2011/04/17/8330267article-pollution-sonore-et-faune-pdf.pdf>

Villard, M., Mazerolle, M. & Haché, S. (2012). L'impact des routes, au-delà des collisions : le cas des oiseaux forestiers et des amphibiens. *Le Naturaliste canadien*, 136 (2), 61–65. <http://id.erudit.org/iderudit/1009108ar>

Ville de Lancy. (2018). Reconversion BIO. <https://nature.lancy.ch/gestion-des-espaces-verts/reconversion-bio>

Walpole, M., Almond, R. E. A., Besançon, C., Butchart, S. H. M., Campbell-Lendrum, D., Carr, G. M., ... Zimsky, M. (2009). Tracking Progress Toward the 2010 Biodiversity Target and Beyond. *Science*, 325(5947), 1503-1504. <https://doi.org/10.1126/science.1175466>

White, H. & Sabarwal, S. (2014). Elaboration et sélection de mesures du bien-être des enfants, *Note méthodologique n°11*, Centre de recherche Innocenti, Florence. Consulté à l'adresse : <https://www.unicef-irc.org/publications/pdf/MB11FR.pdf>

Wittenberg R. (éd.) (2006). Espèces exotiques en Suisse. Inventaire des espèces exotiques et des menaces qu'elles représentent pour la diversité biologique et l'économie en Suisse. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n° 0629: 154 p. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/publications/publications-biodiversite/especes-exotiques.html>

Zufferey, A. & Febbraro, I. (2005). Analyse spatiale des obstacles à la colonisation de la plaine du Rhône par des espèces-cibles. *Thèse de Master*. EPFL. 138p.

<http://www.olika.ch/especes/0-migrations.pdf>

Zuiderwijk, A., Janssen, M., & Parnia, A. (2013). The complementarity of open data infrastructures: An analysis of functionalities. In *Proceedings of the 14th Annual International Conference on Digital Government Research* (pp. 166-171). ACM.

http://delivery.acm.org/10.1145/2480000/2479749/p166-zuiderwijk.pdf?ip=129.194.144.111&id=2479749&acc=ACTIVE%20SERVICE&key=F66C24E42F07228%2E1F81E5291441A4B9%2E4D4702B0C3E38B35%2E4D4702B0C3E38B35&_acm_=1529587046_2a674083cf31c7d50505b84c745058c8

7 Annexes

7.1 Construction des indicateurs

Catégorie : Qualité de la biodiversité

Richesse des espèces présentes :

Données utilisées

Les données utilisées pour la réalisation de cet indicateur sont celles de la DGAN pour la faune. Elles proviennent d'InfoSpecies et de Faune Genève. Les données provenant de Faune Genève sont des données de relevés de citoyens et ont été, pour la majorité, vérifiées par des spécialistes. De plus, toutes les données moins bonnes que 100m de résolution ont été filtrées et les doublons également. Enfin ce sont des données provenant d'observations et donc ce ne sont pas des données renseignant sur la nidification ou la reproduction des espèces. Ces données se présentaient sous forme de fichier *shapefile* et regroupaient les données de plusieurs classes. Les insectes, mammifères, oiseaux et amphibiens et reptiles ont été gardés pour ce travail.

Concernant les données pour la flore, InfoFlora a demandé de réutiliser leurs données (et non pas celles retravaillées et transmises par la DGAN). Deux fichiers ont donc été reçus, regroupant les données de la flore vasculaire : l'un où figurent les données pour le Canton avec un bilan au kilomètre carré et l'autre regroupant les données de la commune de Lancy avec une précision maximale. Ces deux fichiers se présentaient sous forme de fichiers Excel. De ce fait, il n'était pas possible d'avoir des recensements précis, c'est donc pour cela que l'indicateur calcule la richesse et non la diversité des espèces. La flore vasculaire a été séparée en trois classes : les angiospermes, gymnospermes et ptéridophytes.

Construction de l'indicateur

Pour les données concernant la faune, elles ont d'abord été intersectées avec la couche commune (ne pouvant pas la faire passer dans le *Modelbuilder* car de nature différentes que le reste des données), puis le tableau Excel de cette couche a été exporté (ne voulant pas cartographier les résultats, au vu de la sensibilité de ces données, il semblait pertinent de n'extraire que la table d'attributs afin d'avoir une couche moins lourde). Dans Excel, les données espèces ont été réorganisées en fonction des communes en créant un tableau dynamique croisé, en filtrant en fonction des classes qui nous intéressaient (mammifères, oiseaux, etc.), afin de calculer le nombre de taxons par classe et par commune.

Concernant la flore, les données étaient déjà sous forme Excel, il a donc fallu créer deux tableaux dynamiques croisés : un pour le canton et un pour la commune de Lancy. Le même type de tableau croisé dynamique a été calculé afin de pouvoir ensuite regrouper les résultats de toutes les classes ensemble. Le tableau Excel final regroupant toutes les classes a ensuite été exporté dans R.

Diversité des milieux verts :

Données utilisées

Les données ont été récupérées du projet de GE-21. Dans ce cadre-là, il a été tenté de calculer un indicateur permettant d'évaluer les milieux étant les plus favorables pour la biodiversité (en partant de l'hypothèse que plus il y a une diversité de milieux verts, plus ce lieu est favorable pour la biodiversité). Le fichier *raster* récupéré couvre toute la surface du canton de Genève à 50 mètres. La couche de base utilisée pour calculer ces indices a été la carte du SITG des milieux naturels à l'échelle 1:10'000 (SIPV_MN10_CARTO). Le logiciel FRAGSTAT a été utilisé afin de calculer cet indice selon 30 milieux sélectionnés.

Construction de l'indicateur

Le fichier *raster* a été récupéré, après avoir extrait que le canton de Genève, la résolution de la couche a été rendue moins fine avec l'outil *resample* (car celle de base était trop lourde à lire). La projection a été changée permettant d'en créer une carte sur R avec le package *leaflet*. Puis la couche a été convertie en polygone, afin de pouvoir y intersecter la couche par quartier de Lancy (GEO_GIREC sur la database en ligne du SITG) et de pouvoir la faire passer dans le *Modelbuilder* pour l'intersection avec la couche commune. Cela a permis de faire une moyenne des indices par quartier. Elle a ainsi permis de réaliser un diagramme en barre ainsi qu'une projection sur une carte des moyennes sur la commune. De plus, la couche *shapefile* du canton a permis de créer un boxplot en pouvant comparer la commune et le canton.

Corridors bleu-vert-jaune :

Données utilisées

Les données utiles à la création de cet indicateur ont été les corridors bleus, jaunes et verts récupérés sur la géodatabase en ligne du SITG (AGGLO_NAT_CORRIDORS_AQUATIQUES, -AGRICOLES, -FORESTIERS).

Construction de l'indicateur

Les données ont été passées dans le *Modelbuilder* pour les intersecter avec la couche des communes, puis exportées dans R. De plus, après avoir récupéré les tables attributaires des quatre couches, des tableaux dynamiques croisés ont été créés afin de calculer la surface de chaque corridor en fonction de la surface totale de chaque commune, dans le but d'avoir le pourcentage que représente chaque corridor en fonction du territoire de chaque commune. Cela a permis de créer un diagramme de surface par commune et par type de corridors. Les couches *shapefile* de base ont permis, après avoir changé leur système de projection, d'en créer des cartes.

Espèces sur liste rouge :

Données utilisées

Les données utilisées ont été celles reçues par la DGAN, mais cette fois ce sont les données brutes qui ont été utilisées (et non celles retravaillées par la DGAN) - en provenance du CCOKOF (vertébrés et invertébrés sauf oiseaux), CSCF (Infofauna), Station ornithologique (oiseaux) et Karch (amphibiens). Ces données ont permis d'avoir pour chaque espèce un

attribut répertoriant son appartenance, ou non, à une catégorie de listes rouges. Pour les données de la flore, les données reçues par Infoflora ont à nouveau été utilisées.

Création de l'indicateur

Après avoir exportés les tableaux Excel des données *shapefile* pour la faune, des tableaux dynamiques croisés ont été réalisés pour chaque classe d'espèces afin d'avoir le nombre d'espèces en fonction de chaque catégorie de listes rouges (les mêmes groupes ont été repris que pour l'indicateur « richesse des espèces »). Enfin un pourcentage de chaque catégorie de listes rouges en fonction du total a été calculé afin d'avoir des résultats allant de 0 à 100%.

Catégorie : Pressions sur la biodiversité

Espèces exotiques envahissantes :

Données utilisées

Les données utilisées ont été les données d'espèces de flore (car il n'existe pas des listes de classification d'espèces exotiques envahissantes pour les autres groupes). Comme pour l'indicateur de richesse des espèces et celui des espèces sur listes rouges, les données d'Infoflora ont été récupérées. Cependant, seules les données à l'échelle de la commune de Lancy ont pu être utilisées, les données à l'échelle cantonale n'étant pas disponibles. A titre de comparaison, des données, datant de 2014, au niveau national ont été récupérées via le site de l'OFEV.

Construction de l'indicateur

La même procédure que l'indicateur de richesse des espèces a été utilisée : à savoir un tableau croisé dynamique a été créé afin de calculer le nombre d'espèces en fonction de si elles appartenaient ou non à la « black list » ou à la « watch list ».

Fragmentation des milieux :

Données utilisées

Les données ont été récupérées du projet de GE-21. Ces données ont été créées via le logiciel FRAGSTAT avec la couche des milieux à 1 : 5000 du SITG (SIPV_MN_CARTO05), en créant des données à des carrés à l'hectare. Les données ont été catégorisées en fonction de si elles sont des milieux verts ou définies comme des barrières. Ces dernières ont été reprises de la classification de l'OFEV (chemin des fers, routes, etc.). De plus, les données aux frontières n'ont pas été prises en compte, car les données étant à l'hectare, certaines n'avaient pas de valeur. Le logiciel a donc calculé des résultats où plus les valeurs sont proches de zéro, plus cela indique une fragmentation importante, et cela grâce au paramètre MESH qui permet de calculer l'indice expliqué dans la partie méthodologique de construction des indicateurs.

Construction de l'indicateur

Les données récupérées, le même procédé que l'indicateur « diversité des milieux » a été produit, afin de créer un boxplot, un diagramme en barre par quartier, ainsi que deux cartes (une pour la commune par quartier, et une pour tout le canton).

Pollution lumineuse :

Données utilisées et construction de l'indicateur

La thématique de la pollution lumineuse est en plein boom et des travaux sont en cours à Genève afin de pouvoir évaluer cette question. La seule donnée disponible à ce jour est donc une orthophoto nocturne datant de 2013 sur le SITG (Orthophotos_nocturnes_2013). Une extraction de la commune de Lancy a donc été faite depuis l'extracteur en ligne du SITG. Puis sur ArcGIS, l'outil *resample* a permis de changer la résolution (en la rendant moins fine), afin de réduire la taille de l'orthophoto (étant trop lourde et donc pas projetable sur R avec la résolution de base à 40 cm) et elle a finalement été exportée en format *tiff* sur R pour en créer une carte avec le package *leaflet*.

Pollution sonore :

Données utilisées

Afin de pouvoir créer cet indicateur, les données récupérées ont été celles de SonBASE une base de données nationale, *open source*. Elle permet de renseigner toutes les données du bruit au niveau de la Suisse dans son ensemble grâce à un logiciel, qui calcule en fonction de différentes données et ce pour trois sources de bruit différentes : le trafic routier, aérien et ferroviaire. Dans ce travail, seul le bruit lié au trafic routier a été évalué, étant donné l'ampleur de ce phénomène, il est d'ailleurs plus important que les deux autres systèmes. Les valeurs de SonBASE sont en dB, et les couches de base sont des carrés de 10mx10m.

Construction de l'indicateur

Les couches *raster* pour le bruit routier de jour et de nuit ont été importées dans ArcGIS afin d'extraire le canton de Genève, sans le lac. Les outils *resample*, *simplify* et *generalization* ont également été utilisés, afin de réduire la taille de ces couches pour en créer deux cartes dans R. Puis, les couches de base ont été reprises et transformées en *shapefile* (via l'outil *Raster to Polygon*) et passées dans le *Modelbuilder*. Enfin, le pourcentage par commune en dessus des seuils fixés a été calculé via Excel en créant des tableaux dynamiques croisés.

Pollution diffuse agricole

Données utilisées

Les données récupérées pour cet indicateur sont celles du travail de master intitulé « Evaluating Water-Related Ecosystem Services with NatCap Software InVEST and MESH » (Honeck, 2017). Deux couches raster ont été utilisées : l'une indiquant pour le phosphore et l'autre pour l'azote, les lieux dans lesquels pourraient se retrouver ces substances après le ruissellement.

Construction de l'indicateur

Les données *raster* ont été récupérées, simplifiées et reprojetées. Le lac a également été enlevé. Puis dans R, le package *raster* a permis de créer des *boxplots* entre Lancy et le canton. Et des cartes ont été créées pour représenter visuellement les résultats.

Imperméabilisation du territoire :

Données utilisées

La donnée utilisée pour construire cet indicateur a été la couche du SITG des milieux naturels à l'échelle 1:10'000 (SIPV_MN10_CARTO). En premier lieu il avait été choisi d'utiliser la couche à l'échelle 1:5'000, mais les résultats étaient trop lourds et prenaient trop de temps à apparaître sur R.

Construction de l'indicateur

Après avoir passé la couche dans le *Modelbuilder*, le lac a été enlevé via l'outil *erase*, puis la couche a été simplifiée afin d'en réduire sa taille (*Dissolve* en fonction de l'attribut des catégories du code 10, *Simplify et Generalization*). Une fois exportée sur R, une requête SQL a été faite afin de ne garder que les surfaces imperméables, à savoir les milieux suivants :

0 – Autres surfaces dures

28 – Routes - Bâtiments

29 – Voies ferrées

Le choix des milieux sélectionnés s'est fait en fonction des fiches explicatives pour chaque milieu trouvées sur la page des fiches descriptives du Système d'Information du Patrimoine Vert, développées en collaboration entre la DGAN, le CJB et l'hepia (<http://www.ville-ge.ch/cjb/sipv/fichesmn.php>).

Afin de calculer le pourcentage de territoire imperméable pour chaque commune, le fichier a été exporté sur Excel, afin d'en sortir un tableau dynamique croisé.

Enfin, le fichier *shapefile* était trop lourd pour le projeter sur R et avoir une visualisation rapide. Dès lors, seule la commune de Lancy a pu être projetée (et non le canton dans son ensemble).

Catégorie : Bénéfices donnés par la biodiversité

Pollinisation :

Données utilisées

Le but de cet indicateur est donc de permettre une visualisation cartographique des endroits les plus « importants » en termes de pollinisation. Les données ont été récupérées du travail de master « Evaluation des services écosystémiques terrestres du Canton de Genève » (Ruiz, 2014).

Deux couches ont été sélectionnées, à savoir celle représentant l'abondance des pollinisateurs et celles représentant la valeur économique du service. La première indique les endroits où il y a des zones de nidification et d'alimentation proche, qui permettent donc aux pollinisateurs de s'y établir, et permet d'identifier les zones les plus propices pour les espèces étudiées (16 espèces ont été étudiées dans cette étude). La seconde couche représente la valeur économique liée au service de pollinisation, cependant les valeurs ne sont pas en monnaie réelle mais en unité relative, et n'a été faite que en fonction d'une espèce à savoir le *Bombus terrestris*. En effet, la valeur économique dépend de chaque espèce étudiée (elle s'établit en

fonction de l'alimentation à proximité et des distances de butinage) (Ruiz, 2014). Enfin, ces deux couches ont été créées via le logiciel *InVEST*.

Construction de l'indicateur

Les données *raster*, une fois récupérées, ont été travaillées sur ArcGIS (enlever le lac, changer la résolution, simplifier les données et changer la projection). Puis, une fois sur R, grâce au package *raster*, deux *boxplots* ont pu être développés permettant, pour chaque couche de comparer les résultats de Lancy et du canton. Enfin, des cartes à l'échelle cantonale ont pu être développées.

Stockage du carbone :

Données utilisées

Les données ont été récupérées, comme pour l'indicateur précédent, du travail de master « Evaluation des services écosystémiques terrestres du Canton de Genève » (Ruiz, 2014). Ces données ont été réalisées avec le logiciel *InVEST*, en prenant comme données en entrée l'utilisation des sols actuelle et un fichier comprenant le montant stocké par certains réservoirs. Cela a permis d'avoir en sortie une carte permettant de décrire le stockage de carbone en fonction des milieux naturels.

Construction de l'indicateur

La couche *raster* a subi le même procédé que les couches de l'indicateur « Pollinisation ». Puis, la couche a été exportée sur R, afin d'en créer une représentation cartographique et deux *boxplots* ont été développés grâce au package *raster*.

Catégorie : Résultats de mesures pour la biodiversité

Espaces protégés :

Données utilisées

Les données utilisées dans ce travail ont été récupérées sur la *database* du SITG en ligne et 7 couches *shapefile* ont été extraites :

- FFP_OFEFP_PAYSAGE
- FFP_OFEFP_IZA
- FFP_OFEFP_SRB_FIXE : qui intègre désormais FFP_OBAT_REVISION_2010 et FFP_OFEFP_SRB_ITINERANT (SITG, 2018)
- FFP_OFEFP_PATURAGES_SECS
- FFP_OFEFP_BASMARAIS
- FFP_RES_NAT_PLAN_SITE
- FFP_CONVENTION_RAMSAR

Construction de l'indicateur

Après avoir récupéré toutes les couches, une colonne avec leur catégorie de protection a été ajoutée à leur table attributaire (« ESPACE_NAME ») : par exemple « CONVENTION_RAMSAR ». Cela a permis de pouvoir ensuite coupler toutes les couches

ensemble (grâce à l'outil *merge*), et d'avoir un champ en commun, permettant la classification par type de protection. La nouvelle couche rassemblant toutes les catégories de protection a ensuite été passée dans le *Modelbuilder*, avant d'être exportée sur R, afin de pouvoir créer des graphes à différentes échelles.

Les couches de bases ont également été exportées une à une sur R afin de pouvoir les représenter cartographiquement, indépendamment les unes des autres. Étant trop lourde elles ont été simplifiées en utilisant les outils habituels (*Dissolve*, *Simplify* et *Generalization*).

Surfaces de promotion de la biodiversité :

Données utilisées et construction de l'indicateur

La couche *shapefile* des SPB du canton a été récupérée sur la *database* du SITG (AGR_COMP_ECOLO). Après avoir passé la couche dans le *Modelbuilder* sur ArcGIS et l'avoir simplifiée (*Simplify* et *Generalization*), elle a été exportée sur R.

Afin de pouvoir représenter cartographiquement chaque parcelle en fonction du type de catégorie (jachère, haie,...), il a fallu ajouter, dans R, une colonne permettant de créer des grandes catégories (car sinon la représentation en couleur ne permettait pas d'avoir plus de 11 catégories avec *leaflet*). Une requête SQL a été faite afin d'ajouter cette nouvelle colonne.

Afin, de pouvoir calculer un ratio entre la surface de SPB et la surface de cultures et prairies par commune, il a fallu extraire de la couche des milieux Mn10 du SITG (SIPV_MN10_CARTO), les parcelles correspondantes. Après avoir extrait les attributs désirés, cette couche a été passée dans le *Modelbuilder*, puis exportée dans R, afin de calculer la somme totale de surfaces agricoles et de parcelles par commune et de pouvoir la comparer avec la surface de SPB par commune.

Quantifier les investissements sur la biodiversité :

Données utilisées et construction de l'indicateur

Les données utilisées sont celles provenant de la commune et ont permis de répertorier tous les projets visant à réduire les pressions sur la biodiversité de la commune. Cependant, aucune donnée monétaire n'a pu être transmise.

Programmes de sensibilisation :

Données utilisées et construction de l'indicateur

Les données ont également été récupérées de la commune. Un listing de tous les programmes a ainsi pu être fait. De plus, grâce aux informations transmises, des liens avec les URL des sites correspondants ont pu être faits.

Graphiques en toile d'araignée : Comparaison de 5 indicateurs :

Les données utilisées correspondent à celles mentionnées précédemment. 5 indicateurs ont été choisis afin de pouvoir comparer les résultats de chacun et d'avoir « une vue d'ensemble ». Le tableau ci-dessous résume les résultats de chacun :

	Lancy	Canton
Corridors	2.80%	36.73453%
Sonore (1-tot)	100-30.55%	100-13.09%
Imperméabilisation (1- tot)	100-57.206763	100-19.156241
Espaces protégés	5.58%	13.49%
SPB	3.41%	5.058%

Les deux indicateurs de pressions ont été pris à l'envers afin d'avoir les sols perméables et les zones non-pollués par du bruit, car des valeurs de zéros indiquent des résultats « mauvais » et 100 montre les situations « les meilleures ». Les calculs de chacun d'eux ont été faits de la manière suivante :

- Corridors : l'outil *merge* a permis de fusionner les 3 couches sur ArcGIS, pour calculer la surface relative en fonction de la taille des corridors présents.
- Lieux « calmes » (contraire de la pollution sonore): les données de l'indicateur pollution sonore ont été repris, et le totale de chacun d'eux a été soustrait par 100, afin d'avoir les lieux non-pollués par le bruit (100% étant le maximum).
- Sols perméables : le même procédé que les lieux « calmes » a été fait.
- Espaces protégés : les données du diagramme en barre ont été reprises.
- SPB : la surface de SPB par rapport à la surface totale de la commune/du canton a été reprise des données calculées dans cet indicateur.

7.2 Scripts R

ui.R
compags0

Fri Jul 20 10:45:36 2018

```
## ui.R ##
library(shiny)
library(shinydashboard)

##
## Attaching package: 'shinydashboard'

##
## The following object is masked from 'package:graphics':
##   box

library(plotly)

## Loading required package: ggplot2

##
## Attaching package: 'plotly'

## The following object is masked from 'package:ggplot2':
##   last_plot

## The following object is masked from 'package:stats':
##   filter

## The following object is masked from 'package:graphics':
##   layout

library(leaflet)
library(markdown)
```

```
convertMenuItem <- function(mi,tabName) { #fonction utilisée pour avoir la page
nommée accueil directement en page d'accueil et pas les sous-classes
  mi$children[[1]]$attribs['data-toggle']="tab"
  mi$children[[1]]$attribs['data-value'] = tabName
  if(length(mi$attribs$class)>0) && mi$attribs$class=="treeview"){
    mi$attribs$class=NULL
  }
  mi
}
```

```
ui<-
  skin = dashboardPage(
    "green",
    dashboardHeader(
      title = "Zoom sur la biodiversité de Lancy", #ajouter un titre
      titleWidth = 400 #agrandir la fenêtre du titre
    ),
    dashboardSidebar(
      width = 325,
      sidebarMenu(id="menu",
        convertMenuItem(menuItem("Accueil", tabName = "accueil", icon =
          icon("home"), selected=T, #permettre que la page s'ouvre sur la page d'accueil
          menuSubItem(text= "Résumé de 5 indicateurs", tabName=
            "comparaison", icon=
              menuSubItem(text = "Sources des données", tabName =
                "sources_data", icon = icon("book")), "accueil"),
            menuItem("Qualité de la biodiversité", tabName = "quality", icon =
              icon("leaf"),
                menuSubItem(text = "Présentation", tabName =
                  "presentation_quality",
                    menuSubItem(text = "Richesse des espèces",tabName =
                      "ind_richesse"),
                      menuSubItem(text = "Diversité des milieux", tabName =
                        "ind_diversite"),
                        menuSubItem(text = "Corridors de passage", tabName =
                          "ind_trames"),
                          menuSubItem(text = "Espèces en listes rouges", tabName =
```

```
"ind_listerouge")),
#Nous les icônes disponibles se trouvent sur internet
menuItem("Pressions", tabName = "pression", icon = icon("thumbs-
down"),
    menuSubItem(text = "Présentation", tabName =
"presentation_pression"),
    menuSubItem(text = "Espèces exotiques envahissantes", tabName
=
"ind_envahissantes"),
    menuSubItem(text = "Fragmentation des milieux", tabName =
"ind_fragmentation"),
    menuSubItem(text = "Pollution lumineuse", tabName =
"ind_lumineuse"),
    menuSubItem(text = "Pollution agricole", tabName =
"ind_agricole"),
    menuSubItem(text = "Pollution sonore", tabName =
"ind_sonore"),
    menuSubItem(text = "Imperméabilisation des sols", tabName =
"ind_imper")),
    menuItem("Bénéfices", tabName = "benefit", icon = icon("check-
circle"),
    menuSubItem(text = "Présentation", tabName =
"presentation_benefit"),
    menuSubItem(text = "Pollinisation", tabName =
"ind_pollinisation"),
    menuSubItem(text = "Carbone", tabName = "ind_carbone"),
    menuItem("Résultats", tabName = "resultats", icon = icon("trophy"),
    menuSubItem(text = "Présentation", tabName =
"presentation_resultats"),
    menuSubItem(text = "Espaces protégés", tabName =
"ind_protege"),
    menuSubItem(text = "Surfaces de promotion de la biodiversité",
tabName =
"ind_compensation"),
    menuSubItem(text = "Investissements pour la biodiversité",
tabName =
"ind_investissement"),
    menuSubItem(text = "Programmes de sensibilisation", tabName
=
"ind_programme"))
)
```

```
),
dashboardBody(
  tags$head(
    tags$link(rel = "stylesheet", type = "text/css", href = "style_dashboard.css")
  #intégrer la page CSS pour la page body
  ),
  tabItems(
    ##Accueil###
    dataTable(tabName = "accueil", h1("Zoom sur la biodiversité de Lancy",
tags$img(
  src="Lancy-drapeau.png", height= 80, width=70),
  h3("Qu'est-ce que la biodiversité? Combien y a-t-il d'espèces à Lancy?
Qu'est-ce que la biodiversité? Combien y a-t-il d'espèces à Lancy?
et qu'est-ce qui les fait disparaître?... Toutes ces questions concernent la
biodiversité, mais il est souvent difficile
d'y trouver des réponses simples et claires. C'est pourquoi, de manière
générale, il semble que la population manque
d'informations lui permettant de comprendre et de connaître ce qu'est la
biodiversité et son évolution. Dans cette optique,
ce site vise à permettre aux lancéans et aux autorités de pouvoir se
renseigner sur l'état de la biodiversité dans
l'appauvrissement de la biodiversité. Il s'agit donc à la fois d'un outil
de sensibilisation sur cette thématique et en même temps un instrument
d'aide à la décision afin que les autorités aient
une information utile et à jour pour qu'ils prennent en considération, dans
leurs décisions, la biodiversité et ses enjeux."),
    br(),
    fluidRow(box(width= 6, title= "La biodiversité: Qu'est-ce que c'est?",
status= "warning", solidHeader= TRUE,
collapsible = TRUE,
h3(La biodiversité peut être définie comme "la base de vie sur
terre",
tags$a(href="https://www.ba.fu.admin.ch/dam/ba.fu/f/dokumente/biodiversitaet/uz-
umwelt-zustand/biodiversitaet-schweiz-zustand-entwicklung.pdf/download.pdf/UZ-1630-
F_2017-06-20.pdf.
"(OFEV, 2017)."),
```

	Elle prend en compte "la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes", tags\$a(href="https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf", "ONU, 1992).",	
essentiels	"La biodiversité produit également des services écosystémiques, pour nos sociétés actuelles, sans eux nous ne pourrions vivre comme nous le faisons aujourd'hui. Nous sommes totalement dépendants de ces services. Il s'agit par exemple des denrées alimentaires que nous retirons de la biodiversité, de sa capacité à réguler le climat ou encore de l'eau potable qu'elle produit.", brO,	
biodiversité,	"La vidéo ci-dessous permet de résumer et d'illustrer ce qu'est la façon ludique.", tags\$a(href="https://www.youtube.com/watch?v=9oxr0yhC7cE", "Source Vidéo: 1 jour, 1 question)", brO, brO,	
	div(style="text-align:center",HTML(<iframe width="400" height="315"	
src="https://www.youtube.com/embed/9oxr0yhC7cE"		
encrypted-media"	frameborder="0"	allow="autoplay;
	allowfullscreen></iframe>))	
	)),	
"l'appauvrissement	box(width= 6, title= div(HTML(paste("Une urgence aujourd'hui:", de la biodiversité", sep= "
")), align= "center", insère une fonction HTML pour permettre de mettre à la ligne	
	status= "danger", solidHeader= TRUE,	
	collapsible = T,	
	h3(	
un	"En juillet 2017, l'Office fédéral de l'Environnement (OFEV) a sorti rapport sur	
le	l'état de la biodiversité en 2016. Ce dernier est alarmant et évoque de mesures efficaces",	
	réellement	

	tags\$a(href="https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/biodiversitaet/uz-umwelt-zustand/biodiversitaet-schweiz-zustand-entwicklung.pdf.download.pdf/UZ-1630-F_2017-06-20.pdf	
	"OFEV, 2017).",	
	"Depuis une vingtaine d'années beaucoup de mesures ont été prises afin de répondre à ce problème. Mais malgré ces efforts, l'appauvrissement de la biodiversité reste préoccupant. De plus en plus, le monde scientifique tire la sonnette	
vidéo	d'alarme sur l'importance d'agir avant qu'il ne soit trop tard. La vidéo ci-dessous permet de comprendre les menaces pesant sur la biodiversité	
	et l'importance de la préserver", tags\$a(href="https://www.youtube.com/watch?v=GuS9EU4Rjw", "Source Vidéo: UNESCO).", brO,	
	brO,	
	div(style="text-align:center",HTML(<iframe width="400" height="315"	
src="https://www.youtube.com/embed/GuS9EU4Rjw"		
media"	frameborder="0"	allow="autoplay; encrypted-media"
	allowfullscreen></iframe>)),	
	brO	
	)),	"center"),
	fluidRow(box(width= 12, title= "Comment évaluer la biodiversité?", status= "primary", solidHeader = TRUE,	
	h3("En attendant, il est souvent difficile pour la population de savoir où en est sa biodiversité. La biodiversité est un concept	
	complexe, évoquant de multiples éléments. C'est pourquoi il a été choisi de développer différents indicateurs, afin de synthétiser au mieux l'information existante et de pouvoir sortir des	
	tendances sur la situation et l'évolution de la biodiversité. De plus, ces indicateurs ont été répartis en fonction de 4 catégories,	

```
permettant ainsi de comprendre
les relations entre chaque indicateur",


infoBoxOutput("richesse1", width = 6),
    infoBoxOutput("pression1", width = 6),
    infoBoxOutput("benefit1", width = 6, style='padding:10px'))
    infoBoxOutput("resultats1", width = 6, style='padding:10px'))
    align="center"),
fluidRow(box(width= 12, title="Pour aller plus vite et plus loin...", status=
"success", solidHeader= TRUE,
collapsible = T, collapsed = T,
h3("Les deux pages, Comparaison de 5 indicateurs et Sources de
données, permettent, pour la
première de faire un résumé de 5 indicateurs. Elle est utile si l'on
veut un coup d'oeil sur la situation
de la commune de façon synthétisée. La seconde page résume les
sources des données permettant d'aller
plus loin et de comprendre d'où proviennent chacune des données
utilisées."),
infoBoxOutput("comparaison1", width = 6),
infoBoxOutput("sources1", width = 6)
)),
),
tabItem(tabName = "comparaison", h2("Comparaison et résumé des résultats
de 5 indicateurs"),
fluidRow(box(width= 12, title= "Graphique résumant plusieurs
indicateurs", status= "success", solidHeader= TRUE,
collapsible = TRUE,
plotlyOutput("qualite1plotly", width = "600px", height =
"800px"),
br(), box(width= 12, title= "Explication des résultats", status=
"warning", solidHeader = TRUE,
h3("Ce graphique permet de comparer les résultats entre
Lancy et le canton.
Mais également de voir la proportion de chaque
indicateur entre eux et de pouvoir,
dans la mesure du possible, les comparer. Grâce à ce


```

```
graphique, nous pouvons constater que la commune de Lancy a
toujours une situation
résultats « moins bonne » que celle du canton (même si tous les
avec en valeurs relatives, afin de ne pas biaiser les mesures
la le canton).
Cependant, au niveau des SPB la commune est proche de
la situation au niveau cantonal.
)),
"danger", box(width= 12, title= "Besoin de plus d'informations?", status=
TRUE, solidHeader=
h3("Ce graphique résume grandement les résultats de 5
indicateurs. Pour avoir plus de détails sur ces indicateurs,
visite du reste du site pour être pleinement informé."),
align="center"),
tabItem(tabName = "sources_data", h2("Présentation des sources de
données"),
fluidRow(box(width= 12, title= "", status= "danger", solidHeader=
TRUE,
h3("Différents canaux de données existent en Suisse, et ce, à
différents niveaux (national, cantonal, communal), il a donc
faillu
se plonger dans les sites et bases de données correspondantes.
Les données récupérées proviennent des sources suivantes: ",
div(style= padding:15px',
tags$li(tags$a(href="https://www.infospecies.ch/fr/atlas-en-
"InfoSpecies")),
tags$li(tags$a(href="https://www.infoflora.ch/fr/",
"Infoflora")),
tags$li(tags$a(href="https://www.vogelwarte.ch/fr/oiseaux/les-oiseaux-de-suisse/",
tags$li(tags$a(href="https://www.ornithologie.suisse")),
tags$li(tags$a(href="https://lep.usn.ch/tab/", "CSCF-
Karch")),
tags$li(tags$a(href="https://ge.ch/sitg/", "Le
Système
d'Information du Territoire à Genève (SITG)")),
```

```
tags$li(tags$a(href="http://www.ge21.ch/", "GE-21")),
tags$li("La commune de Lancy",
tags$a(href="https://www.lancy.ch/", "(Site Web)")),
tags$li("Des anciens travaux de Master du MUSE",
tags$a(href="http://www.unige.ch/muse/", "(Site Web)"))
)),
align= "center"),
###Qualité de la biodiversité###
tablem(tabName = "presentation_quality",
fluidRow(box(title= h2("Catégorie: Qualité de la biodiversité"), status=
"danger",
h3("Cette première catégorie permet de renseigner sur l'état de la
biodiversité.
En effet, il semble souvent difficile de se rendre compte de la
situation des espèces
et des écosystèmes. C'est pourquoi cette partie tente, à travers
quatre indicateurs, de donner
un aperçu de la qualité de la biodiversité à l'échelle communale,
en la comparant avec des
échelles plus grande ou avec les résultats des autres communes du
canton, afin d'avoir une échelle de comparaison.",
br(), "Les quatre indicateurs choisis sont les suivants:", br(), br(),
div("#utilisation de div) permet de par exemple mettre un style à
une seule sélection
espèces",
actionButton(inputId= "ind_richesse1", "La richesse des
style="background-color:#a1d1ed"),
actionButton(inputId= "ind_corr1", "Les corridors de passage",
style="background-color:#a1d1ed"),
actionButton(inputId= "ind_listes1", "Les espèces sur listes
rouges",
style="background-color:#a1d1ed"),
style="text-align:center"))
, width= 12, align= "center"),
fluidRow(actionButton(inputId = "precedent1", label = "Page
d'acueil"),
actionButton(inputId = "suivant1", label = "Indicateur suivant"),
```

```
align= "center")),
#ajouter des boutons indic suivant
tablem(tabName = "ind_richesse", h2("Indicateur: Richesse des espèces
présentes"),
fluidRow(box(width= 12, title= "Présentation", status= "primary",
solidHeader= TRUE, collapsible = TRUE, #ajoute une box avec couleur et options
biodiversité,
h3("Dans le but de pouvoir renseigner sur la qualité de la
biodiversité,
une estimation des
espèces
vivantes sur le territoire de la commune a été faite. Elle permet
ainsi de savoir combien d'espèces
différentes sont établies à Lancy. Les données ont été
récupérées de la Direction générale de l'agriculture et de la nature
(DGAN), en provenance de différents centres nationaux, et
d'Infoflora.
Il a ainsi été possible de calculer la richesse d'espèces connues
jusqu'en 2018 sur la commune. Ci-dessous se trouvent les
liens aux différents centres, sources des données récupérées.
Quatre classes d'espèces faunistiques et trois groupes de flore
ont été sélectionnés, afin d'estimer la richesse en espèces.
D'autres groupes et classes pourraient être ajoutés dans le futur.
Toutefois cette première représentation permet de donner une
estimation de ce qui est présent à Lancy.",
h3("Les listes d'espèces sont disponibles sur les sites suivants:",
div(style=
tags$li(tags$a(href="https://www.infospecies.ch/fr/atlas-en-
ligne.html", "InfoSpecies")),
tags$li(tags$a(href="https://www.infoflora.ch/fr/",
"Infoflora")),
tags$li(tags$a(href="https://www.vogelwarte.ch/fr/oiseaux/les-
oiseaux-de-suisse/",
"Station ornithologique suisse")),
tags$li(tags$a(href="https://lep.usn.ch/tab/", "CSCF-
Karach))),
br(), "Sur ces sites, est disponible un certain nombre
d'informations, tel
les listes des espèces présentes sur la commune, des fiches
explicatives par espèce,
etc.))).
fluidRow(box(title= "Résultats: Espèces de faune", status= "success",
```

```
solidHeader=      TRUE,
                  plotlyOutput("plotEsp"),
                  box(title = "Résultats Espèces de flore", status= "success",
solidHeader=      TRUE,
                  plotlyOutput("plotFlore")),
                  fluidRow(box(width= 12, title= "Explication des résultats", status=
"warning",
solidHeader
=      TRUE,
la      commune
avec      celle
sur      le      canton.
Les
résultats
sont
en
valeurs
absolues,
c'est
pourquoi
le
canton
a
toujours
des
résultats
plus
élevés
que
la
commune.
Cependant,
il
est
à
noter
que
les
oiseaux
sont
la
classe
la
plus
représentée
au
niveau
communal.
Au
niveau
cantonal,
c'est
le
groupe
des
insectes
qui
est
le
plus
représenté.
Pour
la
flore,
les
angiospermes
sont
les
plus
représentés
à
la
fois
pour
la
commune
et
le
canton.",
br),
deux
afin
d'avoir
les
résultats
pour
chaque
groupe,
ou
d'utiliser
les
outils
en
haut
de
chacun
d'eux
(zoom,
agrandissement,
)),
helpText("Données en provenance de la DGAN et de Infoflora"),
fluidRow(actionButton(inputId = "precedent2", label = "Présentation
précédente"),
actionButton(inputId = "suivant2", label = "Indicateur suivant")),
align=
"center"),
tablem(tabName
=
"ind_diversite",
h2("Indicateur:
Diversité
des
milieux
naturels"),
fluidRow(box(width= 12, title= "Présentation", status= "primary",
solidHeader=
TRUE,
collapsible
=
TRUE,
milieux
présents,
car
certaines
d'entre-elles
sont
spécialisées
dans
certains
milieux.
C'est
pourquoi,
la
disparition
de
certains
milieux
entraîne
une
perte
potentielle
d'espèces
dépendantes
de
```

```

ces
milieux.
Il
est
donc
important
de
pouvoir
avoir
une
information
sur
les
milieux
présents.",
br),
"La
diversité
des
milieux
permet
d'estimer
en
un
indice
à
la
fois
la
richesse
des
milieux
présents
et
prend
également
en
considération
la
fréquence
de
chaque
milieu.
Les
résultats
de
cet
indicateur
(calculé
à
une
échelle
de
50m)
varie
entre
0
(pas
de
diversité)
et
Log
du
nombre
de
milieux
présents
(diversité
la
plus
importante).
Nous
partons
donc
de
l'hypothèse
que
plus
un
espace
est
diversifié,
plus
il
sera
favorable
à
la
biodiversité.
Les
milieux
urbanisés
(routes,
bâtiments,etc.)
ne
sont
pas
compris
dans
ce
calcul,
afin
de
pouvoir
avoir
une
représentation
des
milieux
les
plus
bénéfiques
à
la
biodiversité.")),
fluidRow(box(width= 6, title= "Boxplot", status= "success",
solidHeader=
TRUE,
plotlyOutput("plotDiv",
height=
"400px"),
box(width= 6, title= "Explication du Boxplot", status= "warning",
solidHeader
=
TRUE,
h3("Cette
représentation
permet
de
comparer
la
distribution
des
résultats
de
la
commune
et
celle
du
canton.
Elle
révèle
ainsi
que
les
résultats
pour
Lancy
semblent
être
distribués
vers
des
indices
un
peu
plus
hauts
que
ceux
du
canton
(la
médiane
est
légèrement
plus
haute
ainsi
que
la
distribution
autour
de
la
médiane
est
resserrée
et
les
25%
des
résultats
les
plus
bas
ont
des
indices
plus
élevés
que
le
canton).
Il
semblerait
donc
que
Lancy
ait
une
tendance
à
une
diversité
en
milieux
plus
élevée
par
rapport
à
la
distribution
du
canton."
)),
fluidRow(
```

```
box(width= 8, title = "Diagramme en barre par quartier", status=
"success", solidHeader= TRUE,
plotlyOutput("plotDivLancy", height= "700px"),
box(width= 4, title= "Explication du diagramme", status= "warning",
solidHeader = TRUE,
h3("Ce diagramme en barre permet de comparer les moyennes
par quartier
la commune de Lancy. Au vu de ses résultats,
nous constatons que les quartiers proches de l'Aire sont les plus
diversifiés.")
)),
fluidRow(leafletOutput("div_milieuGIREC", width = "900px"), br()),
fluidRow(
box(width= 12, title= "Explication de la carte", status= "warning",
solidHeader = TRUE,
collapsible = TRUE,
h3("La représentation cartographique permet de confirmer et de
visualiser ce qui a été énoncé précédemment à propos
des résultats par quartier. De plus, la carte recouvrant tout le canton
de Genève permet de constater
des résultats très hétérogènes partout sur la surface cantonale. Il est
à noter toutefois que le centre de
la ville de Genève a les résultats les plus bas.", br()),
"Il est possible d'interroger la carte, en zoomant, en s'y déplaçant et
en sélectionnant la (ou les)
cartes à visualiser, en fonction des options intégrées sur la
représentation
cartographique.")
)),
helpText("Données: Ge21, Projet RPT - Indicateurs Services
Ecosystémiques"),
fluidRow(actionButton(inputId = "precedent3", label = "Indicateur
précédent"),
actionButton(inputId = "suivant3", label = "Indicateur suivant")),
align= "center",
tableItem(tabName = "ind_trames", h2("Indicateur: Corridors de passage pour
les espèces"),
fluidRow(box(width= 12, title= "Présentation", status= "primary",
```

```
solidHeader= TRUE, collapsible = TRUE,
h3("De plus en plus, les espaces de passages pour les espèces de
faune deviennent un sujet
alarmant, et ce à toutes les échelles. La fragmentation du
territoire, dûe à l'urbanisation
et au développement des zones de transports, est de plus en
plus
problématique pour le déplacement des espèces. Il y a un réel
besoin
de créer des lieux de passage, des couloirs pour ces animaux. C'est
pourquoi, au niveau national
et au niveau cantonal, de plus en plus de moyens sont mis en
place pour développer des zones de passage
pour les espèces de faune. De plus, dans le contexte genevois,
avec le développement du Grand Genève,
cette thématique est d'autant plus d'actualité, car les espèces
faunistiques n'ont
pas de frontière, il faut donc coordonner l'espace des deux
côtés des pays. C'est d'ailleurs
l'un des objectifs de la Stratégie Biodiversité 2030 du canton de
Genève,
acceptée il y a quelques mois, d'aménager les corridors de
passages à faune.
De ce fait, le suivi de ces corridors semble être un indicateur
particulièrement essentiel
afin d'évaluer l'état de la biodiversité au niveau communal.
Trois types de corridors ont été
sélectionnés afin d'évaluer les zones de passage à faune:",
div(style= "padding:15px",
tags$h1("Les corridors jaunes (ou agricoles): les prairies,
vergers, cultures extensives, etc.", tags$a(href="https://ge.ch/sitg/fiche/9438", "(Source
SITG)")),
tags$h1("Les corridors bleus (ou aquatiques): les cours d'eau,
zones humides et berges.", tags$a(href="https://ge.ch/sitg/fiche/9440", "(Source
SITG)")),
tags$h1("Les corridors verts (ou forestiers): les forêts, bosquets,
bois, etc.", tags$a(href="https://ge.ch/sitg/fiche/0824", "(Source SITG)")),
```

```
"La vidéo ci-dessous permet de résumer l'explication et
l'importance des corridors biologiques",
tags$a(href="https://www.youtube.com/watch?v=k8c9By29cKo", "Source Vidéo: CEN
Savoie."), brO, brO,


#pour
ajouter une vidéo soit ajouter avec fonction HTML, soit avec fonction tag$iframe
)),
fluidRow(box(width= 12, title= "Diagramme par commune",
status= "success", solidHeader= TRUE, collapsible = TRUE,
plotlyOutput("plotCor", width = "750px", height =
"1500px")),
fluidRow(valueBoxOutput("Corr_Agri_Lancy_pourcentage", width =
4),
valueBoxOutput("Corr_Aqua_Lancy_pourcentage", width = 4),
valueBoxOutput("Corr_Foret_Lancy_pourcentage", width = 4)),
fluidRow(box(width= 12, title= "Explication des résultats", status=
"warning", solidHeader = TRUE,
h3("Le diagramme en barres pour toutes les communes de
Genève a été créé
afin de pouvoir comparer dans quelles communes il y a le plus
de corridors biologiques, en surface relative. Cela permet de constater que
Lancy a une très petite
part de son territoire identifiée comme passage à faune.
Ce type d'information ne prend de sens,
que s'il y a un suivi dans le temps afin de voir l'évolution de
ces corridors
dans chaque commune, et pouvoir estimer les modifications,
les pertes ou les gains de chaque corridor.", brO, "Ci-dessous la représentation
cartographique de visualiser où se trouve chaque corridor sur tout


```

```
le territoire du Grand Genève. Cela permet de montrer la
nécessité de travailler
au-delà des frontières. De plus, il est à constater que même si la
commune de Lancy
ne comprend qu'une infime part de corridors biologiques, nous
retrouvons, comme pour
l'indicateur de diversité des milieux, de nouveau
la zone autour de l'Aire comme faisant partie des corridors de
forêts. L'Aire et ses
environs semblent donc être des zones d'importance en
termes de qualité de la biodiversité sur le périmètre de la
commune.")
)),
fluidRow(leafletOutput("corr_mapGE", width = "900px"),
##es status sont les couleurs au dessus des titres
##solidheader= permet de colorer toute la bande du titre
##collapsible = TRUE ==> permet de faire fenêtre ouvrante/fermante du
graphique/image,...
##background = "yellow" ==> le fond du graphique devient de la couleur
qu'on lui donne
##height= la grandeur de la boîte, on configure manuellement comme ça
ont toutes la même grandeur
fluidRowO,
helpText("Données en provenance du SITG"),
fluidRow(actionButton(inputId = "precedent4", label = "Indicateur
précédent"),
actionButton(inputId = "suivant4", label = "Indicateur suivant"),
align= "center"
),
tabItem(tabName= "ind_listerouge", h2("Indicateur: Espèces en listes rouges
dans la commune"),
fluidRow(box(width= 12, title= "Présentation", status= "primary",
solidHeader= TRUE, collapsible = TRUE,
h3("Le dernier indicateur choisi pour estimer l'état de la
biodiversité, est le poids de menace pesant
sur chaque espèce, car une espèce peut être présente, mais être
grandement menacée d'extinction.
```

```
C'est pourquoi l'indicateur du nombre d'espèces sur listes
rouges a été sélectionné. L'un des buts
espèces et de les préserver au maximum.
International Pour cela, elle se base sur les listes rouges de l'Union
de la Nature (UICN). Pour qu'une espèce soit mise dans une des
catégories de listes rouges,
il y a plusieurs critères qui sont étudiés et l'évaluation de la
place de chaque espèce est régulièrement
mise à jour, afin d'évaluer au mieux l'état des menaces pesant
sur chaque espèce. Ci-dessous une image permet de
visualiser les différentes catégories des listes rouges.", br(),
tags$img(
src="red_list1.png", height= 300, width=400, style="display:
block; margin-left: auto; margin-right: auto;"), br(),
div(style="text-align:center", #permet de centrer qu'une partie
du "Source:",
tags$a(href="http://cmsdocs.s3.amazonaws.com/keydocuments/Categories_and_Criteria_
fr_web%2Bcover"%2Bbcover.pdf",
"UICN", 2000", align="center"))),
fluidRow(box(width=6, title= "Résultats pour le Canton",
status= "success", solidHeader= TRUE,
plotlyOutput("plotRedlist1", height= "600px"),
box(width=6, title= "Résultats pour Lancy",
status= "success", solidHeader= TRUE,
plotlyOutput("plotRedlist2", height= "600px"),
fluidRow(box(width= 12, title= "Explication des résultats", status=
"warning", solidHeader = TRUE,
fonction h3("Les résultats de cet indicateur permettent d'estimer en
de chaque groupe
et classe de faune et de flore, la part relative de chaque
catégorie de
listes rouges. Ainsi il peut être conclu qu'il y a plus
d'amphibiens et reptiles
```

```
en danger critique par rapport au total, à Lancy, qu'il n'y en a
sur le canton.
commune Il est également à noter qu'il n'y a pas d'espèces éteintes sur la
environ ce pour toutes les catégories étudiées. Cependant, il y a au total
18%
des espèces présentes à Lancy qui ont statut vulnérable ou plus,
contre environ 25% pour le canton.
)),
helpText("Données en provenance de la DGAN et de Infoflora"),
fluidRow(actionButton(inputId = "precedent5", label = "Indicateur
précédent"),
actionButton(inputId = "suivant5", label = "Indicateur suivant"),
align= "center"),
### Pression###
tabItem(tabName = "presentation_pression",
fluidRow(box(title= h2("Catégorie: Pressions sur la biodiversité"),
status= "danger",
h3("Cette seconde catégorie permet de renseigner sur les
menaces qui pèsent sur la biodiversité.
En effet, de plus en plus de pressions déstabilisent les espèces
et écosystèmes,
peuvent à termes affaiblir la biodiversité. Il semble donc
pertinent de pouvoir
visualiser ces menaces et de percevoir les endroits les plus
sensibles où il faudrait
prendre des mesures. Le but est également de faire des
comparaisons avec les indicateurs
de la catégorie précédente, mais aussi, avec les suivantes, afin
de pouvoir comprendre comment
tout fonctionne. Il pourrait ainsi être intéressant de voir les
lieux où il y a le
plus de pressions en fonction de la situation de la biodiversité
sur la commune et de comprendre
les relations entre ces deux catégories.",
br(), "Six indicateurs ont ainsi été choisis:", br(), br(),
```

```
div( '#utilisation de div() permet de par exemple mettre un
style à une seule sélection
envahissantes",
actionButton(inputId= "ind_exo1", "Espèces exotiques
style="background-color:#edafaf"),
actionButton(inputId= "ind_frag1", "Fragmentation des
milieux",
style="background-color:#edafaf"),
actionButton(inputId= "ind_lum1", "Pollution lumineuse",
style="background-color:#edafaf"),
actionButton(inputId= "ind_agri1", "Pollution diffuse
agricole",
style="background-color:#edafaf"),
actionButton(inputId= "ind_imper1", "Imperméabilisation
des sols",
style="text-align:center")
width= 12, align= "center"),
fluidRow(actionButton(inputId = "precedent6", label = "Indicateur
précédent"),
actionButton(inputId = "suivant6", label = "Indicateur suivant"),
align=
),
tableItem(tabName = "ind_envahissantes",
h2("Indicateur: Espèces exotiques envahissantes"),
fluidRow(box(width= 12, title= "Présentation", status= "primary",
TRUE, collapsible = TRUE,
solidHeader= h3("Les espèces exotiques envahissantes sont un enjeu majeur de
nos sociétés, car du fait de la mondialisation, les
espèces se font, elles aussi, transporter et cela amène à rendre
la biodiversité de plus en plus
définies comme des «plantes exotiques introduites
ou non et qui se sont établies à l'état sauvage.
[...] qui se répandent fortement et rapidement en entraînant des
dommages»
(Infoflora).",
br(),
"Au niveau des végétaux,
deux listes existent, permettant ainsi un contrôle sur ces
```

```
espèces. Ces listes sont aussi un outil d'aide à la
en fonction de chaque espèce. La Black List répertorie
connaissances
actuelles, un fort potentiel
et prouvés au niveau de la diversité biologique,
ces espèces doivent être empêchées» et la
qui ont Watch List renseigne sur les plantes exotiques envahissantes
des dommages modérés ou forts au niveau
présence et l'expansion de ces espèces
sur ces espèces doivent être réunies» (Infoflora).
une indication des menaces pesant sur la biodiversité,
tags$a(href="https://www.infoflora.ch/fr/neoophytes/listes-et-
fiches.html",
"(Source Infoflora)"
)),
fluidRow(column(width= 2), column(width=8, box(title= "Résultats",
width=
status= "success", solidHeader= TRUE, align= "center",
plotlyOutput("EspExoPlot",
height= "400px", width=
"500px")),
column(width=
2)),
"warning",
fluidRow(box(width= 12, title= "Explication des résultats", status=
solidHeader = TRUE,
h3("Le graphique ci-dessus présente donc les résultats permettant
de dénombrer le nombre
en fonction des deux listes
présentées précédemment. Seules les données au niveau
```

national	ont pu être récupérées
	à titre de comparaison avec les résultats de la commune. De ce fait, les résultats ne
comparaison	sont pas très convaincants, il faudrait une échelle de
	plus fine, comme par exemple les résultats par commune du canton de Genève, pour faire une analyse plus pertinente.
	Toutefois, il peut être conclu qu'en comparaison avec les observations suisses, Lancy a un peu plus d'un tiers des espèces exotiques envahissantes de flore connue au niveau national.")
	)),
	helpText ("Données en provenance de la DGAN et de Infoflora"),
	fluidRow (actionButton (inputId = "precedent7", label = "Présentation précédente"),
	actionButton (inputId = "suivant7", label = "Indicateur suivant")),
	align= "center"
	),
	tabItem (tabName = "ind_fragmentation",
	h2 ("Indicateur: Fragmentation des milieux"),
	fluidRow (box (width= 12, title= "Présentation", status= "primary",
	solidHeader = TRUE , collapsible = TRUE ,
	h3 ("La fragmentation du territoire (ou morcellement du territoire) renseigne sur le
	découpage du territoire induit par les routes, les bâtiments, chemins de fer, etc.
	Ces éléments vont créer des barrières difficilement franchissables pour les espèces
	de faune. En effet, cela va impacter sur la possibilité de se déplacer, de migrer,
	pour se nourrir et également pour se reproduire. Il est donc primordial de savoir comment
	restorer et où le territoire est découpé, afin d'aménager, protéger et des zones de passages
	et d'habitat pour les espèces de faune. Cet indicateur est en lien avec l'indicateur

	de corridors de passage, puisque si l'on veut aménager en conséquence de la fragmentation,
	il faut créer des lieux de passage à faune permettant de reconnecter des espaces séparés
	à cause de ce morcellement du territoire.", br ()), L indicateur a été ici calculé sous forme d'indice
	(à une échelle de 100m).
	Les valeurs proches de zéro indiquent une fragmentation très élevée.
	On peut interpréter cela
	comme le fait que, plus la fragmentation est élevée, moins deux individus répartis au hasard sur un territoire donné arriveront à se rejoindre.))",
	fluidRow (box (width= 6, title= "Boxplot", status= "success",
	solidHeader = TRUE ,
	plotlyOutput ("boxplotFrag", height = "500px"),
	box (width= 6, title= "Explication du Boxplot", status= "warning",
	solidHeader = TRUE ,
	h3 ("La distribution des résultats de la commune en comparaison avec celle du canton, laisse
	penser que Lancy est plus fragmenté que le canton. La distribution des valeurs de la commune
	– en particulier la distribution de la médiane et de l'intervalle interquartile,
	resserré autour de la médiane—est plus proche des valeurs de 0 que les résultats
	pour le canton, indiquant une fragmentation plus importante. Il y aurait donc moins de zones
	permettant les passages pour les espèces de faune sur la commune que le canton dans son ensemble.")
	)),
	fluidRow (box (width= 8, title = "Diagramme en barre par quartier",
	status = TRUE ,
	success , solidHeader = TRUE ,
	plotlyOutput ("plotFragGIREC", height = "900px"),
	box (width= 4, title= "Explication du diagramme", status=
	warning , solidHeader = TRUE ,
	h3 ("Cet indicateur a également été représenté à l'échelle des quartiers :

fragmentés	ceux-ci montrent que tous les quartiers sont passablement
Cependant,	au vu des moyennes par quartier ne dépassant pas 1,5. les zones proches du Rhône semblent être les moins fragmentées de la commune. Toutefois, il est à constater que les zones autour de l'Aire, qui sont, rappelons-le, des corridors verts, ont des moyennes peu élevées, ce qui n'est donc pas un point positif pour permettre d'avoir des corridors de qualité pour les espèces de faune.))
	fluidRow(leafletOutput("fragmap", width = "900px"), br()),
solidHeader	box(width= 12, title= "Explication de la carte", status= "warning", collapsible = TRUE,
premier	h3("La représentation cartographique ci-dessus permet dans un temps de visualiser les moyennes par quartier sur la commune de Lancy, et de pouvoir ainsi localiser chaque quartier sur la carte.
compte	De plus, la carte pour tout Genève a été ajoutée, afin de se rendre de la distribution sur le terrain. Grâce à cette carte, on voit clairement le centre urbain et les axes routiers traversant le canton.
travers	Tout cela crée des barrières empêchant la circulation des espèces à le canton.))
	helpText("Données: Ge21, Projet RPT - Indicateurs Services Ecosystémiques"),
précédent"),	fluidRow(actionButton(inputId = "precedent8", label = "Indicateur précédent"),
	actionButton(inputId = "suivant8", label = "Indicateur suivant"),
	align=
tabItem(tabName	= "ind_lumineuse",
h2("Indicateur:	Pollution lumineuse"),

fluidRow(box(width= 12, title= "Présentation", status= "primary", solidHeader= TRUE, collapsible = TRUE,	h3("Dans nos sociétés, de plus en plus en d'émissions lumineuses sont présentes (éclairage routier, panneaux publicitaires, etc.). Cependant, ces sources lumineuses peuvent avoir des effets néfastes sur la faune et la flore, en particulier pour les espèces dépendantes de la nuit: désorientation, barrières infranchissables créées par ces sources, altération du rythme biologique, sont des exemples des effets nuisibles pour ces espèces.
n'y	De plus, selon l'OFFEV, dans la région du Plateau en Suisse, il aurait plus obscure un endroit totalement la nuit",
tags\$a(href="https://www.ba fu.admin.ch/dam/ba fu/fr/dokumente/biodiversitaet/uz-unwelt-zustand/biodiversitaet-schweiz-zustand-entwick lung.pdf.download.pdf/UZ-1630-F_2017-06-20.pdf. (Source: OFFEV, 2017).", br(),	
cette	"Pour toutes ces raisons, il semble donc pertinent d'appréhender cette
pollués	afin de pouvoir renseigner sur les endroits potentiellement par la lumière,
pour	et également comparer ces résultats avec les lieux d'importance pour la biodiversité sur la commune.))
	fluidRow(leafletOutput("lum", width = "900px"), br()),
solidHeader	box(width= 12, title= "Explication de la carte", status= "warning",
actuellement	h3("Sur le territoire cantonal genevois, peu de données sont disponibles. En effet, cette thématique est en plein boom et des travaux sont en cours à Genève
cours	afin de pouvoir évaluer cette question. La seule donnée disponible à ce jour est

donc une orthophoto nocturne datant de 2013 sur le SITG.", **br**O,
"Cette
représentation cartographique permet de visualiser que les routes
sont les plus éclairées de nuit
et les endroits les plus
obscurés en rouge foncé), et il
est à constater qu'elles créent des barrières à travers le territoire de
la commune,
pouvant être problématiques pour les espèces se déplaçant de nuit.
La zone
l'Aire, importante pour les passages à faune,
semble, ici, être préservée de la pollution lumineuse, même si il
serait important d'avoir
d'autres résultats afin de pouvoir valider cette conclusion. Cet
indicateur est donc en
de cette année afin
le de pouvoir mieux évaluer et représenter la pollution lumineuse sur
le territoire communal
et cantonal.)
)),
helpText("Données en provenance du SITG"),
fluidRow(**actionButton**(inputId = "precedent9", label = "Indicateur
précédent"),
actionButton(inputId = "suivant9", label = "Indicateur suivant")),
align="center")
),
tabItem(tabName = "ind_agricole",
h2("Indicateur: Pollution agricole"),
fluidRow(**box**(width = 12, title= "Présentation", status= "primary",
TRUE, collapsible = **TRUE**,
solidHeader=**TRUE**,"Cet indicateur permet d'évaluer les éléments chimiques qui
se diffusent dans les sols.
Ces éléments sont utilisés en particulier dans l'agriculture, mais
certains d'entre eux sont également relâchés par la végétation. Ils

sont nécessaires, cependant
une trop grande dose peut amener à une pollution des sols et
avoir des effets
agricoles néfastes pour les écosystèmes environnants. De plus, les sols
ne sont
via pas les seuls concernés, puisque les substances sont exportées
le ruissellement
et peuvent donc se retrouver dans des sols autres qu'agricoles.
Un surplus de ces produits peut ainsi causer des problèmes aux
écosystèmes.
Par exemple, trop de phosphore va causer des problèmes dans
les milieux
aquatiques avec l'augmentation d'algues, la diminution du taux
d'oxygène,
et la dégradation de la diversité dans les sols",
tags\$a(href="https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/biodiversitaet/uw-
umwelt-
wissen/umweltziele_landwirtschaftsstatusbericht.pdf.download.pdf/umweltziele_landwirts
chaftsstatusbericht.pdf",
"Source: OFEV et OFAGE, 2016."), **br**O,
"Il semble donc pertinent d'estimer les endroits sensibles à la
pollution
par ces éléments chimiques, afin de minimiser les
conséquences pour
de la biodiversité. Les données utilisées représentent la dispersion
l'azote
et du phosphore sur le territoire cantonal.")),
fluidRow(
tabBox(width = "1200px",
tabPanel("Azote", color= "blue", **leafletOutput**("mapPollAzotN",
width = "900px"), **br**O),
fluidRow(
box(title= "Résultats pour le Canton",
status= "success", **solidHeader**= **TRUE**,
plotOutput("azoteGE_boxplot"),
box(title= "Résultats pour Lancy",

```
status="success", solidHeader= TRUE,
plotOutput("azotel_ancy_boxplot")),
tabpanel("Phosphore", leafletOutput("mapPollAgris", width =
"900px"),br(),
fluidRow(
box(title= "Résultats pour le Canton",
status= "success", solidHeader= TRUE,
plotOutput("phosphoreGE_boxplot")),
box(title= "Résultats pour Lancy",
status= "success", solidHeader= TRUE,
plotOutput("phosphoreLancy_boxplot"))),
style= 'padding:15px', align= "center"
),
fluidRow(box(width= 12, title= "Explication des résultats", status=
"warning",
solidHeader = TRUE,
h3("Les résultats les plus élevés indiquent les endroits les plus
sensibles
à la pollution, car c'est là où, après la filtration, le phosphore
et/ou
l'azote peuvent se retrouver. Grâce aux boxplots, il a été
remarqué
que
le territoire lancéen semble être moins sujet à
l'accumulation d'azote que le reste du territoire cantonal,
cependant
il y a beaucoup de valeurs extrêmes. Cette même tendance se voit
également
pour le phosphore où l'intervalle interquartile est très resserré et la
médiane
est plus faible que celle du canton. De plus, cet intervalle est très
proche
des valeurs de 0. Cette tendance semble cohérente du fait que la
commune
est presque totalement en zone urbaine. Cependant, il est intéressant de
remarquer
y qu'il y a quand même certaines zones sensibles à ce type de pollution,
dûe
au ruissellement.
",
br(),
```

```
"Au niveau de la représentation cartographique, les résultats
permettent
de montrer les zones où peut se concentrer la pollution à chacune
des
substances mentionnées précédemment. Au niveau communal, il est à
noter
que ce sont les zones autour de l'Aire et du Rhône qui sont les plus sensibles à
ce
type de pollution. Cependant, avec ces valeurs, on ne peut pas
déterminer
à partir de quand une certaine dose devient un problème et peut réellement
avoir
des effets sur les écosystèmes. Il s'agit donc plus de données informatives
permettant
de déceler où se retrouvent ces éléments chimiques, et de se rendre des zones
plus
moins sensibles.")
)),
helpText("Données: Travail de Master E. Honeck (2017) "),
fluidRow(actionButton(inputId = "precedent10", label = "Indicateur
précédent"),
actionButton(inputId = "suivant10", label = "Indicateur suivant"),
align= "center"
),
tabItem(tabName = "ind_sonore",
h2("Indicateur: Pollution sonore"),
fluidRow(box(width= 12, title= "Présentation", status= "primary",
solidHeader= TRUE, collapsible = TRUE,
h3("Dans nos sociétés, le bruit devient constant et la tranquillité
un
luxé. Des valeurs seuils d'exposition au bruit ont été déterminées afin
de
ne pas avoir des effets néfastes pour la santé humaine. De manière
globale,
les valeurs seuils générales sont de 60dB le jour et de 50dB la
nuit.
Si ces valeurs sont déterminées afin de ne pas atteindre la santé
humaine,
```

d'inconnues	le bruit impact également la faune, même si il y a beaucoup sur le sujet.
stresses,	Plusieurs études ont montré les effets néfastes liés au bruit: impossibilité
exemples	de se déplacer, de se nourrir, de communiquer, sont des effets.
souvent	Même si la littérature sur la pollution sonore sur la faune reste
	confinée à certaines espèces, il est fondamental de constater les effets du bruit anthropique sur les espèces de faune et c'est
pourquoi	indicateur a été choisi afin de représenter les zones soumises à cet
des	pollutions sonores.",
prises	br() , "Les valeurs définies pour la santé humaine vont être comme seuils,
but	est de pouvoir percevoir
soulager	les zones sensibles au bruit, et cela pourrait permettre de la pression
seules	sur certaines zones infranchissables pour les espèces. De plus, les données concernant
router	le trafic router ont été prises en considération, car le bruit est une des sources
	principales de nuisances de bruit pour les espèces de faune.")),
"success",	fluidRow(box(width= 12, title= "Résultats par commune", status= TRUE,
	solidHeader=
"1200px")),	plotlyOutput("plotBruit", width = "800px", height =
	fluidRow(valueBoxOutput("Bruit jourR_pourcentage", width = 6),
'padding: 10px',	valueBoxOutput("Bruit nuitR_pourcentage", width = 6), style=
"warning",	align= "center"),
	fluidRow(box(width= 12, title= "Explication des résultats", status= TRUE,
territoire	solidHeader
	h3("Les résultats du graphique montrent qu'environ 30% du
La	territoire est soumis à des valeurs
	supérieures aux seuils recommandés, de jour comme de nuit.
	commune se place donc dans

surface	les premières places au niveau cantonal (en calculant une relative par commune).
sont	Ce sont d'ailleurs les endroits les plus urbanisés du canton qui en tête
le	, ce qui fait sense, au vu de l'importance du trafic router dans le centre urbain à Genève.",
montrer	br() , "La représentation cartographique ci-dessous permet de montrer où sont les lieux, sur le
router.	canton et à l'échelle communale, les plus soumis au bruit
zones	Cela permet donc de voir que la zone autour de l'Aire, considérée comme une des importantes
	selon les indicateurs de qualité de la biodiversité, est soumise à
beaucoup	de bruit.
faune,	Même si on ne connaît pas de valeurs seuils pour les espèces de les résultats
humains,	autour de l'Aire dépassent déjà les seuils pour les êtres donc il peut être
espèces	envisagé que le bruit dans cette zone a des impacts pour les de faune les plus
	sensibles à ce type de nuisances.")
	)),
	fluidRow(tabBox(width = "1200px",
	tabPanel("Canton", "Carte du canton", leafletOutput("mapbruitGE",
width	= "900px"),
	leafletOutput("mapbruitLancy", width = "900px"))
	), style= 'padding: 15px', align= "center"),
	helpText("Données en provenance de l'OFEV"),
	fluidRow(actionButton(inputId = "precedent1", label = "Indicateur
	précédent"),
	actionButton(inputId = "suivant1", label = "Indicateur suivant"),
	align= "center"
	),
	tabItem(tabName = "ind_imper",
	h2("Indicateur: Taux d'imperméabilisation des sols"),
	fluidRow(box(width= 12, title= "Présentation", status= "primary",

solidHeader=	TRUE,	collapsible	=	TRUE,
l'urbanisation	h3 ("L'imperméabilisation des sols est une conséquence de	intensive		dans
les	sols,	cela	les	empêche
pluies,	et	donc	amène	potentiellement
surface,	n'est	plus	stockée	par les
environnante.	Les	sols	sont	aussi importants
n'est	plus	disponible.	Enfin,	les
de	les	recouvrir,	on	ne
imperméables	peut plus y produire nos propres denrées. De plus, les sols	créent	des	flots de
conséquences		chaleur en période de canicule. Tous ces éléments ont donc des		pour
humaine.	Il	les écosystèmes environnants, mais également pour la santé		paraît donc important
préserver	les	zones qui ne le sont pas,		et de pouvoir prédire les endroits problématiques en fonction
de	ce	phénomène (tels que les		inondations
		)),		
"success",	fluidRow (box(width= 12, title= "Résultats par commune", status=	solidHeader=	TRUE,	
br ()),	plotlyOutput ("plotImper", width = "800px", height = "1000px"),			
"warning",	fluidRow (box(width= 8, title= "Explication des résultats", status=	solidHeader	=	TRUE,
est	h3 ("Les résultats graphiques mettent en lumière que la commune		est	plus
imperméable).	est	l'une	des	plus
	imperméables du canton (avec plus de 55% de son territoire			

tangentes	La	carte	ci-dessous	permet	de	distinguer
	qu'à	l'échelle	communale	les zones	autour de	l'Aire et
			au			Rhône
cartographies,	sont	les principales	zones	perméables	de la commune.	
	A l'échelle	cantonale,	les	résultats	n'ont pas pu être	
	utilisée	était	trop	lourde	à	projeter.")
						),
	valueBoxOutput ("imper_Lancy_pourcentage")),					
	fluidRow (leafletOutput("impermap",	width	=	"900px")		
	),					
	fluidRow (,					
	helpText ("Données	en	provenance	du	SITG"),	
	fluidRow (actionButton (inputId = "precedent12", label = "Indicateur					
précédent"),	actionButton (inputId = "suivant12", label = "Indicateur					
	align=					"center"
	),					
	###Bénéfices###					
	tabItem (tabName	=		"presentation_benefit",		
status=	fluidRow (box(title= h2 ("Catégorie: Pressions sur la biodiversité"),			"danger",		
retirons	h3 ("Les bénéfices regroupent ici tous les impacts que nous					
	de	la		biodiversité.		
services	Ces bénéfices sont de plus en plus étudiés sous le nom de			écosystémiques.		
utiles	Il s'agit donc des avantages issus de la biodiversité qui sont					à
même	l'être humain. Sans ces bénéfices nous ne pourrions vivre de la			manière	que	nous
alimentaires	le faisons actuellement. Il s'agit par exemple des ressources			que		nous
que	les	écosystèmes	nous	procurent,		
catégories:	etc. Les services écosystémiques sont répartis en quatre			services		
	d'approvisionnement, services de soutien, services culturels et					

```
de      régulation. L'image
ci-dessous permet d'illustrer cette catégorisation et des
exemples de services rendus par la
biodiversité.
Ces services sont primordiaux pour nous, il est donc impératif
de pouvoir les évaluer
afin de pouvoir au mieux les préserver.",
tags$img(
src="services_ecol.png", height= 600, width=650,
style="display:
block; margin-left:
auto; margin-right:
auto;"), br(),

```

```
align=
),
),
tabItem(tabName = "ind_pollinisation",
h2("Indicateur:
Pollinisation"),
fluidRow(box(width= 12, title= "Présentation", status= "primary",
solidHeader= TRUE, collapsible = TRUE,
biodiversité. h3("La pollinisation est un des services que nous retirons de la
Elle est primordiale
pour notre sécurité alimentaire, puisque la majorité des plantes
sont dépendantes des pollinisateurs.
Ils ont donc un rôle centrale dans l'agriculture mondiale, sans
eux une grande partie des ressources
que nous produisons aujourd'hui ne serait possible.", br(), "Le
problème est que les pollinisateurs, et en
particulier les colonies d'abeilles, sont
menacés par différents facteurs, pesticides, virus, qualité des
habitats et malnutrition sont des
exemples d'agents affaiblissants, et dans certains cas,
détruisants ces pollinisateurs. Il faut se rendre
pollinisation pour notre société. Prenons
l'exemple de si les abeilles venaient à disparaître: cela aurait
pour conséquences de choisir ce que l'on
sur le prix des aliments qui se mettrait
à croître du fait de la rareté des produits. En prenant le
point de vue uniquement de notre bien-être, il est important de
prendre conscience de ce service et de visualiser
les zones d'importance pour celui-ci, afin de les maintenir ou
les restaurer. Mais il est également important
de faire en sorte que des mesures soient prises sur le terrain afin
d'atténuer, dans la mesure du possible, les
menaces pesant sur les pollinisateurs et d'améliorer leurs
conditions de vie. Cela permettrait
d'avoir également des bénéfices sur la biodiversité dans son
ensemble, qui souffrirait en premier lieu de la perte de ces espèces.
```

", **brO**, "Deux données ont été utilisées pour illustrer ce service, il s'agit de l'abondance des pollinisateurs sur le territoire cantonale, ainsi que de la valeur économique de ce bénéfice. La première indique les endroits où il y a des zones de nidification et d'alimentation proche, qui permettent donc aux pollinisateurs de s'y établir, et permet d'identifier les zones les plus propices pour les espèces étudiées (16 espèces ont été étudiées dans l'étude d'où sont tirées les données). La seconde couche représente la valeur économique liée au service de pollinisation, cependant les valeurs ne sont pas en monnaie d'une espèce à savoir le *Bombus terrestris*, **brO**, "La vidéo ci-dessous permet de résumer en profondeur le problème de la disparition des colonies d'abeilles, exemple marquant de la perte des pollinisateurs (Source vidéo:",

```
tags$a(href="https://www.youtube.com/watch?v=453zpj3nDIU", "Le Monde."), brO,
brO,


fluidRow(
  tabBox(width = "1200px",
    tabpanel("Abondance
      pollinisateurs",leafletOutput("mappollinisateurs_abondance",
        fluidRow(box(title= "Résultats pour le Canton",
          status= "success", solidHeader= TRUE,
plotOutput("abondanceGE_boxplot")),
box(title= "Résultats pour Lancy",
          status= "success", solidHeader= TRUE,


```

```
plotOutput("abondanceLancy_boxplot"))),
  tabpanel("Valeur
    économique",
leafletOutput("mappollinisateurs_eco",
      width = "900px"), brO,
fluidRow(box(title= "Résultats pour le Canton",
      status= "success", solidHeader= TRUE,
plotOutput("val_ecoGE")),
  box(title= "Résultats pour Lancy",
    status= "success", solidHeader= TRUE,
plotOutput("val_ecoLancy_boxplot"))),
  ),
fluidRow(box(width= 12, title= "Explication des résultats", status=
"warning",
solidHeader = TRUE,
h3("La pollinisation a donc été représentée par deux couches :
l'abondance de pollinisateurs et la valeur économique du
service de pollinisation.
Pour l'abondance des pollinisateurs, on remarque que Lancy a
une distribution
l'intervalle interquartile moins étalée et plus concentrée proche
de la médiane,
et qui plus est, plus proche des valeurs basses que le reste
du canton.
Il y aurait donc,
à priori, une tendance à une abondance moins importante à
Lancy par rapport au reste
du canton. Cette même tendance se retrouve pour les résultats
de la valeur économique :
Lancy a quasiment toutes ses données à zéro, avec un certain
nombre de valeurs extrêmes.
La commune semble donc ne pas être un territoire favorable à
ce type de service,
en comparaison des résultats du canton.", brO,
"Deux représentations cartographiques ont également été
produites afin de visualiser
ces résultats. Les résultats les plus hauts pour l'abondance de
pollinisateurs se situent dans la zone
proche du Rhône. Pour la valeur économique, comme dit
```

```
précédemment,      presque      toutes      les      valeurs      de      la
commune sont à zéro, cependant certaines tâches avec des
valeurs      un      petit      peu      plus      élevées      se
distinguent légèrement, également distribuées vers les berges
du Rhône.

      )
    ),
    helpText("Données: Travail de Master V. Ruiz (2014)'),
    fluidRow(actionButton(inputId = "precedent14", label = "Présentation
précédente"),
      actionButton(inputId = "suivant14", label = "Indicateur suivant"),
      align=
        "center"
    ),
    tabItem(tabName      =      "ind_carbone",
      h2("Indicateur:
Carbone"),
      fluidRow(box(width= 12, title= "Présentation", status= "primary",
TRUE,
collapsible      =      TRUE,
solidHeader=
      h3("Le deuxième indicateur développé dans cette catégorie est la
capacité
des territoires à stocker le carbone. Les émissions de CO2
existe
toujours, cependant, depuis l'ère industrielle, nous n'avons pas
cessé
d'en émettre d'avantage (dû principalement à la déforestation
et aux combustions d'énergies fossiles
)). Le problème est que cela crée un surplus de CO2. En effet, il
y a différents puits de carbone
qui permettent de stocker le CO2: les océans, la végétation et
les sols.
Le problème est que ces puits ne sont pas infinis. Il y a donc
une surplus d'émissions de CO2 chaque année relâché
dans l'atmosphère. Ce surplus va contribuer à l'augmentation
de l'émissions de gaz à effet de serre, et donc
à un rôle majeur dans le réchauffement climatique.", br(),
" Dans cet optique, il est important de prendre en considération
ce service et de pouvoir au mieux changer, améliorer
la gestion et/ou protéger les zones nécessaires
```

```
      au      maintien      de      ce      service."))),
    fluidRow(box(title= "Résultats pour le Canton",
      status= "success",
      solidHeader= TRUE,
plotOutput("carboneBoxplotGE")),
      box(title= "Résultats pour Lancy",
      status= "success",
      solidHeader= TRUE,
plotOutput("carboneBoxplotLancy"))),
    fluidRow(
      box(width= 12, title= "Explication des résultats", status= "warning",
      solidHeader
      =
      TRUE,
      commune
      et le canton avec une distribution
      de l'intervalle interquartile très étalée autour de la médiane. La
représentation
cartographique ci-dessous permet, elle, de visualiser les résultats et
de prendre conscience
des zones les plus importantes en termes de capacité à stocker du
carbone.
Celle-ci rend compte
de l'importance des zones autour du Rhône et de l'Arve à l'échelle
de Lancy pour ce service.
    ),
    fluidRow(
      leafletOutput("mapcarbone",
      width      =      "900px"
    ),
    helpText("Données: Travail de Master V. Ruiz (2014)'),
    fluidRow(actionButton(inputId = "precedent15", label = "Indicateur
précédent"),
      actionButton(inputId = "suivant15", label = "Indicateur suivant"),
      align=
        "center",
      ###Résultats###
    ),
    tabItem(tabName      =      "presentation_resultats",
      fluidRow(box(title= h2("Catégorie: Résultats des mesures pour la
biodiversité"),
      status=
      "danger",
      h3("La dernière catégorie choisie est les mesures prises en faveur
de la biodiversité.
En effet, il est primordial de pouvoir évaluer les résultats des
```

mesures	prises	en	l'absence	de	la	biodiversité,
important			car la biodiversité se dégrade de plus en plus, de ce fait il est			de
place,	afin	savoir ce qui est mis en place, et comment elles sont mises en	d'atteindre	au	mieux	
différentes		les	objectifs	souhaités.",	brO,	
		"Afin d'illustrer cette catégorie, quatre indicateurs, de	natures,		ont	
	été	développés: ",	brO,	brO,		
style=	div(	actionButton (inputId= "ind_espaces1", "Espaces protégés",	"background-color: "	#edcba7"),		
de	la	biodiversité",	style=	"background-color: "#edcba7",	brO,	
la	biodiversité",	actionButton (inputId= "ind_invest1", "Investissements pour	style=	"background-color: "#edcba7"),		
sensibilisation",		actionButton (inputId= "ind_prog1", "Programmes de	style=	"background-color: "#edcba7",		
		style= "text-align:center")	width=	12,	align=	"center"),
précédent"),	fluidRow (actionButton (inputId = "precedent16", label = "Indicateur					
suivant"),align="center")	actionButton (inputId = "suivant16", label = "Indicateur					
	),					
	tableItem (tabName	=	"ind_protege",			
	h2 ("Indicateur: "	Espaces	protégés"),			
solidHeader=	fluidRow (box (width= 12, title= "Présentation", status= "primary",	TRUE,	collapsible	=	TRUE,	
la	h3 ("L'un des objectifs au niveau mondial, avec la Convention sur	Diversité	Biologique,			
dici	ainsi qu'aux niveaux nationaux, et cantonaux, est d'atteindre,	2020,	17%			
Genève,	territoire terrestre protégé. Cependant, en Suisse comme à	ce	seuil	n'est	pas	
	atteint. Il faut donc un suivi, afin de visualiser et estimer les					

surfaces		protégées,
Suisse,	et potentiellement identifier celles qui devraient l'être. En	zones
fonction	ont été définies comme aires protégées et sont donc régulées en	critères.
zones	de	certaines
présents,	De plus, les cantons ont décidé de mettre en place certaines	protection.",
	brO, "Sur Genève, différents types d'aires protégées sont	récapitulatif.
Ramsar"),":	en	voici
habitats	protection des espaces humides, avec un point focal sur les	pour
tags\$a(href= "https://www.ba.fu.admin.ch/ba/fu/fr/home/themen/thema-	les	oiseaux
biodiversitaet/biodiversitaet--daten--indikator-en-und-karten/biodiversitaet--	d'eau	pour
indikator-en/indikator-		
biodiversitaet.pt.html/aHR0cHM6Ly93d3cuZW5kaWhtdG9yZW4uYWwRtaW4uY2gVUH		
VibG/IjL0FibURLdGFpbD9pbmQ9QkQwMjMmbG5nPWZyJlN1Ymo9TG%3d%3d.html		
",	"(Source: OFEV,	2017")
	),	
monuments	tags\$li (tags\$b ("L'Inventaire fédéral des paysages et des	
d'importance	naturels de signification nationale"),":	protège
SIT(G")),	«des paysages à préserver et des monuments naturels	nationale». ",
	tags\$a (href= "https://ge.ch/sig/fiche/7114 ", "(Source:	
d'importance	tags\$li (tags\$b ("L'Inventaire fédéral des zones alluviales	
type	nationale"),":	répertoire
SIT(G")),	suivant un certain nombre de critères, tel que l'aire ou le	recouvrement
des	tags\$a (href= "https://ge.ch/sig/fiche/9860 ", "(Source:	
	tags\$li (tags\$b ("L'Inventaire fédéral des sites de reproduction	fixes"),
	batraciens	");

	au vu de la grande menace pesant sur les espèces de
batraciens	en Suisse
	(presque tous sur liste rouge), les habitats propices à ces
espèces	ont été mis sous protection. Cette donnée au niveau
cantonale	référence
des	également l'Inventaire fédéral des sites de reproduction
	batraciens
2011.",	itinérants et la proposition de périmètre OBAT 2010-
SITG")),	tags\$a(href="https://ge.ch/stig/fiche/5846", "(Source:
secs"),	tags\$li(tags\$b("L'Inventaire fédéral des prairies et pâturages
	en danger, ces milieux singuliers dans les espèces qu'ils
	abritent sont sous protection.",
SITG")),	tags\$a(href="https://ge.ch/stig/fiche/7276", "(Source:
d'importance	tags\$li(tags\$b("L'Inventaire fédéral des bas-marais
plantes	ces espaces regroupent «une biocénose composée de
	et d'animaux étroitement liés les uns aux autres et
menacées»",	parmi lesquels se trouve un grand nombre d'espèces
SITG")),	tags\$a(href="https://ge.ch/stig/fiche/7872", "(Source:
protection	tags\$li(tags\$b("Les Réserves naturelles et plans de site"), ":
	Répertoire les espaces naturels «bénéficiant d'une
Ces	légal en faveur de la nature» définis en fonction
la	d'inventaires nationaux, cantonaux et d'avis d'experts.
	deux
	types d'espaces sont définis en fonction du règlement sur
	protection du paysage, des milieux naturels et de la flore
	(RPPMF, L 4 05.11) et de la loi sur la protection des

monuments,	de la nature et des sites (LPMNS, L 4 05).",
	tags\$a(href="https://ge.ch/stig/fiche/5271", "(Source:
SITG")))	))),
	fluidRow(box(title="Résultats pour le Canton",
	status="success", solidHeader=
TRUE,plotlyOutput("pieCanton"),	box(title="Résultats pour Lancy",
	status="success", solidHeader=
TRUE,plotlyOutput("pieLancy"),	TRUE,plotlyOutput("pieLancy"),
"success",	fluidRow(box(width= 12, title="Résultats par commune", status=
	solidHeader=
	collapsible
br()),	plotlyOutput("plotEP", width="900px", height="1000px"),
	fluidRow(box(width= 8, title="Explication des résultats", status=
"warning",	solidHeader
surface	h3("L'indicateur des espaces protégés a permis d'évaluer la
catégories.	relative par commune identifiée comme faisant partie de ces
espaces	La commune de Lancy, avec presque 6% de son territoire en
de	se situe dans les communes avec une part faible de protection
urbanisées	leur territoire.
protégées	Les communes en queue de peloton sont également les plus
	du canton,
l'Inventaire	ce qui fait sens aux résultats trouvés ci-dessus. Les zones
nationale	de
protection	commune de Lancy le sont par deux types d'inventaires :
	la
	des paysages et des monuments naturels de signification
	et
	Convention Ramsar. Au niveau cantonal, sept types de
	sont identifiés
	et grâce à un graphique en secteurs, il est possible de voir le

pourcentage	que chaque type de protection représente sur le territoire du canton.",
permet	"La représentation cartographique, présentée ci-dessous, de visualiser où se situe chaque type de protection sur le territoire. Au niveau communal, c'est à nouveau la zone proche du Rhône qui est concernée par des aires protégées.)
	),
	valueBoxOutput("espacesprotvaluebox"),
	fluidRow(leafletOutput("mapespaces", width = "900px"),
	helpText("Données en provenance du SITG"),
	fluidRow(actionButton(inputId = "precedent17", label = "Présentation précédente"),
	actionButton(inputId = "suivant17", label = "Indicateur suivant"),
	align="center"
	),
	tablem(tabName = "ind_compensation",
	h2("Indicateur: Surfaces de promotion de la biodiversité (SPB)"),
	fluidRow(box(width= 12, title= "Présentation", status= "primary",
	solidHeader= TRUE, collapsible = TRUE,
	h3("En Suisse, des mesures sont prises au niveau des surfaces agricoles et des prairies. Il s'agit des surfaces de promotion de la biodiversité (SPB). Elles sont définies comme telles car étant « exploitées de manière extensive
	(mise en jachère, prairies, haies, etc.) et sont donc développées en zone agricole. Ces surfaces sont bénéfiques
	pour la biodiversité, car elles mettent à disposition des habitats vitaux pour les espèces vivants en zone agricole et permettent
d'atténuer	
avoir	les menaces pesantes sur certaines espèces dans ces zones. Pour mis ces surfaces
d'offrir	en SPB, les exploitants sont retribuéés. Cet indicateur permet

biodiversité.",	une vision des efforts consentis dans le but de préserver la
tags\$(href="https://www.ba fu.admin.ch/dam/ba fu/ft/dokumente/biodiversitaet/fachinfo-daten/ausgewiesene-gebiet-e-fuer-biodiversitaet.pdf.download.pdf/fares-consact%0C3%A9es-%0C3%A0-la-biodiversite%0C3%A9.pdf",	"(Source: OFEV)"
	))),
"success",	fluidRow(box(width=12, title= "Résultats par commune", status= TRUE,
"1000px"))),	collapsible = TRUE, plotlyOutput("plotSc", height=
"warning",	fluidRow(box(width= 12, title= "Explication des résultats", status= solidHeader = TRUE,
graphique	h3("Cet indicateur montre qu'à Lancy presque la totalité des prairies présentes font parties des SPB. En effet, le en barre, calculant la surface de SPB en fonction de la surface totale des parcelles agricoles et des prairies pour chaque commune, a permis de révéler que Lancy fait partie des communes qui ont le plus de SPB par rapport à leur surface totale de prairies et de cultures – les prairies et cultures représentant 3.75% de la commune et les SPB 3.41%. Cette représentation permet de voir comment les parcelles sont gérées.",
	valueBoxOutput(width= 6,
	"mesuresvaluebox1"),valueBoxOutput(width= 6, "mesuresvaluebox2"),
	br(), "De plus, une carte a été créée afin de pouvoir visualiser, où sur le territoire du canton de Genève, se situe chaque SPB. Une option a été ajoutée
quelle	afin de pouvoir aller questionner la carte dans le but de savoir à
il	catégorie de surface chaque parcelle correspond. Pour se faire, il suffit d'aller par dessus
fenêtre	le polygone, dont on souhaite avoir les informations, et une s'ouvre avec

```

        les      informations      le      concernant.")
    ),
    fluidRow(leafletOutput("map mesures",      width      =      "900px"),
    helpText("Données      en      provenance      du      SITG"),
    fluidRow(actionButton(inputId = "precedent18", label = "Indicateur
precedent"),
    actionButton(inputId = "suivant18", label = "Indicateur suivant"),
    align=
"center"
),
    tablem(tabName      =      "ind_investissement",
    h2("Indicateur: Quantification des investissements pour la biodiversité"),
    fluidRow(box(width= 12, title= "Présentation", status= "primary",
solidHeader=
TRUE,      collapsible      =      TRUE,
h3("Pour mettre en place toutes les mesures existantes sur le
terrain,
il y a un besoin financier. Les investissements pour la
biodiversité
sont donc primordiaux afin d'évaluer les moyens qui sont mis
en
place pour arriver à développer des projets en faveur de la
biodiversité.
Ici, le choix
s'est porté de prendre en considération toutes les mesures prises
dans le but d'atténuer les pressions sur la biodiversité et en
fonction
de leur durée de
vie.))),
    fluidRow(
    box(width=12, title= "Résultats des investissements dans le temps",
status=
"success",      solidHeader=
TRUE,
plotlyOutput(outputId = "timeseries", height = "600px")
)),
    fluidRow(box(width= 12, title= "Explication des résultats", status=
"warning",
solidHeader
=
TRUE,
h3("Les résultats montrent que des investissements sont petit-à-
petit
mis en place
depuis 2010. En effet, depuis 2010, des nichoirs pour oiseaux,
chauves-souris
et
hérissons ont été mis en place (au total presque 90 nichoirs ont
été posés).

```

```

Différentes mesures ont été prises comme des haies vives
ou
entretenu
en fonction, des tas de bois, de branches et de pierres ont été
installés.
Notons
encore que les SPB, présentées dans l'indicateur précédent, font
parties
de ce type
d'investissements que la commune a décidé de faire.", br(), "De
plus,
depuis
2017,
le centre de production de la commune s'est reconverti dans la
production
BIO.
La gestion
des parcs de la commune a fait de même depuis début 2018.
Enfin,
le commune
viser
avoir le label Bourgeon de Bio-Suisse dès 2019 (pour plus
d'information
sur le Bourgeon
Bio-Suisse.", tags$a(href="https://www.bio-suisse.ch/fr/ ",
"cliquer
ici"),
Source:
(
la commune de Lancy", br(),
" Toutefois, il est à identifier que la monétarisation de ces
données
n'a pas pu être
récoltée. Cet indicateur apporte tout de même des informations
importantes,
permettant
de visualiser les investissements mis en place sur le terrain et
leur durée
de vie. Il semble pertinent
de voir son évolution, d'ajouter de nouvelles données, et dans la
mesure
du possible,
d'avoir les investissements monétaires de ces mesures.")
),
    helpText("Données en provenance de la commune de Lancy"),
    fluidRow(actionButton(inputId = "precedent19", label = "Indicateur
precedent"),
    actionButton(inputId = "suivant19", label = "Indicateur suivant"),
    align=
"center"
),
    tablem(tabName      =      "ind_programme",
    h2("Indicateur: Quantité de programmes de sensibilisation"),
    fluidRow(box(width= 12, title= "Présentation", status= "primary",

```

<code>solidHeader=</code>	<code>TRUE,</code>	<code>collapsible</code>	<code>=</code>	<code>TRUE,</code>
directement	<code>h3("Tous les indicateurs, développés précédemment, concernent la biodiversité ou les professionnels des milieux, il est donc intéressant d'avoir un indicateur qui sorte de ces catégories, et qui puisse évaluer comment l'information sur la biodiversité est émise au-delà des spécialistes. C'est pour cela qu'un indicateur recensant tous les programmes de sensibilisation mis en place a été choisi. Il permet ainsi de visualiser la population locale peut-être sensibilisée à la biodiversité:))),</code>			
temps",	<code>status=</code>	<code>"success",</code>	<code>solidHeader=</code>	<code>TRUE,</code>
	<code>plotlyOutput("progsensi",</code>	<code>height =</code>	<code>"250px"),</code>	<code>br()),</code>
"warning",	<code>fluidRow(box(width= 6, title=</code>	<code>"Explication des résultats", status=</code>		
	<code>solidHeader</code>	<code>=</code>	<code>TRUE,</code>	
	<code>h3("Les résultats montrent que des programmes se développent depuis 2015, mais qu'ils prennent sans doute plus de temps à être réalisés, ce qui pourrait être dû à des coûts financiers et de ressources humaines, qu'ils engendrent. Le graphique réalisé permet de voir l'évolution temporelle des programmes et leur durée de vie. De plus, c'est une information permettant d'estimer ce qui est fait pour sensibiliser directement le grand public. On peut ainsi lire qu'un potager communal a été mis en place depuis 2015, dans lequel les enfants des écoles communales sont sensibilisés. Un autre projet devrait voir le jour d'ici le printemps prochain: à savoir la mise en place d'un rucher, ayant également pour but la sensibilisation pour les écoles</code>			

(Source:	communication personnelle du Service de l'Environnement de Lancy).",	<code>br(),</code>	"La	carte
	ci-joint permet de visualiser où ont lieu ces programmes. De plus, des liens reliant chaque programme à son site web ont été conçus afin de pouvoir améliorer la visibilité de ces programmes. D'autres données pourraient être ajoutées au cours du temps, telles que les festivals et animations mis en place dans le futur.)			
	),			
	<code>leafletOutput("prog_sensimap",width</code>	<code>=</code>	<code>"400px"),</code>	
	<code>helpText("Données en provenance de la commune de Lancy"),</code>			
	<code>fluidRow(actionButton(inputId =</code>	<code>"precedent20", label = "Indicateur précédent"),</code>		
	<code>actionButton(inputId =</code>	<code>"suivant20", label =</code>	<code>"Retour accueil"),</code>	<code>"center"</code>
	<code>align=</code>			
	<code>)</code>			
	<code>)</code>			
	<code>))</code>			

	<code>server.R</code>
	<code>compags0</code>
	<code>Fri Jul 20 10:44:47 2018</code>
<code>library(plotly)</code>	
<code>## Loading required package: ggplot2</code>	
<code>##</code>	
<code>## Attaching package: 'plotly'</code>	

```
## The following object is masked from 'package:ggplot2':
##
## last_plot
##
## The following object is masked from 'package:stats':
##
## filter
##
## The following object is masked from 'package:graphics':
##
## layout
##
library(shiny)
library(shinydashboard)
##
## Attaching package: 'shinydashboard'
##
## The following object is masked from 'package:graphics':
##
## box
##
library(sp)
library(leaflet)
library(raster)
##
## Attaching package: 'raster'
##
## The following object is masked from 'package:plotly':
##
## select
##
library(rgdal)
##
## rgdal: version: 1.2-18, (SVN revision 718)
##
## Geospatial Data Abstraction Library extensions to R successfully loaded
##
## Loaded GDAL runtime: GDAL 2.2.3, released 2017/11/20
##
## Path to GDAL shared files: D:/R-3.4.4/library/rgdal/gdal
##
## GDAL binary built with GEOS: TRUE
##
## Loaded PROJ 4 runtime: Rel. 4.9.3, 15 August 2016, [PJ_VERSION: 493]
##
## Path to PROJ 4 shared files: D:/R-3.4.4/library/rgdal/proj
##
## Linking to sp version: 1.2-7
library(rgeos)
```

```
## rgeos version: 0.3-26, (SVN revision 560)
##
## GEOS runtime version: 3.6.1-CAP1-1.10.1 r0
##
## Linking to sp version: 1.2-7
##
## Polygon checking: TRUE
##
#Enregistrer les éléments en rds puis lancer que les rds=> beaucoup plus rapide.
#En le plaçant avant le serveur évite de faire tourner le modèle N fois, mais l'ouvre
qu'une seule fois.
ley<- readRDS("data_RDS/ley.rds")
```

```
####Qualité de la biodiversité:
#Indicateur Diversité des espèces:
Amphi_Rept_Table<-readRDS("data_RDS/Amphi_Rept_Table.rds")
Insectes_Table<-readRDS("data_RDS/Insectes_Table.rds")
Mammiferes_Table<-readRDS("data_RDS/Mammiferes_Table.rds")
Oiseaux_Table<-readRDS("data_RDS/Oiseaux_Table.rds")
Angio<- readRDS("data_RDS/Angio_Table.rds")
Gymno<-readRDS("data_RDS/Gymno_Table.rds")
Pteri<-readRDS("data_RDS/Pteri_Table.rds")
```

```
Especes_data <- data.frame(
  commune = Amphi_Rept_Table$Communes[c(31, 49)],
  Amphi_rept = Amphi_Rept_Table$Nbrc_Esp[c(31, 49)],
  Insectes = Insectes_Table$Nbrc_Esp[c(31, 49)],
  Mammifères = Mammiferes_Table$Nbrc_Esp[c(31, 49)],
  Oiseaux = Oiseaux_Table$Nbrc_Esp[c(31, 49)],
  stringsAsFactors = FALSE)
```

```
Especes_data$commune<- factor(Especes_data$commune ,
  levels = unique(Especes_data$commune)[order(
    Especes_data$Amphi_rept
    Especes_data$Insectes
    Especes_data$Mammifères
    Especes_data$Oiseaux),
    decreasing = FALSE)])
```

```
Flore_data<- data.frame(
```

```
commune= Amphi_Rept_Table$Communes[c(31, 49)],
Angio= Angio$Nbre_Esp,
Gymno= Gymno$Nbre_Esp,
Pteri= Pteri$Nbre_Esp,
stringsAsFactors = FALSE
)
```

```
Flore_data$commune<- factor(Flore_data$commune
, levels = unique(Flore_data$commune)[order((Flore_data$Angio +
Flore_data$Gymno
Flore_data$Pteri), decreasing = FALSE)])
```

```
#Indicateur diversité des milieux:
div_milieuGE<-raster("data_RDS/shdi.tif")
div_milieuGE[<-readRDS("data_RDS/Diversite_milieuGE.rds")
```

```
dm_GIREC_Lancy<-readRDS("data_RDS/dm_GIREC_Lancy.rds")
paldmGIRECLancy<- colorNumeric(c("#a1f7f7", "#932e7f", "#f71b1b"),domain =
NULL, na.color = NA)
labeldm_GIREC<- sprintf("<strong>Quartier: %s</strong><br/>Moyenne: %g",
dm_GIREC_Lancy@data$nom,
dm_GIREC_Lancy@data$Average_sh)%>%
lapply(htmltools::HTML)
```

```
DM_Lancy_data <- data.frame(
commune = dm_GIREC_Lancy@data$nom,
moyenne = dm_GIREC_Lancy@data$Average_sh,
flag= dm_GIREC_Lancy@data$Frag,
stringsAsFactors = FALSE)
```

```
DM_Lancy_data$commune<- factor(DM_Lancy_data$commune,
levels = unique(DM_Lancy_data$commune)[order
(DM_Lancy_data$moyenne, decreasing =
FALSE)])
```

```
# Indicateur: Corridors de passage
corr_agriGE<-readRDS("data_RDS/corr_AgriGE.rds")
```

```
corr_aquaGE<-readRDS("data_RDS/corr_AquaGE.rds")
```

```
corr_foretGE<-readRDS("data_RDS/corr_ForetGE.rds")
```

```
Corr_Agri_Data<-readRDS("data_RDS/Corr_Agri_Data.rds")
```

```
Corr_Aqua_Data<-readRDS("data_RDS/Corr_Aqua_Data.rds")
```

```
Corr_Foret_Data<-readRDS("data_RDS/Corr_Foret_Data.rds")
```

```
my_data data.frame(
commune = Corr_Agri_Data$Row.Labels,
surface_Agri = Corr_Agri_Data$Km2,
surface_Aqua = Corr_Aqua_Data$Km2,
surface_Foret = Corr_Foret_Data$Km2,
stringsAsFactors = FALSE)
```

```
my_data$commune<- factor(my_data$commune,
levels = unique(my_data$commune)[order((
my_data$surface_Foret +
my_data$surface_Agri
my_data$surface_Aqua), decreasing = FALSE)])
```

```
#Indicateur: Espèces sur listes rouges
RedlistGE<-readRDS("data_RDS/RedlistGE.rds")
RedlistLancy<-readRDS("data_RDS/RedlistLancy.rds")
```

```
###Catégorie: Pressions
# Indicateur: Espèces exotiques envahissantes
list_noir<- c(19, 41)
watch_list<- c(6, 17)
```

```
autres_especies<- c(637, NA)  
Lancy<- c('Lancy', 'Suisse' (2014))
```

```
data_EspExo <- data.frame(Lancy, list_noir, watch_list, autres_especies)
```

```
# #Indicateur: fragmentation du territoire  
frag_shp<-readRDS("data_RDS/frag_shp.rds")  
data_frag<-data.frame(commune= frag_shp@data$no_comm,  
mesh= frag_shp@data$frg_rst)
```

```
frag_raster<-raster("data_RDS/frag_raster.tif")
```

```
palfragGE<- colorNumeric(c("#f71b1b", "#932e7", "#aff7f7"),domain =  
NULL,na.color = NA)
```

```
labelfrag_GIREC<-sprintf("<strong>Quartier: %s</strong><br/>Moyenne: %g",  
dm_GIREC_Lancy@data$nom, dm_GIREC_Lancy@data$Frag)%>%  
lapply(hmtools::HTML)
```

```
Frag_Lancy_data <- data.frame(  
commune = dm_GIREC_Lancy@data$nom,  
frag= dm_GIREC_Lancy@data$Frag,  
stringsAsFactors = FALSE)
```

```
Frag_Lancy_data$commune<- factor(Frag_Lancy_data$commune,  
levels = unique(Frag_Lancy_data$commune)[order  
(Frag_Lancy_data$frag,  
decreasing = FALSE)])
```

```
#Indicateur: Pollution lumineuse  
poll_lum_Lancy<-raster("data_RDS/LUM_reproject1.tif")
```

```
# #Indicateur: Pollution Sonore  
bruitRJ_rasterGE<-raster("data_RDS/BruitRoute1.tif")  
bruitRJ_rasterLancy<-raster("data_RDS/bruitRJ_rasterLancy.tif")
```

```
bruitRJN_rasterGE<-raster("data_RDS/BruitRouteN.tif")  
bruitRJN_rasterLancy<-raster("data_RDS/bruitRJN_rasterLancy.tif")
```

```
pal1<-colorNumeric(c("#aff7f7", "#932e7", "#f71b1b"),domain = NULL, na.color =  
NA)
```

```
Bruit_Jour_Data<-readRDS("data_RDS/Bruit_Jour_Data.rds")  
Bruit_Nuit_Data<-readRDS("data_RDS/Bruit_Nuit_Data.rds")
```

```
bruit_data <- data.frame(  
commune = Bruit_Nuit_Data$Row_Labels,  
pourcentage_nuit = Bruit_Nuit_Data$Pourcentage,  
pourcentage_jour = Bruit_Jour_Data$Pourcentage,  
stringsAsFactors = F)
```

```
bruit_data$commune<- factor(bruit_data$commune,  
levels = unique(bruit_data$commune)[order((  
bruit_data$pourcentage_jour  
bruit_data$pourcentage_nuit),  
decreasing = FALSE))
```

```
#Indicateur: Pollution agricole diffuse  
azote_tif<-raster("data_RDS/Poll_Azote1.tif")  
azotelancy<-raster("data_RDS/azotelancy.tif")
```

```
phosphoreGE<-raster("data_RDS/phos1.tif")  
phosphoreLancy<-raster("data_RDS/phosphoreLancy.tif")
```

```
palPollAgn<-colorNumeric(c("#84e26c", "#ff714",  
"#ff14b8", "#ff414"),domain = NULL, na.color = NA)
```

```
#Indicateur: Imperméabilisation du territoire  
imper<-readRDS("data_RDS/Imper.rds")  
imperLancy<-readRDS("data_RDS/imperLancy.rds")
```

```

imper_Graphe<-readRDS("data_RDS/imper_Graphe.rds")
imper_data      =      imper_Graphe$Row.Labels,
commune          =      imper_Graphe$X)
pourcentage

imper_data$commune<-      factor(imper_data$commune,
                                levels = unique(imper_data$commune)[order(imper_data$pourcentage,
decreasing
                                = FALSE)])

imper_raster<-readRDS("data_RDS/imper_raster.rds")

###Catégorie:      Bénéfices
#Indicateur      pollinisation:
pollinisateurs_abondanceGE<-raster("data_RDS/abondance_poll.tif")
pollinisateurs_abondancelancy<-raster("data_RDS/pollinisateurs_abondancelancy.tif")

palpollinisateurs_abondance<-      colorNumeric(c("#45f948", "#aff7f7", "#932e7",
"#f71bec", "#f71b1b"),
                                domain=      NULL,
                                na.color      NA)
pollinisation_valeur<-raster("data_RDS/Val_eco.tif")
pollinisation_valeurlancy<-      raster("data_RDS/pollinisation_valeurlancy.tif")

#Indicateur      carbone:
carboneGE<-raster("data_RDS/carbone_2014_Resample1.tif")
carboneLancy<-raster("data_RDS/carboneLancy.tif")

palcarbone<-      colorNumeric(c("#84e26c", "#ff714", "#ed931e", "#ff14b8", "#ff1414"),
                                domain      =      NULL,
                                na.color      NA)

carboneBoxplot<-readRDS("data_RDS/Carbone_Boxplot.rds")
carboneBoxplotLancy<-readRDS("data_RDS/Carbone_BoxplotLancy.rds")

```

```

###Catégorie:      Résultats
#Indicateur      Espaces      protégés:
EP_Lancy_Graphe<-readRDS("data_RDS/EP_Lancy_Graphe.rds")
EP_Canton_Graphe<-readRDS("data_RDS/EP_Canton_Graphe.rds")

EP_Canton_Pourcentage<-readRDS("data_RDS/EP_Canton_Pourcentage.rds")
data_EP<-data.frame(
commune=      EP_Canton_Pourcentage$Row.Labels,
pourcentage=      EP_Canton_Pourcentage$Pourcentage)

data_EP$commune<-factor(data_EP$commune,
                                levels = unique(data_EP$commune)[order((data_EP$pourcentage),
decreasing
                                = FALSE)])

RN_CONVENTION_RAMSAR<-
readRDS("data_RDS/RN_CONVENTION_RAMSAR.rds")
#      RN_OBAT_REVISION_2010<-
readRDS("data_RDS/RN_OBAT_REVISION_2010.rds") #Intégré dans la couche bas
marais
RN_OFEFP_BASMARAI<-      readRDS("data_RDS/RN_OFEFP_BASMARAI.rds")
RN_OFEFP_IZA<-      readRDS("data_RDS/RN_OFEFP_IZA.rds")
RN_OFEFP_PATURAGES_SECS<-
readRDS("data_RDS/RN_OFEFP_PATURAGES_SECS.rds")
RN_OFEFP_PAYPAGE<-      readRDS("data_RDS/RN_OFEFP_PAYPAGE.rds")
RN_OFEFP_SRB_FIXE<-      readRDS("data_RDS/RN_OFEFP_SRB_FIXE.rds")
#      RN_OFEFP_SRB_ITINERANT<-
readRDS("data_RDS/RN_OFEFP_SRB_ITINERANT.rds") #Intégré dans la couche bas
marais
RN_RES_NAT_PLAN_SITE<-
readRDS("data_RDS/RN_RES_NAT_PLAN_SITE.rds")

#Indicateur      Mesures      de      compensation:
mesuresGE<-readRDS("data_RDS/MesuresGE.rds")

```

```
palMesuresGE<- colorFactor(topo.colors(10), domain=
mesuresGE@data$Type_Regroup)

labelsMesuresGE <- sprintf("<strong>Commune: %s</strong><br>Catégorie: %s
</sup>",
    mesuresGE@data$commune,
    mesuresGE@data$Type_Regroup)%>%
lapply(htmltools::HTML)

SC_Graphe<-readRDS("data_RDS/SC_Graphe.rds")
SurfaceCmpo_data <- data.frame(
commune = SC_Graphe$Row.Labels,
surface_compensation = SC_Graphe$POURCENTAGE)

SurfaceCmpo_data$commune<- factor(SurfaceCmpo_data$commune,levels =
unique(SurfaceCmpo_data$commune)
[order((SurfaceCmpo_data$surface_compensation),
decreasing = FALSE)])

##Investissements
df<- pour la biodiversité:
annee= c(2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016,2017,2018, 2019, 2020, 2021),
Nichois= c(1,1,1,1,1,1,1, NA, NA),
Mesures_Parcs= c(2,2,2,2,2,2,2,2, NA, NA),
BIO_Centre= c(NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,3,3,3, NA, NA),
BIO_Parcs= c(NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,4,4, NA, NA),
Label_BIO= c(NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,5, 5, 5),
Futur_Nichois= c(NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,1, 1, 1),
Futur_Mesures= c(NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,2,2,2),
Futur_Centre= c(NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,3,3,3),
Futur_Parcs= c(NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,NA,4,4,4)
)

##Programmes
prog_sensi<-data.frame(
annee= c(2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016,2017,2018, 2018.5, 2019,2020),
de sensibilisation:
```

```
Potager= c(NA, NA, NA, NA, NA, 1, 1, 1, 1, 1, NA, NA),
Rucher= c(NA, NA, NA, NA, NA, NA, NA, NA, NA, NA,2, 2, 2),
Futur_Potager= c(NA, NA, NA, NA, NA, NA, NA, NA, NA, NA, 1, 1,1)
)

contentI <- paste(sep = "<br/>",
"<b><a href=https://nature.lancy.ch/potager-communal>Potager
communal</a></b>",
"Parc Navazza-Oltremare", "1212 Lancy"
)

server<- function(input, output, session){

##Graphiques
output$qualiteIplotly<- et indicateurs:
plot_ly(
type = 'scatterpolar',
mode = "lines+markers",
)
add_trace(
r = c(36.73453, (100-12.78), (100-19.156241), 13.49, 5.058),
#pas possible de faire les calculs à la volée donc directement remplacer par les
valeurs
theta = c("Corridors", "Zones <60DB le jour", "Sols perméables", "Espaces
protégés",
"Surfaces de promotion de la biodiversité"),
fill = "yoself",
opacity = 0.7,
line= list(
color= 'transparent'
),
name = 'Canton',
marker = list(
color = "#626675",
```

```

symbol = 'square',
size = 8
),
text = "Légende:"%>%
add_trace(
  r = c(2.80, (100-30.67), (100-57.206763), 5.58, 3.41),
  theta = c("Corridors", "Zones <60DB le jour", "Sols perméables", "Espaces protégés",
    "Surfaces de promotion de la biodiversité"),
  name = "Lancy",
  fill = 'rosel',
  opacity = 0.7,
  line= list(
    color='transparent'
  ),
  marker = list(
    color = "#626675",
    symbol = 'square',
    size = 8
  ),
  text = "Légende:"%>%
layout(
  legend = list(orientation = 'h'),
  title= "Résumé et comparaison de 5 indicateurs (en %)",
  polar= list(
    domain = list(
      x = c(0,1), #définir leur place sur la feuille de 0 à 1
      y = = c(0, 1)
    ),
    radialaxis= list(
      visible= T,
      range = c(0, 100),#modifier l'échelle pour pouvoir faire une comparaison entre
GE et Lancy (mais pas le maximum)
    tickfont = list(
      size = 15 #taille de la police
    ),
  ),

```

```

margin = list(r = 150)
)
)
})
output$mapLancy<- renderLeaflet({
  leaflet()%>%
    addTiles()
    addProviderTiles(providers$Esri.WorldImagery)%>%
    setView(6.12, 46.185, zoom=13)
    addPolygons(data=ley, fill = FALSE, stroke = TRUE, color = "#03F")
  })
output$presscliquer<-renderUI({pression})

```

```

###Indicateur: richesse espèces:
output$plotEsp<- renderPlotly({
  plot_ly(Especies_data, y= ~Amphi_rept, x= ~commune, type = 'bar',
    name= 'Amphibiens et reptiles', color = I("#fb807")
  )%>%
  add_trace(y = ~Insectes, name = 'Insectes', color = I("#07acff")) %>%
  add_trace(y = ~Mammiferes, name = 'Mammiferes', color = I("#07ff2c")) %>%
  add_trace(y = ~Oiseaux, name = 'Oiseaux', color= I("red"))%>%
  layout(title= "Nombre d'espèces de faune",
    yaxis = list(title = "Nombre d'espèces"), xaxis= list(title= "" ),
    margin = list(l = 150), legend = list(orientation = 'h')) #permet de décaler la
    marge afin de ne pas couper le nom des légendes en y.
  })

```

```

output$plotFlore<- renderPlotly({
  plot_ly(Flore_data, y= ~Angio, x= ~commune, name= 'Angiospermes', color=
    I("#8a26a8"), type = "bar"
  )%>%
  add_trace(y= ~Gymno, name= 'Gymnospermes', color= I("#292584"))%>%
  add_trace(y= ~Pteri, name='Pterydophytes', color= I("#2b8425"))%>%
  layout(title= "Nombre d'espèces de flore", yaxis = list(title = "Nombre d'espèces"),
    xaxis= list(title= "" ),
    margin = list(l = 150), legend = list(orientation = 'h')) #permet de décaler la

```

```
marge afin de ne pas couper le nom des légendes en y.
})
```

```
###Indicateur: Couloirs de passage
output$Corr_Agri_Lancy_pourcentage<-renderValueBox({
  valueBox(paste0(format(0,digits=2, nsmall = 2), "%"),
    "Pourcentage du territoire de la commune en corridor agricole", icon =
    icon("pagelines"), color = "yellow")
  #fonction format(...), digits=2, nsmall=2) permet de dire combien on veut de chiffre
  après la virgule: ici 2
})
output$Corr_Aqua_Lancy_pourcentage<-renderValueBox({
  valueBox(paste0(format(0.81,digits=2, nsmall = 2), "%"),
    "Pourcentage du territoire de la commune en corridor bleu", icon = icon("tint"),
    color = "blue")
})
output$Corr_Foret_Lancy_pourcentage<-renderValueBox({
  valueBox(paste0(format(2.54,digits=2, nsmall = 2), "%"),
    "Pourcentage du territoire de la commune en corridor vert", icon = icon("tree"),
    color = "green")
})
```

```
output$plotCorr<- renderPlotly({
  plot_ly(my_data[[47,], x=~surface_Agri, y=~commune, type = 'bar',
    name= 'Agricoles', orientation= 'h', color = I("#fb807"))%>%
    add_trace(x = ~surface_Aqua, name = 'Aquatiques', color = I("#07acff")) %>%
    add_trace(x = ~surface_Foret, name = 'Forêt', color = I("#07ff2c")) %>%
    layout(yaxis = list(title = 'Communes'), xaxis= list(title='Surface de chaque corridor
    en fonction de la surface totale de la commune'), barmode = 'group',
      margin = list(l = 150))
})
```

```
output$corr_mapGE<-renderLeaflet({
  leaflet()%>%
    addTiles()
    addProviderTiles(providers$OpenStreetMap.BlackAndWhite)%>%
```

```
setView(6.12, 46.185, zoom=11) %>%
addPolygons(data=corr_agriGE,fill = TRUE, stroke = TRUE,
  fillOpacity=1,
  color = "#fb13a", group="Corridors jaunes")%>%
addPolygons(data=corr_aquaGE,fill = TRUE, stroke = TRUE,
  fillOpacity=1,
  color = "blue", group="Corridors bleus")%>%
addPolygons(data=corr_foretGE,fill = TRUE, stroke = TRUE,
  fillOpacity=1,
  color = "green", group="Corridors verts")%>%
addPolygons(data= ley, color= "#832429", fill= FALSE, stroke = TRUE,
  weight= 2.5, fillOpacity = 1)%>%
addLayersControl(baseGroups = c("Corridors jaunes", "Corridors verts", "Corridors
bleus"),
  options=layers$ControlOptions(collapsed= FALSE))
})
```

```
###Indicateur Diversité des milieux:
output$plotDiv<- renderPlotly({
  plot_ly( x= div_milieuGE1@data$shd|div_milieuGE1@data$commune == 'Lancy',
    type = 'box', name= 'Lancy', orientation= 'h', color= I("#a50101")
    )%>%
    add_trace(x= div_milieuGE1@data$shdi, name= 'Canton', color= I("#0351a5"))%>%
    layout(yaxis = list(title = "), xaxis= list(title= 'Indice de Shannon'), title=
    "Comparaison entre le canton et Lancy", showlegend= F)
  })
```

```
output$plotDivLancy<- renderPlotly({
  plot_ly(DM_Lancy_data, x= ~moyenne, y= ~commune, type = 'bar',
    name= 'Moyenne', orientation= 'h', color = I("#a50101")
    )%>%
    layout(yaxis = list(title = 'GIREC'), title= "Comparaison des différents quartiers sur la
    commune", barmode = "group",
    margin = list(l = 150))
  })
```

```

output$div_milieuGIREC<-renderLeaflet({
  leaflet() %>%
    addTiles()
    setView(6.12, 46.185, zoom=13)
    addPolygons(data=dm_GIREC_Lancy, fill = TRUE, stroke = TRUE, opacity= 1,
      fillColor = 1, weight=1,
      color = paldmGIRECLancy(dm_GIREC_Lancy@data$Average_sh,
        group=
          label = labeldm_GIREC,labelOptions = labelOptions(
            style = list("font-weight" = "normal", padding = "3px 8px"),
            textsize = "15px", direction = "auto")) %>%
            addRasterImage(div_milieuGE,
              colors = paldmGIRECLancy, opacity = 0.9) %>%
              addLegend(pal = paldmGIRECLancy, values =
                as.numeric(dm_GIREC_Lancy@data$Average_sh),
                  position=
                    group= "GIREC",
                    title= "Valeurs par </br> quartiers" %>%
                    addLegend(pal = paldmGIRECLancy, values = values(div_milieuGE),
                      group= "Canton", position= "bottomleft", title= "Valeurs pour </br> tout
                        le canton" %>%
                        addLayersControl(overlayGroups=
                          c("GIREC", "Canton"),
                          options=layersControlOptions(collapsed=
                            FALSE)) %>%
                            hideGroup("Canton")
                            })
}

```

```

###Indicateur:   Espèces   sur   listes   rouges:
output$plotRedlist1<-renderPlotly({
  plot_ly(RedlistGE, x = ~Type, y = ~RE, type = 'bar', name = 'Eteintes', color=
    I("#5e0000"))
    add_trace(y = ~CR, name = 'En danger critique', color= I("#f12828")) %>%
    add_trace(y = ~EN, name = 'En danger', color= I("#fca105")) %>%
    add_trace(y = ~VU, name = 'Vulnérables', color= I("#7ec1b")) %>%
    add_trace(y = ~NT, name = 'Quasi menacées', color= I("#9ff71b")) %>%
    add_trace(y = ~LC, name = 'Préoccupation mineure', color= I("#36c439")) %>%
    add_trace(y = ~DD, name = 'Données insuffisantes', color= I("#9b9b9b")) %>%
    add_trace(y = ~NE, name = 'Non évaluées', color= I("#ededed")) %>%
    add_trace(y = ~NonDispo, name = 'Pas de données', color= I("#ffffff")) %>%

```

```

  layout(yaxis = list(title = 'Catégories de listes rouges'), xaxis= list(title= ""),
    legend = list(orientation = "h"),
    title= "Espèces sur listes rouges sur le canton", margin = list(b = 150), barmode =
      'stack')
  })

```

```

output$plotRedlist2<-renderPlotly({
  plot_ly(RedlistLancy, x = ~Type, y = ~RE, type = 'bar', name = 'Eteintes', color=
    I("#5e0000"))
    add_trace(y = ~CR, name = 'En danger critique', color= I("#f12828")) %>%
    add_trace(y = ~EN, name = 'En danger', color= I("#fca105")) %>%
    add_trace(y = ~VU, name = 'Vulnérables', color= I("#7ec1b")) %>%
    add_trace(y = ~NT, name = 'Quasi menacées', color= I("#9ff71b")) %>%
    add_trace(y = ~LC, name = 'Préoccupation mineure', color= I("#36c439")) %>%
    add_trace(y = ~DD, name = 'Données insuffisantes', color= I("#9b9b9b")) %>%
    add_trace(y = ~NE, name = 'Non évaluées', color= I("#ededed")) %>%
    add_trace(y = ~NonDispo, name = 'Pas de données', color= I("#ffffff")) %>%
    layout(yaxis = list(title = 'Catégories de listes rouges'), xaxis= list(title= ""),
      title= "Espèces sur listes rouges </br> </br> dans la commune de Lancy",
      legend = list(orientation = "h"),
      margin = list(b = 150), barmode = 'stack')
  })

```

```

###Catégorie:   Pression:
###Indicateur   Espèces   exotiques   envahissantes:
output$EspecExoPlot<-
  renderPlotly({
    plot_ly(data_EspecExo, x = ~Lancy, y = ~list_noir, type = 'bar', name = 'liste noire')
      %>%
      add_trace(y = ~watch_list, name = 'Watch Liste') %>%
      add_trace(y = ~autres_especes, name = 'Autres espèces') %>%
      layout(yaxis = list(title = 'Nombre espèces'), xaxis= list(title= " "),
        title= "Espèces exotiques envahissantes", barmode = 'stack')
      })
    ###Indicateur   Fragmentation:
    output$boxplotFrag<-
      renderPlotly({
        plot_ly(x= data_frag$mesh[data_frag$commune== '31'], type = "box", name= 'Lancy',

```

```

color = I("#50101"))%>%
  add_trace(x= data_fragments, name= 'Canton', color= I("#3c4bc"))%>%
  layout(yaxis = list(title = ), xaxis= list(title= "Mesh"),
         title= "Comparaison de la fragmentation <br> entre la commune et le canton",
         showlegend= F)
})

output$plotFragGIREC<-
  plot_ly(Frag_Lancy_data, x=~frag, y= ~commune , type = "bar",
         name= 'Moyenne', orientation= 'h', color = I("#50101"))%>%
  layout(yaxis = list(title = 'GIREC'), xaxis= list(title= 'Moyenne de Mesh'),
         title= "Comparaison des différents quartiers sur la commune", barnode = 'group',
         margin = list(l = 150))
})

output$fragemap<-renderLeaflet({
  leaflet()%>%
    addTiles()
    addProviderTiles(providers$Esri.WorldTopoMap)%>%
    setView(6.12, 46.185, zoom=13) %>%
    addRasterImage(frag_raster, colors = palfragGE, group="Fragmentation
Canton")%>%
    addPolygons(data= dm_GIREC_Lancy, fill = TRUE, stroke = TRUE, weight= 1,
    opacity= 1, fillColor = TRUE,
    color = palfragGE(dm_GIREC_Lancy@data$Frag), group="Fragmentation
GIREC",
    label = labelfrag_GIREC,labelOptions= labelOptions(
    style = list("font-weight" = "normal", padding = "3px 8px"),
    textsize = "15px", direction = "auto"))%>%
    addLegend(pal= palfragGE, values= as.numeric(dm_GIREC_Lancy@data$Frag),
    opacity = 0.7, group="Fragmentation GIREC",
    position = "bottomright", title="Valeurs par <br> quartier"%>%
    addLegend(pal= palfragGE, values= values(frag_raster),
    opacity = 0.7, group="Fragmentation Canton",
    position = "bottomright", title="Valeurs pour <br> tout le canton"%>%
    addLayersControl(overlayGroups = c("Fragmentation Canton", "Fragmentation

```

```

GIREC"),
  options=layersControlOptions(collapsed= TRUE))%>%
  hideGroup("Fragmentation Canton")
})
##Indicateur
output$imper_Lancy_pourcentage<-renderValueBox({
  valueBox(paste0(format(56.17,digits=2, nsmall = 2), "%"),
    "Pourcentage de la commune imperméable", icon = icon("road"), color =
    "yellow")
})

output$plotImper<-
  plot_ly(imper_data, x= ~pourcentage[-3], y= ~commune[-3], type = "bar",
         name= 'Imperméable', orientation= 'h', color = I("#b57272"))%>%
  add_trace(x= ~pourcentage[3], y= ~commune[3], name= 'Imperméable', color =
I("#593737"))%>%
  #Permet de colorer le résultat pour Lancy d'une autre couleur, pour qu'il
ressorte.
  layout(yaxis = list(title = 'Communes'), xaxis= list(title= 'Surface (en %)'), barnode =
'group',
  showlegend= F,
  margin = list(l = 150))
})

output$impermap<-renderLeaflet({
  leaflet()%>%
    addTiles()
    addProviderTiles(providers$Esri.WorldTopoMap)
    setView(6.12, 46.185, zoom=13) %>%
    # addRasterImage(imper_raster, group="Imperméabilisation Canton",
# colors = "red", opacity = 0.9)%>% => trop lourde prenait trop de temps
et pas assez précise
    addPolygons(data=imperLancy,opacity= 1,
    fillColor = 1, weight=1,
    color = I("#b57272), group="Imperméabilisation Commune"%>%
    addLegend(colors= c(I("#b57272)), labels= c("Sols imperméables"), title=

```

```

"Légende")
})

###Indicateur          Pollution          sonore:
output$Bruit_nuit_pourcentage          <-render$ValueBox({
  valueBox(paste0(32.67, "%"), "Valeur >= 50dB", icon = icon("star"), color =
"purple")
#          valueBox(paste0(format((sum((as.numeric(ifelse(as.numeric(as.character
#          (bruitRN_shpLancy@data$gridecode))
#          >= 50, yes = 1, no=0)))))*
#          ((bruitRN_shpLancy@data$Shape_Area)))*(100)))/
#          (sum(bruitRN_shpLancy@data$Shape_Area)),
#          digits=2, nsmall = 2), "%"), "Valeur >= 50dB", icon = icon("star"),
color
# => calcul à la volée trop lourd, donc a été remplacé par les valeurs brutes.
})
output$Bruit_jourR_pourcentage          <-render$ValueBox({
  valueBox(paste0(30.67, "%"), "Valeur >= 60dB", icon = icon("circle"), color =
"yellow")
#
valueBox(paste0(format((sum((bruitRJ_shpLancy@data$column.YESNO)*(bruitRJ_shpL
ancy@data$Shape_Area)))*(100)))/
#          (sum(bruitRJ_shpLancy@data$Shape_Area)),
#          digits=2, nsmall = 2), "%"), "Valeur >= 60dB", icon = icon("sun"),
color
#fonction format(...), digits=2, nsmall=2) permet de dire combien on veut de chiffre
après          la          virgule:          ici          2
})
output$plotBruit<-
  plot_ly(x= bruit_data$pourcentage_jour, y= bruit_data$commune, type = 'bar',
name= 'Bruit_jour', orientation= 'h', color = I("#4930c")%>%
add_trace(x = bruit_data$pourcentage_nuit, name = 'Bruit nuit', color= I("#c70e9"))
%>%          #ajouter          couleur          à          plotly
  layout(yaxis = list(title = 'Communes'), xaxis= list(title='Surface (en %)'), barmode =
'group',
  legend          =          list(orientation          =          'h'),
margin          =          list(orientation          =          150))

```

```

})
output$mapbruitGE<-
  leaflet()
  addTiles()
  addProviderTiles(providers$Esri.WorldTopoMap)%>%
setView(6.12, 46.185, zoom=11)
  addRasterImage(bruitRJ_rasterGE,
  colors          =          pal,          opacity          =          0.9)%>%
  addRasterImage(bruitRN_rasterGE,
  colors          =          pal,          opacity          =          0.9)%>%
  addLegend(position= "bottomleft", pal = pal, values = values(bruitRJ_rasterGE),
  title          =          "Valeurs          Jour",          group="Jour"%>%
  addLegend(position= "bottomleft", pal = pal, values = values(bruitRN_rasterGE),
  title          =          "Valeurs          Nuit",          group="Nuit"%>%
  addLayersControl(overlayGroups          =          c("Jour", "Nuit"),          options=
layers$ControlOptions(collapsed=
hideGroup("Nuit")
  })
  output$mapbruitLANCY<-
  leaflet()
  addTiles()
  addProviderTiles(providers$Esri.WorldTopoMap)%>%
setView(6.12, 46.185, zoom=13)
  addRasterImage(bruitRJ_rasterLancy,
  colors          =          pal,          opacity          =          0.9)%>%
  addRasterImage(bruitRN_rasterLancy,
  colors          =          pal,          opacity          =          0.9)%>%
  addLegend(position= "bottomleft", pal = pal, values = values(bruitRJ_rasterLancy),
  title          =          "Valeurs          Jour",          group="Jour"%>%
  addLegend(position= "bottomleft", pal = pal, values =
values(bruitRN_rasterLancy),
  title          =          "Valeurs          Nuit",          group="Nuit"%>%
  addLayersControl(overlayGroups          =          c("Jour", "Nuit"),          options=
layers$ControlOptions(collapsed=
hideGroup("Nuit")
  })

```

```

###Indicateur      pollution      agricole:

output$mapPollAgriN<-renderLeaflet({
  leaflet()
  addTiles()
  addProviderTiles(providers$Esri.WorldTopoMap)%>%
    setView(6.12,      46.185,      zoom=11)      %>%
    addRasterImage(azote_tif,      group="Canton",
      colors      =      palPollAgri,      opacity      =      0.9)%>%
    addLegend(position=      "topleft",      pal      =      palPollAgri,
      values      =      values(azote_tif),
      title      =      "Légende:")
})

```

```

output$mapPollAgriP<-      renderLeaflet({
  leaflet()      %>%
    addTiles()      %>%
    addProviderTiles(providers$Esri.WorldTopoMap)%>%
      setView(6.12,      46.185,      zoom=11)      %>%
    addRasterImage(phosphoreGE,      group="Azote",
      colors      =      palPollAgri,      opacity      =      0.9)%>%
    addLegend(position=      "topleft",      pal      =      palPollAgri,
      values=      values(phosphoreGE), labFormat=      labelFormat(digits = 10),
      title      =      "Légende:")
})

```

```

output$azoteGE_boxplot<-      renderPlot({
  boxplot(azote_tif, xlab="Canton", ylab="Valeurs", ylim=      c(0, 0.012519), col=
"#035fa5")
})

```

```

output$azotelancy_boxplot<-      renderPlot({
  boxplot(azotelancy, xlab="Lancy", ylab="Valeurs", ylim=      c(0, 0.012519), col=
"#a50101")
})

```

```

output$phosphoreGE_boxplot<-      renderPlot({
  boxplot(phosphoreGE, xlab="Canton", ylab="Valeurs", ylim=      c(0, 0.000131779),
col="#035fa5")
})

```

```

output$phosphoreLancy_boxplot<-      renderPlot({
  boxplot(phosphoreLancy, xlab="Lancy", ylab="Valeurs", ylim=      c(0, 0.000131779),
col=      #a50101)
})

```

```

##Indicateur      pollution      lumineuse
output$lum      <-      renderLeaflet({
  leaflet()      %>%
    addTiles()      %>%
    setView(6.12,      46.185,      zoom=13)      %>%
    addRasterImage(poll_lum_Lancy, colors=      "Spectral", opacity =      0.9) #couleur
choisie:      couleurs      spectrales      du      raster
})

```

```

###Indicateur      pollinisation:
output$mappollinisateurs_abondance<-      renderLeaflet({
  leaflet()      %>%
    addTiles()      %>%
    addProviderTiles(providers$Esri.WorldTopoMap)%>%
      setView(6.12,      46.185,      zoom=11)      %>%
    addRasterImage(pollinisateurs_abondanceGE,      group="Canton      GE",
      colors      =      palpollinisateurs_abondance,      opacity      =      0.9)      %>%
    addLegend(position=      "topleft",      pal      =      palpollinisateurs_abondance,
      values=      values(pollinisateurs_abondanceGE), labFormat=      labelFormat(digits
10,
      title      =      "Légende:")
})

```

```

})
output$abondanceGE_boxplot<-      renderPlot({
  boxplot(pollinisateurs_abondanceGE, xlab="Canton", ylab="Valeurs", ylim=      c(0,
0.337307), col=      #035fa5)
})

```

```

    })

    output$abondancelancy_boxplot<-
      boxplot(pollinisateurs_abondancelancy, xlab="Lancy", ylab="Valeurs", ylim= c(0,
0.337307), col=
      renderPlot({
    })

    output$mappollinisateurs_eco<-
      leaflet()
      addTiles()
      addProviderTiles(providers$Esri.WorldTopoMap)%>%
        setView(6.12, 46.185, zoom=11)
        addRasterImage(pollinisation_valeur, group= "Canton", Valueur",
        colors= palpollinisateurs_abondance, opacity= 0.9)%>%
        addLegend(position= "topleft", pal = palpollinisateurs_abondance,
        values = values(pollinisation_valeur), labFormat= labelFormat(digits = 10),
        title = "Légende:"
        )
    })

    output$val_ecoGE<-
      boxplot(pollinisation_valeur, xlab="Canton", ylab="Valeurs", ylim= c(0, 0.187853),
col=
      renderPlot({
    })

    output$val_ecolancy_boxplot<-
      boxplot(pollinisation_valeurlancy, xlab="Lancy", ylab="Valeurs", ylim= c(0,
0.187853), col=
      renderPlot({
    })

    ###Indicateur
    output$mapcarbone<-
      leaflet()
      addTiles()
      addProviderTiles(providers$Esri.WorldTopoMap)%>%
        setView(6.12, 46.185, zoom=11)
        addRasterImage(carboneGE, group="Canton", GE",
        colors = palcarbone, opacity = 0.9) %>%

```

```

      addRasterImage(carboneLancy, group="Lancy",
        colors = palcarbone, opacity = 0.9) %>%
      addLayersControl(baseGroups = c("Canton", GE", "Lancy"), options=
        layersControlOptions(collapsed= FALSE))%>%
      addLegend(position= "topleft", pal = palcarbone, labFormat= labelFormat(digits =
10),
        values =
        title = "Légende:"
        )
    })

    output$carboneBoxplotGE<-
      boxplot(carboneBoxplot, xlab="Canton", ylab="Valeurs", ylim= c(0, 0.68),
col=#035fa5)
    })

    output$carboneBoxplotLancy<-
      boxplot(carboneBoxplotLancy, xlab="Lancy", ylab="Valeurs", ylim= c(0, 0.68),
col=#a50101)
    })

```

```

    ###Catégorie: Résultats:

    ##Indicateur
    output$espacesprotvaluebox<-renderValueBox({
      valueBox(paste0(format(EP_Canton_Pourcentage[31,4],digits=2, nsmall = 2), "%"),
        "Pourcentage territoire Commune", icon = icon("search"), color = "green")
    })

    output$epCantonValueBox<-
      valueBox(paste0(format(EP_Canton_Pourcentage[49,4],digits=2, nsmall = 2), "%"),
        "Pourcentage territoire Canton", icon = icon("lock"), color = "blue")
    })

    output$pieCanton<-
      plot_ly(EP_Canton_Graphe, labels= EP_Canton_Graphe$Row.Labels,
        values= EP_Canton_Graphe$Sum.of.Shape.Area, type= 'pie',
        textposition = 'outside',
        textinfo = 'label+percent',

```

```

hole=                                0.6,
marker                               =
line    =    list(color    =    'FFFFFF',    width    =    2)),
showlegend=                                F)
add_pie(hole                        =    0.6)                                %>%
layout(title = "Types d'espaces protégés dans le Canton", showlegend = F,
xaxis = list(showgrid = FALSE, zeroine = FALSE, showticklabels = FALSE),
yaxis = list(showgrid = FALSE, zeroine = FALSE, showticklabels = FALSE),
margin=
l    =    =    =    list(
r    =    =    =    100,
b    =    =    =    100,
pad    =    =    =    50,
))    4

output$pielancy<-
plot_ly(EP_Lancy_Graphe, labels= EP_Lancy_Graphe$Row.Labels,
values= EP_Lancy_Graphe$Sum.of.Shape_Area, type= 'pie',
textposition = 'outside',
textinfo = 'label+percent',
hole= 0.6,
marker =
line = list(color = 'FFFFFF', width = 2)),
showlegend= F)
layout(title = "Types d'espaces protégés dans la commune", showlegend = F,
xaxis = list(showgrid = FALSE, zeroine = FALSE, showticklabels = FALSE),
yaxis = list(showgrid = FALSE, zeroine = FALSE, showticklabels = FALSE),
margin=
l    =    =    =    list(
r    =    =    =    100,
b    =    =    =    100,
pad    =    =    =    50,
))    4

output$plotEP<-
plot_ly(x= data_EP$pourcentage[-31], y= data_EP$commune[-31], type = 'bar',

```

```

name= 'Espaces Protégés', orientation= 'h', color = I("#4ab54b")
)%>%
add_trace(x= data_EP$pourcentage[31], y= data_EP$commune[31], color =
I("#266027"))%>%
layout(yaxis = list(title = 'Communes'), xaxis= list(title= "Surface (en %)" ),
showlegend= F, margin = list(
))
output$mapespaces
leaflet()%>%
addTiles()
addProviderTiles(providers$Esri.WorldTopoMap)%>%
setView(6.12, 46.185, zoom=11)
addPolygons(data= RN_CONVENTION_RAMSESAR, color = "#f97070",
stroke = FALSE, smoothFactor = 0.2, fillOpacity = 1,
group="Convention
# addPolygons(data= RN_OBAT_REVISION_2010, color = "#f9d0d0",
# stroke = FALSE, smoothFactor = 0.2, fillOpacity = 1, group=
"OBAT")%>%
addPolygons(data= RN_OFEEP_BASMARSAIS, color = "#9fcc45",
stroke = FALSE, smoothFactor = 0.2, fillOpacity = 1, group= "BAS
MARSAIS")%>%
addPolygons(data= RN_OFEEP_IZA, color = "#24a542",
stroke = FALSE, smoothFactor = 0.2, fillOpacity = 1, group= "IZA")%>%
addPolygons(data= RN_OFEEP_PAYSAGE, color = "#23a593",
stroke = FALSE, smoothFactor = 0.2, fillOpacity = 1, group=
"PAYSAGE")%>%
addPolygons(data= RN_OFEEP_PATURAGES_SECS, color = "#236ca5",
stroke = FALSE, smoothFactor = 0.2, fillOpacity = 1, group= "PATURAGES
SECS")%>%
addPolygons(data= RN_OFEEP_SRB_FIXE, color = "#042bed",
stroke = FALSE, smoothFactor = 0.2, fillOpacity = 1, group= "SRB
FIXE")%>%
# addPolygons(data= RN_OFEEP_SRB_ITINERANT, color = "#a4f15a3",
# stroke = FALSE, smoothFactor = 0.2, fillOpacity = 1, group= "SRB
ITINERANT")%>%
addPolygons(data= RN_RES_NAT_PLAN_SITE, color = "#f9222c",
stroke = FALSE, smoothFactor = 0.2, fillOpacity = 1, group= "RES

```

```

NAT")%>%
  addLayersControl(baseGroups = c("Convention Ramsar", "BAS MARAIS",
    "IZA", "PAYSAGE", "PATURAGES SECS",
    "SRB", "FIXE", "RES", "NAT"),
    options=layersControlOptions(collapsed= FALSE))
})

##Indicateur Mesures de compensation:
output$mesuresvaluebox1<-renderValueBox({
  valueBox(paste0(format((179247.6687*100/4775290.795),digits=2, nsmall = 2),
    "%"),
    "Pourcentage de prairies dans la commune", icon = icon("pagelines"), color =
    "olive")
  })

output$mesuresvaluebox2<-renderValueBox({
  valueBox(paste0(format((3.412891096),digits=2, nsmall = 2), "%"),
    "Pourcentage de SPB dans la commune", icon = icon("lock"), color = "teal")
  })

output$plotSC<- renderPlotly({
  plot_ly(SurfaceCompo_data, x= ~surface_compensation[-31], y= ~commune[-31],
    type = "bar",
    name= 'Surface de compensation', color = I("#007d7d"),
    orientation= "h")%>%
    add_trace(x = ~surface_compensation[31], y= ~commune[31], color= I("#023535"))
    %>%
    layout(yaxis = list(title = 'Communes'), xaxis= list(title='Surface de SPB par rapport
    aux prairies et cultures (en %)'),
    barnode = "stack",
    showlegend= F,
    margin = list(l = 150, b= 50))
  })
  output$mapmesures<-renderLeaflet({
    leaflet()%>%

```

```

  addTiles()
  addProviderTiles(providers$Esri.WorldImagery)%>%
  setView(6.12, 46.185, zoom=12)
  addPolygons(data= mesuresGE, color =
    ~palMesuresGE(mesuresGE@data$Type_Regroup),
    stroke = FALSE, smoothFactor = 0.2, fillOpacity = 1, group= "Genève",
    label = labelsMesuresGE,labelOptions = labelOptions(
    style = list("font-weight" = "normal", padding = "3px 8px"),
    textsize = "15px", direction = "auto")%>% # permet de passer sur la carte
    et d'avoir la légende chaque polygone.
    addPolygons(data= ley, color= "#ffff", fill= FALSE, stroke = TRUE,
    weight= 2.5, fillOpacity = 1)%>%
    addLegend(position= "topright",
    title = "Passez au dessus <br/> de chaque polygone <br/> pour voir la légende",
    colors= "white", labels= "")
  })

```

```

##Indicateur investissements:
output$timeseries renderPlotly({
  p <- plot_ly(data = df, x = ~annee, y = ~Nichoirs, name= "Nichoirs", type = 'scatter',
    mode = "lines",
    line = list(color = 'rgb(22, 96, 167)', width = 4))%>%
    add_lines(y = ~Futur_Nichoirs, line = list(color = 'rgb(22, 96, 167)', width = 4,
    dash= "dot", showlegend= F)%>%
    add_lines(y = ~Mesures_Parc, name= "Mesures dans les parcs", type = 'scatter',
    mode = "lines",
    line = list(color = 'rgb(158, 84, 183)', width = 4))%>%
    add_lines(y = ~Futur_Mesures, line = list(color = 'rgb(158, 84, 183)', width = 4,
    dash= "dot", showlegend= F)%>%
    add_lines(y = ~BIO_Parc, name= "BIO dans les parcs", type = 'scatter', mode =
    'lines',
    line = list(color = 'rgb(83, 183, 174)', width = 4))%>%
    add_lines(y = ~Futur_Parc, line = list(color = 'rgb(83, 183, 174)', width = 4, dash=
    'dot', showlegend= F)%>%
    add_lines(y = ~BIO_Centre, name= "BIO Centre de production", type = 'scatter',
    mode = "lines",
    line = list(color = 'rgb(147, 239, 139)', width = 4))%>%

```

```

    add_lines(y = ~Futur_Centre, line = list(color = 'rgb(147, 239, 139)', width = 4,
dash= 'dot'), showlegend= F)%>%
    add_lines(y = ~Label_BIO, name= "Label BIO", type = 'scatter', mode = 'lines',
    line = list(color = 'rgb(239, 139, 139)', width = 4, dash= 'dot'))%>%
    layout(title= "Investissements pour la biodiversité", hovermode= FALSE,
    xaxis = list(range = c(2010, 2021), title = 'Année'), yaxis= list(showgrid = F,
    showlegend=F, title= "",
    showticklabels = FALSE))
}

```

```

##Indicateur      programmes      de      sensibilisation:
output$progsensi<-      renderPlotly({
    plot_ly(prog_sensi, x = ~annee, y = ~Potager, name= "Potager", type = 'scatter', mode
    =
    line = list(color = 'rgb(22, 96, 167)', width = 4))%>%
    add_lines(y = ~Rucher, name= "Rucher", line = list(color = 'rgb(121, 22, 167)', width
    = 4, dash= 'dot')) %>%
    add_lines(y = ~Futur_Potager, name= "Rucher", line = list(color = 'rgb(22, 96, 167)',
    width = 4, dash= 'dot'), showlegend= F)%>%
    layout(title = "Programmes de sensibilisation à Lancy", xaxis = list(showgrid = T,
    hovermode= FALSE,
    yaxis = list(showgrid = F, showlegend=F, showticklabels = FALSE, title= "", range=
    c(0,3)))
    }
    )

```

```

output$prog_sensimap<-      renderLeaflet({
    leaflet() %>%      addTiles() %>%
    setView(6.12, 46.183667, zoom=13) %>%
    addPopups(
    lat = 46.183667, lng = 6.115085,
    content1,
    options = popupOptions(closeButton = TRUE)) %>%
    addMarkers(lat = 46.183667, lng = 6.115085)
    })

```

```

#Boutons Infobox pour cliquer et atterir sur une autre page:
output$richesse1 <-      renderInfoBox({
    infoBox("Qualité de la biodiversité",
    a("cliquer ici", onclick = "openTab('presentation_quality')", target= "_blank"),
    tags$script(HTML("
    var      openTab = function(tabName){
    $('a',      $('.sidebar')).each(function()
    {
    if(this.getAttribute('data-value') == tabName)
    this.click()
    };
    });
    }
    )),
    icon = icon("leaf"), color = "blue"
    )
    })
    output$pression1 <-      renderInfoBox({
    infoBox("Pressions",
    a("cliquer ici", onclick = "openTab('presentation_pression')", target= "_blank"),
    tags$script(HTML("
    var      openTab = function(tabName){
    $('a',      $('.sidebar')).each(function()
    {
    if(this.getAttribute('data-value') == tabName)
    this.click()
    };
    });
    }
    )),
    icon = icon("thumbs-down"), color = "red"
    )
    })
    output$benefit1 <-      renderInfoBox({
    infoBox("Bénéfices",
    a("cliquer ici", onclick = "openTab('presentation_benefit')", target= "_blank"),
    tags$script(HTML("
    var      openTab = function(tabName){

```

```

$(a',
  if(this.getAttribute('data-value') == tabName) {
    this.click()
  };
});
});
}
}),
icon = icon("check-circle"), color = "green"
)
})
output$resultat1 <- renderInfoBox({
  infoBox("Résultats",
    a("cliquer ici", onclick = "openTab('presentation_resultats')", target="_blank"),
    tags$script(HTML("
      var openTab = function(tabName){
        $('a',
          if(this.getAttribute('data-value') == tabName) {
            this.click()
          };
        });
      }
    ),
    icon = icon("trophy"), color = "yellow"
  )
})
output$comparaison1 <- renderInfoBox({
  infoBox("Résumé de 5 indicateurs",
    a("cliquer ici", onclick = "openTab('comparaison')", target="_blank"),
    tags$script(HTML("
      var openTab = function(tabName){
        $('a',
          if(this.getAttribute('data-value') == tabName) {
            this.click()
          };
        });
      }
    ),

```

```

icon = icon("compass"), color = "purple"
)
})
output$sources1 <- renderInfoBox({
  infoBox("Sources des données",
    a("cliquer ici", onclick = "openTab('sources_data')", target="_blank"),
    tags$script(HTML("
      var openTab = function(tabName){
        $('a',
          if(this.getAttribute('data-value') == tabName) {
            this.click()
          };
        });
      }
    ),
    icon = icon("book"), color = "olive"
  )
})

```

#Bouton pour cliquer depuis les pages des catégories sur un indicateur:

```

observe({
  if
    updateTabsetPanel(session,"menu",selected = (input$ind_richesse>0)
    )
  observe({
    if
      updateTabsetPanel(session,"menu",selected = (input$ind_divi>0)
      )
    updateTabsetPanel(session,"menu",selected = "ind_diverse")
  })
  observe({
    if
      updateTabsetPanel(session,"menu",selected = (input$ind_corr>0)
      )
    updateTabsetPanel(session,"menu",selected = "ind_trames")
  })
  observe({
    if
      updateTabsetPanel(session,"menu",selected = (input$ind_listes1>0)
      )
    updateTabsetPanel(session,"menu",selected = "ind_listerouge")
  })

```

```

observe({
  if
    updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$ind_exo1>0)
                                "ind_envahissantes")
  })
  observe({
    if
      updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$ind_frag1>0)
                                "ind_fragmentation")
    })
    observe({
      if
        updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$ind_bruit1>0)
                                "ind_sonore")
      })
      observe({
        if
          updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$ind_lum1>0)
                                "ind_lumineuse")
        })
        observe({
          if
            updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$ind_agri1>0)
                                "ind_agricole")
          })
          observe({
            if
              updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$ind_imper1>0)
                                "ind_imper")
            })
            observe({
              if
                updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$ind_poll1>0)
                                "ind_pollinisation")
              })
              observe({
                if
                  updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$ind_carbone1>0)
                                "ind_carbone")
                })
                observe({
                  if
                    updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$ind_espaces1>0)
                                "ind_protege")
                    })
                    observe({

```

```

    if
      updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$ind_SPB1>0)
                                "ind_compensation")
    })
    observe({
      if
        updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$ind_invest1>0)
                                "ind_investisment")
      })
      observe({
        if
          updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$ind_prog1>0)
                                "ind_programme")
          })
          ###Boutons
          observe({
            if
              updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$suivant1>0)
                                "ind_richesse")
            })
            observe({
              if
                updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$suivant2>0)
                                "ind_diversite")
            })
            observe({
              if
                updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$suivant3>0)
                                "ind_trames")
            })
            observe({
              if
                updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$suivant4>0)
                                "ind_listerouge")
            })
            observe({
              if
                updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$suivant5>0)
                                "presentation_pression")
            })
            observe({
              if
                updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      (input$suivant6>0)
                                "ind_envahissantes")
            })
            observe({

```



```

if      (input$precedent5>0)
  updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "ind_trames")
})
observe({
  if      (input$precedent6>0)
    updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "ind_listierouge")
  })
  observe({
    if      (input$precedent7>0)
      updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "presentation_pression")
    })
    observe({
      if      (input$precedent8>0)
        updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "ind_envahissantes")
      })
      observe({
        if      (input$precedent9>0)
          updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "ind_fragmentation")
        })
        observe({
          if      (input$precedent10>0)
            updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "ind_lumineuse")
          })
          observe({
            if      (input$precedent11>0)
              updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "ind_agricole")
            })
            observe({
              if      (input$precedent12>0)
                updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "ind_sonore")
              })
              observe({
                if      (input$precedent13>0)
                  updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "ind_imper")
                })
                observe({
                  if      (input$precedent14>0)

```

```

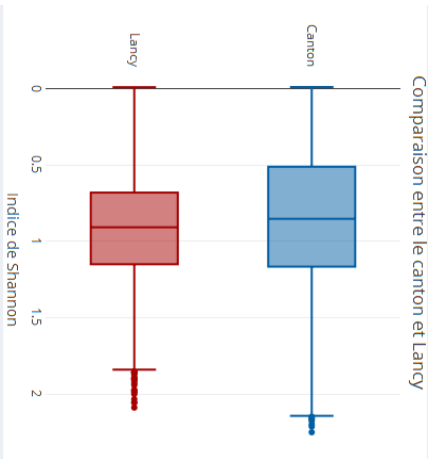
    updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "presentation_benefit")
  })
  observe({
    if      (input$precedent15>0)
      updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "ind_pollinisation")
    })
    observe({
      if      (input$precedent16>0)
        updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "ind_carbone")
      })
      observe({
        if      (input$precedent17>0)
          updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "presentation_resultats")
        })
        observe({
          if      (input$precedent18>0)
            updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "ind_protege")
          })
          observe({
            if      (input$precedent19>0)
              updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "ind_compensation")
            })
            observe({
              if      (input$precedent20>0)
                updateTabsetPanel(session,"menu",selected      =      "ind_investissemnt")
              })
            })

```

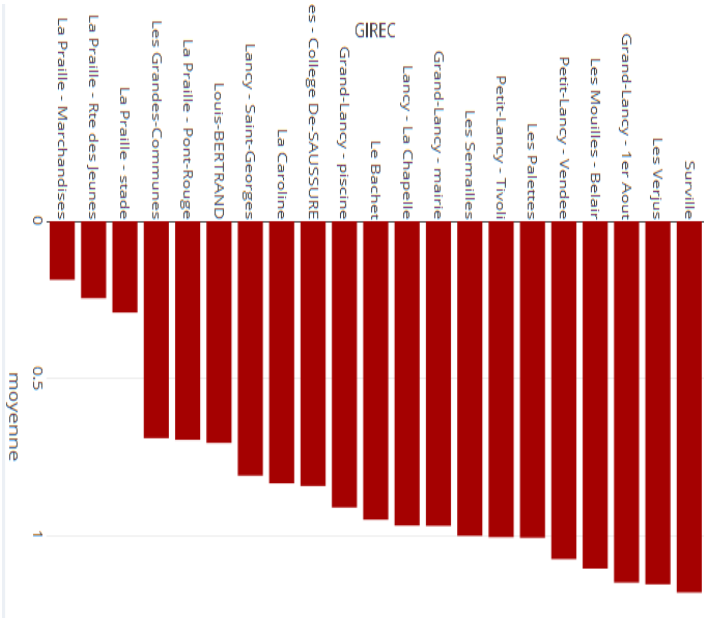
7.3 Résultats par indicateur

Indicateurs	Graphiques																												
Richesse des espèces	Nombre d'espèces de faune <table border="1"><thead><tr><th>Catégorie</th><th>Lancy</th><th>Canton</th></tr></thead><tbody><tr><td>Amphibiens et reptiles</td><td>~10</td><td>~40</td></tr><tr><td>Insectes</td><td>~50</td><td>~750</td></tr><tr><td>Mammifères</td><td>~20</td><td>~80</td></tr><tr><td>Oiseaux</td><td>~100</td><td>~400</td></tr></tbody></table> Nombre d'espèces de flore <table border="1"><thead><tr><th>Catégorie</th><th>Lancy</th><th>Canton</th></tr></thead><tbody><tr><td>Angiospermes</td><td>~600</td><td>~1900</td></tr><tr><td>Gymnospermes</td><td>~10</td><td>~10</td></tr><tr><td>Pterydophytes</td><td>~10</td><td>~20</td></tr></tbody></table>	Catégorie	Lancy	Canton	Amphibiens et reptiles	~10	~40	Insectes	~50	~750	Mammifères	~20	~80	Oiseaux	~100	~400	Catégorie	Lancy	Canton	Angiospermes	~600	~1900	Gymnospermes	~10	~10	Pterydophytes	~10	~20	
Catégorie	Lancy	Canton																											
Amphibiens et reptiles	~10	~40																											
Insectes	~50	~750																											
Mammifères	~20	~80																											
Oiseaux	~100	~400																											
Catégorie	Lancy	Canton																											
Angiospermes	~600	~1900																											
Gymnospermes	~10	~10																											
Pterydophytes	~10	~20																											

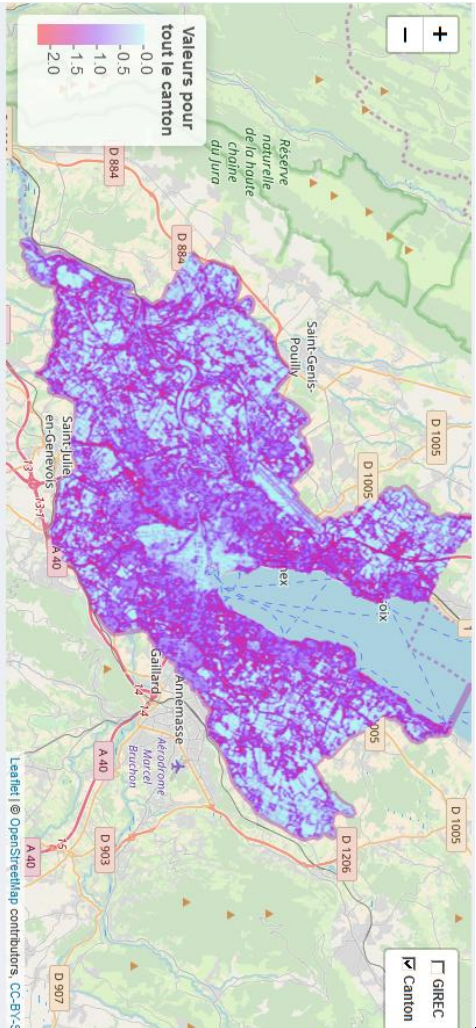
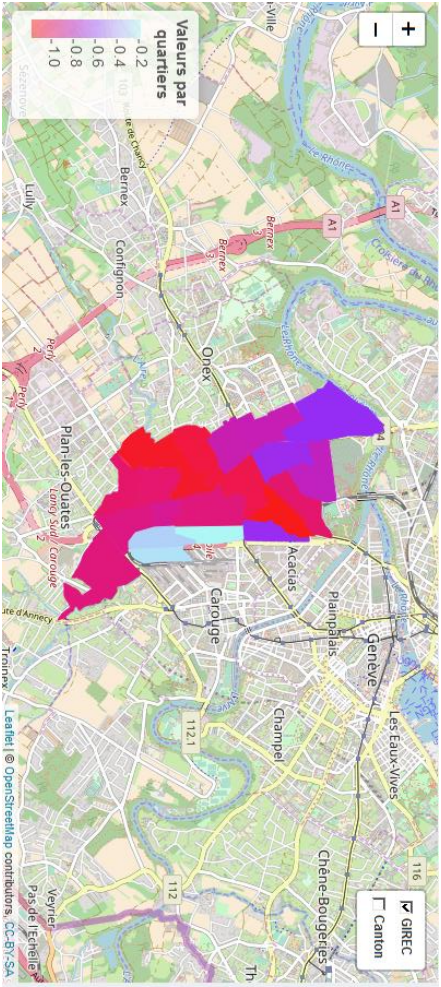
Graphiques

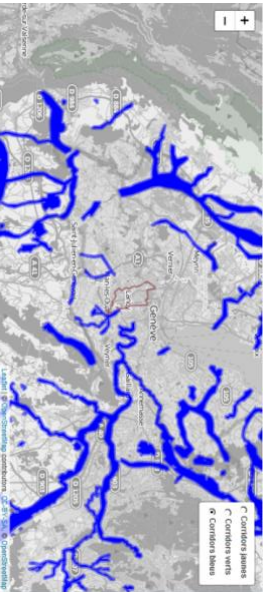
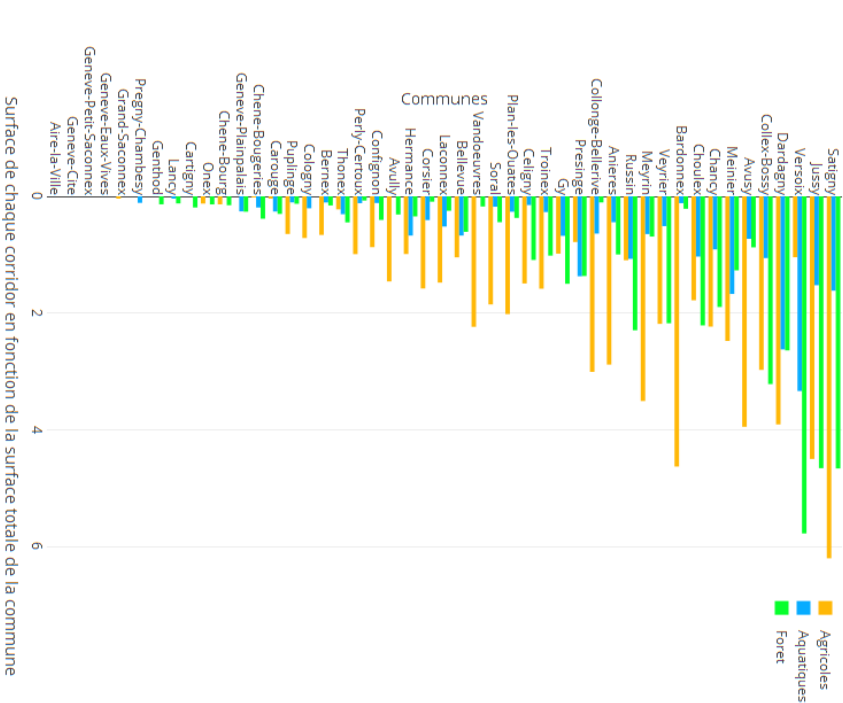
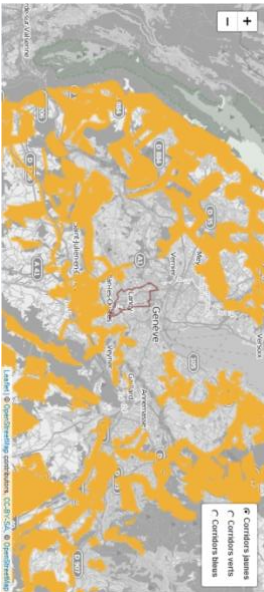


Comparaison des différents quartiers sur la commune

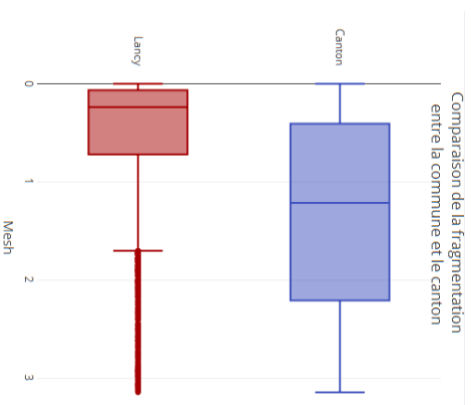


Cartes

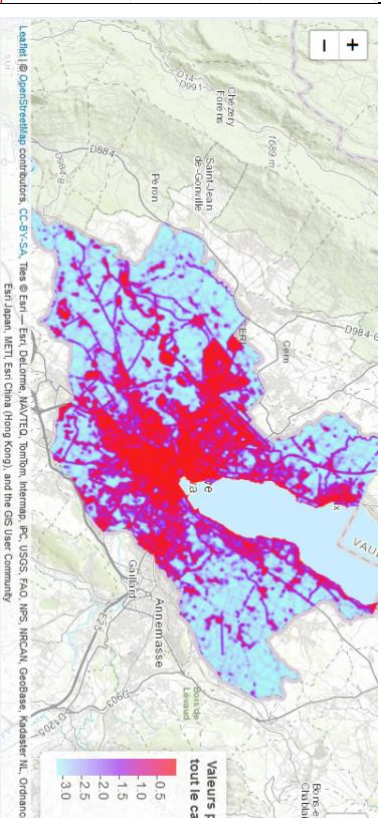
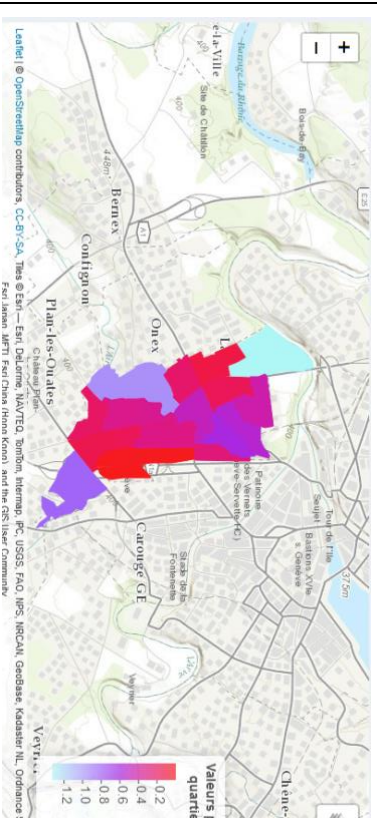
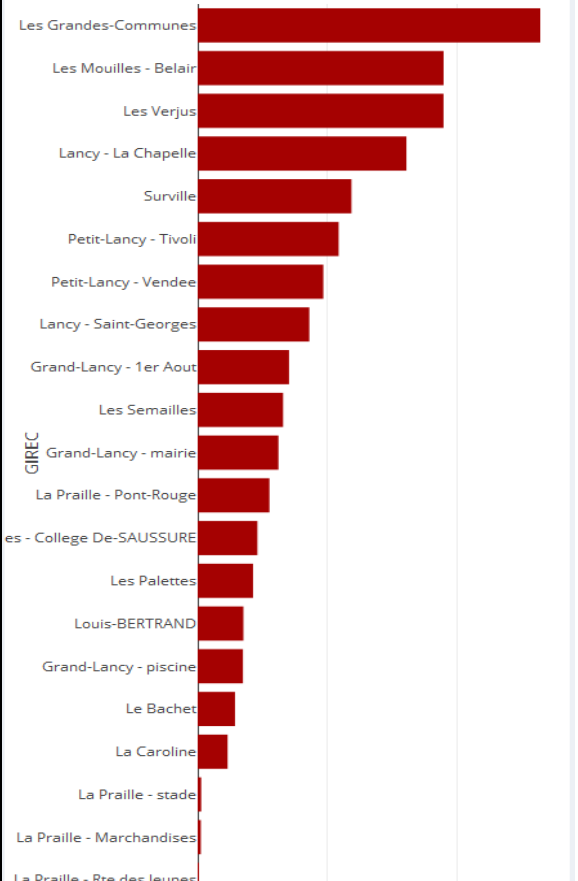


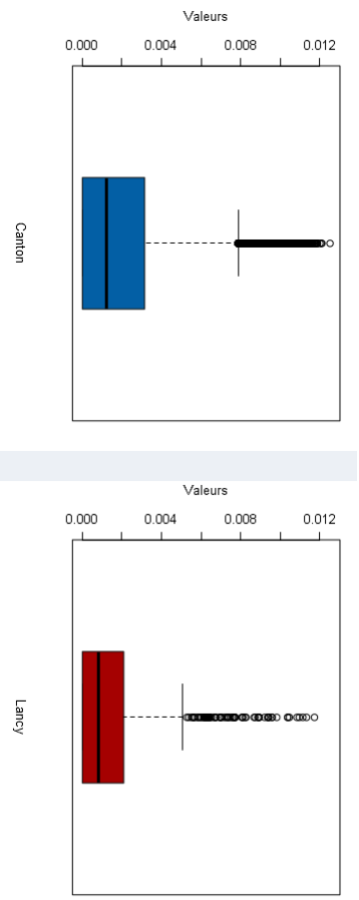
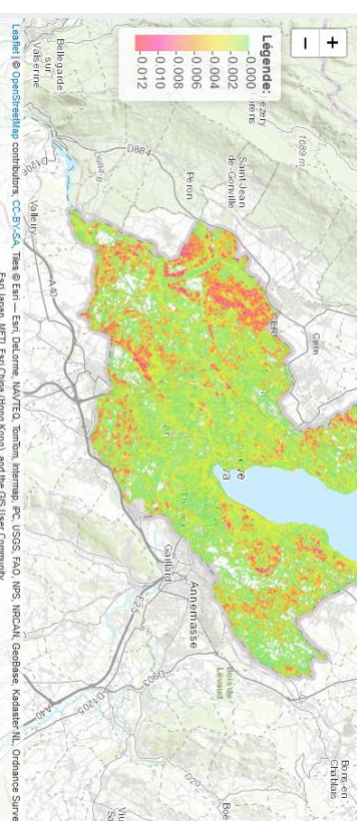
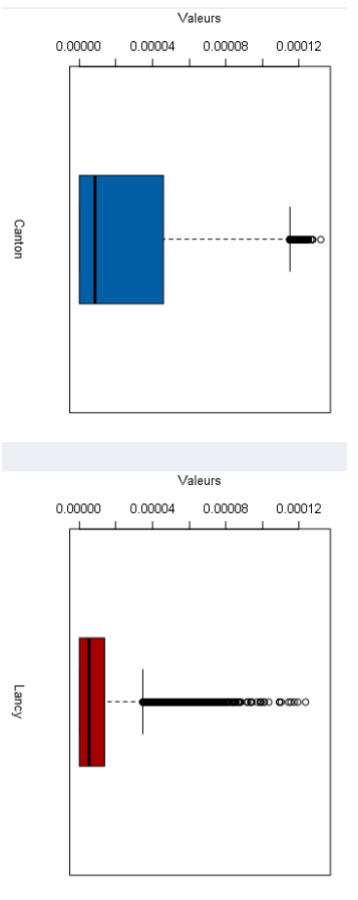
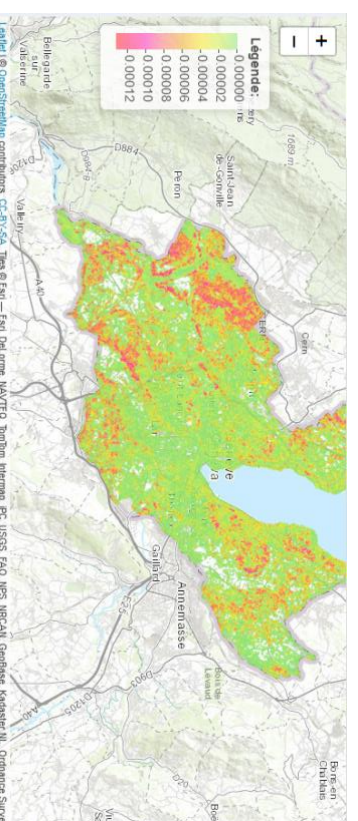
Graphiques		Cartes
Corridors de passage	0.00% Pourcentage du territoire de la commune 0.81% Pourcentage du territoire de la commune 2.54% Pourcentage du territoire de la commune	
		 

Graphiques																																																																																																																																																	
Espèces sur listes rouges <table><caption>Données estimées pour 'Espèces sur listes rouges sur le canton'</caption><tr><th>Catégorie</th><th>Pas de données</th><th>Données déficientes</th><th>Moins préoccupantes</th><th>Quasi menacées</th><th>Vulnérables</th><th>En danger</th><th>En danger critique</th><th>Éteintes</th></tr><tr><td>Pterid</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Oiseaux</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Mammifères</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Insectes</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Gymno</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Angio</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Amphibiens et reptiles</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	Catégorie	Pas de données	Données déficientes	Moins préoccupantes	Quasi menacées	Vulnérables	En danger	En danger critique	Éteintes	Pterid	0	0	0	0	0	0	0	0	Oiseaux	0	0	0	0	0	0	0	0	Mammifères	0	0	0	0	0	0	0	0	Insectes	0	0	0	0	0	0	0	0	Gymno	0	0	0	0	0	0	0	0	Angio	0	0	0	0	0	0	0	0	Amphibiens et reptiles	0	0	0	0	0	0	0	0	Espèces sur listes rouges dans la commune de Lancy <table><caption>Données estimées pour 'Espèces sur listes rouges dans la commune de Lancy'</caption><tr><th>Catégorie</th><th>Pas de données</th><th>Données déficientes</th><th>Moins préoccupantes</th><th>Quasi menacées</th><th>Vulnérables</th><th>En danger</th><th>En danger critique</th><th>Éteintes</th></tr><tr><td>Pterid</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Oiseaux</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Mammifères</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Insectes</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Gymno</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Angio</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Amphibiens et reptiles</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	Catégorie	Pas de données	Données déficientes	Moins préoccupantes	Quasi menacées	Vulnérables	En danger	En danger critique	Éteintes	Pterid	0	0	0	0	0	0	0	0	Oiseaux	0	0	0	0	0	0	0	0	Mammifères	0	0	0	0	0	0	0	0	Insectes	0	0	0	0	0	0	0	0	Gymno	0	0	0	0	0	0	0	0	Angio	0	0	0	0	0	0	0	0	Amphibiens et reptiles	0	0	0	0	0	0	0	0
Catégorie	Pas de données	Données déficientes	Moins préoccupantes	Quasi menacées	Vulnérables	En danger	En danger critique	Éteintes																																																																																																																																									
Pterid	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Oiseaux	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Mammifères	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Insectes	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Gymno	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Angio	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Amphibiens et reptiles	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Catégorie	Pas de données	Données déficientes	Moins préoccupantes	Quasi menacées	Vulnérables	En danger	En danger critique	Éteintes																																																																																																																																									
Pterid	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Oiseaux	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Mammifères	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Insectes	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Gymno	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Angio	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Amphibiens et reptiles	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																									
Espèces exotiques envahissantes <table><caption>Données estimées pour 'Espèces exotiques envahissantes'</caption><tr><th>Localité</th><th>Watch Liste</th><th>Liste noire</th></tr><tr><td>Lancy</td><td>~5</td><td>~18</td></tr><tr><td>Suisse (2014)</td><td>~10</td><td>~40</td></tr></table>	Localité	Watch Liste	Liste noire	Lancy	~5	~18	Suisse (2014)	~10	~40																																																																																																																																								
Localité	Watch Liste	Liste noire																																																																																																																																															
Lancy	~5	~18																																																																																																																																															
Suisse (2014)	~10	~40																																																																																																																																															



Comparaison des différents quartiers sur la commune



Graphiques		Cartes
Pollution agricole	Azote : 	Azote : 
	Phosphore : 	Phosphore : 

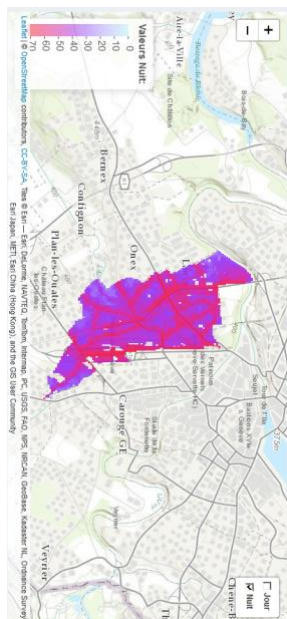
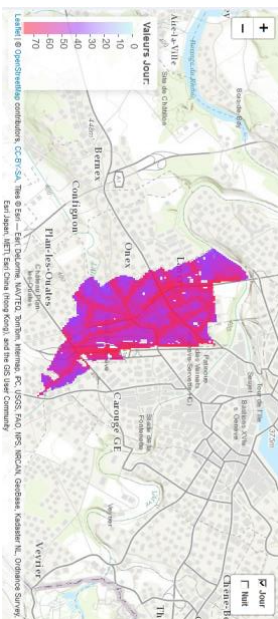
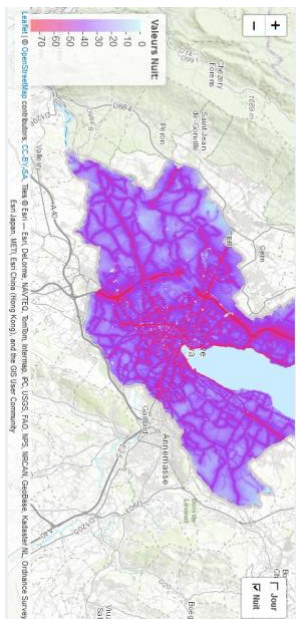
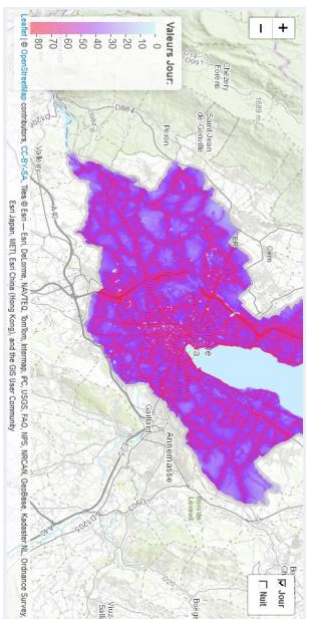
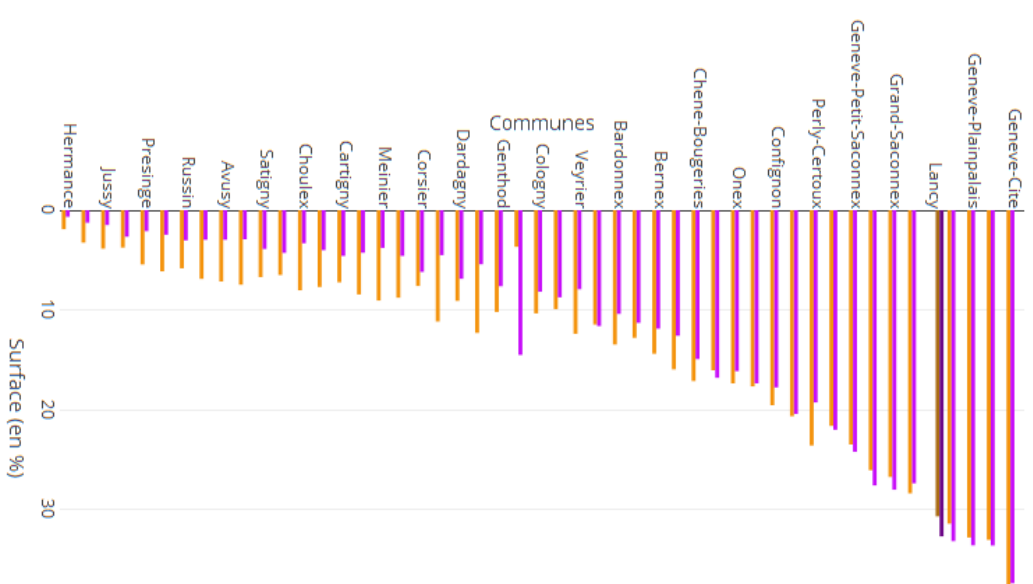
Pollution sonore

30.67%

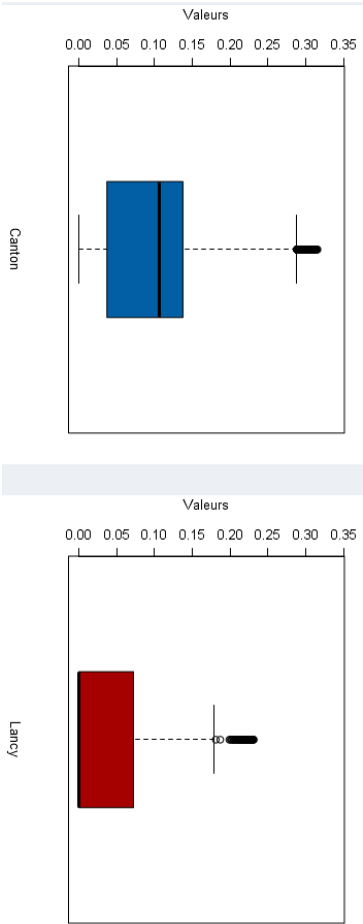
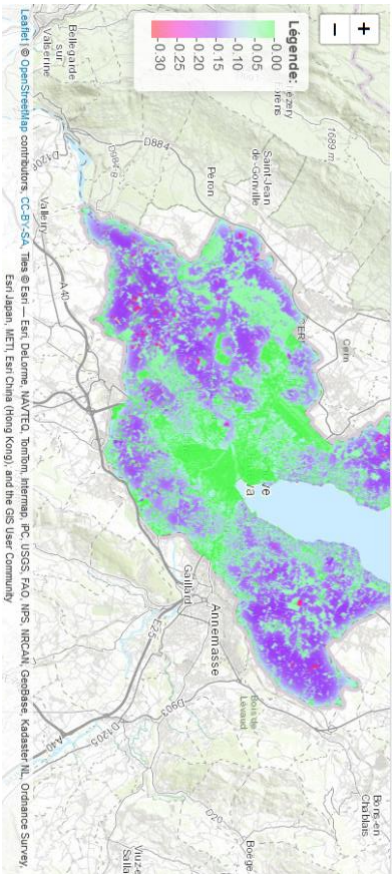
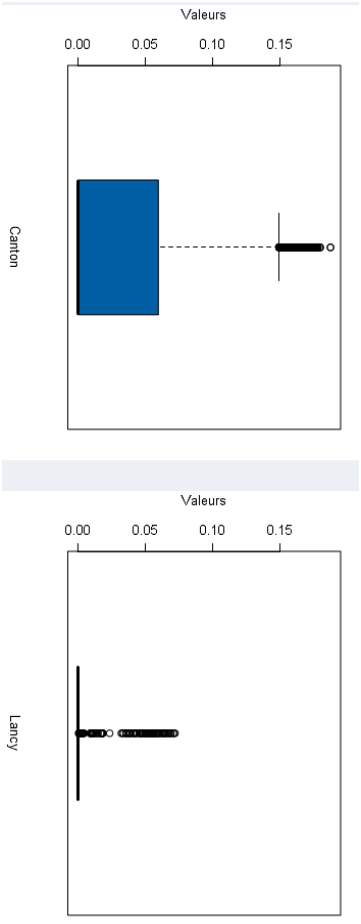
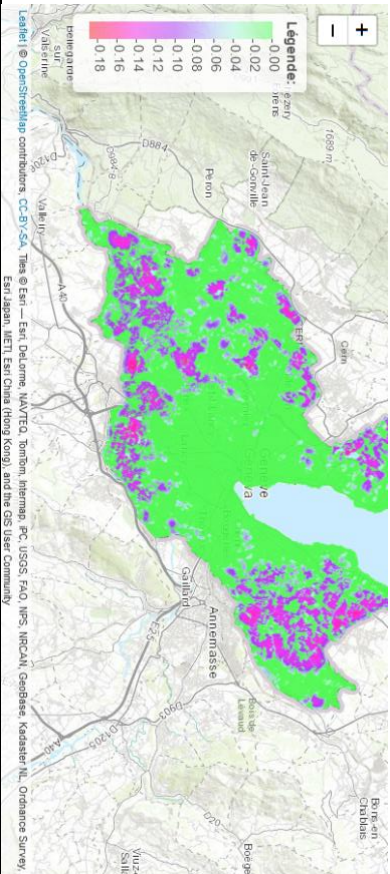
Valeur >= 60dB

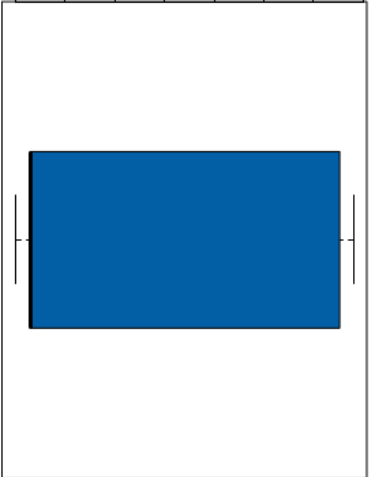
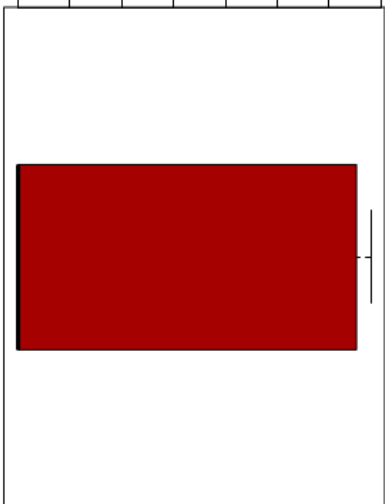
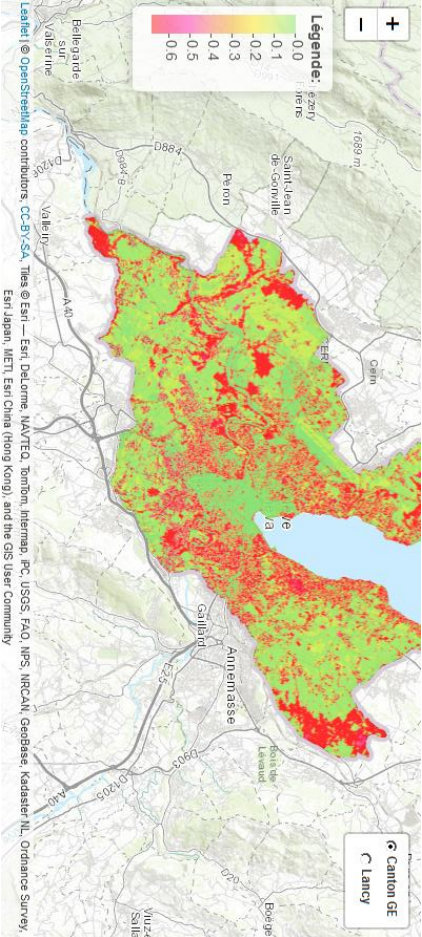
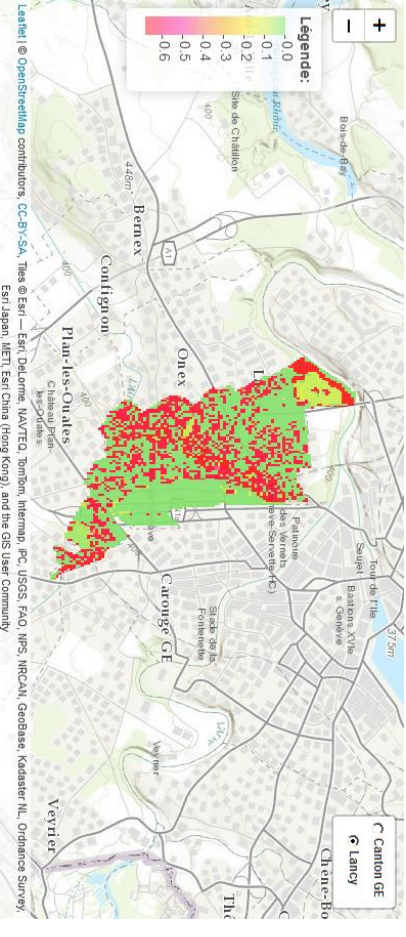
32.67%

Valeur >= 50dB



Pollution lumineuse	Graphiques	Cartes
Imperméabilisation des sols	56.17% Pourcentage de la commune imperméable Communes Geneve-Cite Carouge Geneve-Plainpalais Lancy Geneve-Eaux-Vives Chene-Bourg Geneve-Petit-Saconnex Grand-Saconnex Vernier Meyrin Onex Thonex Plan-les-Ouates Chene-Bougeries Confignon Veyrier Perly-Certoux Canton Troinex Cologny Vandoeuvres Collonge-Bellerive Bardonnex Pregny-Chambesey Satigny Bellevue Puplinge Bernex Genthod Versoix Corsier Aire-la-Ville Meinier Choulex Avully Cartigny Soral Avusy Russin Anières Dardagny Collex-Bossy Presinge Jussy Chancy Laconnex Gy Celigny Hermance Surface (en %)	

Graphiques		Cartes
Pollinisatio n	Abondance pollinisateurs : 	Abondance pollinisateurs : 
Valeur économique :	Valeur économique : 	Valeur économique : 

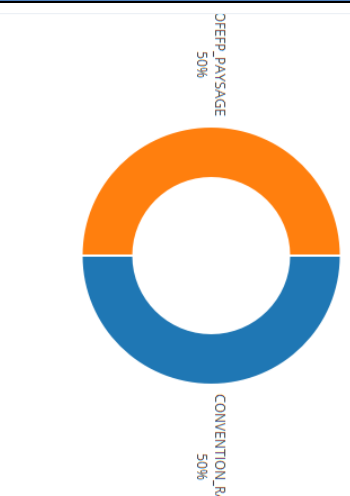
Stockage du carbone	Graphiques	Cartes
	Valeurs  Canton Valeurs  Lancy	 Canton GE Lancy  Canton GE Lancy

Espaces protégés

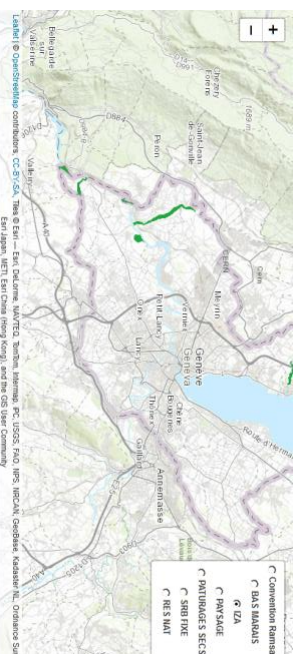
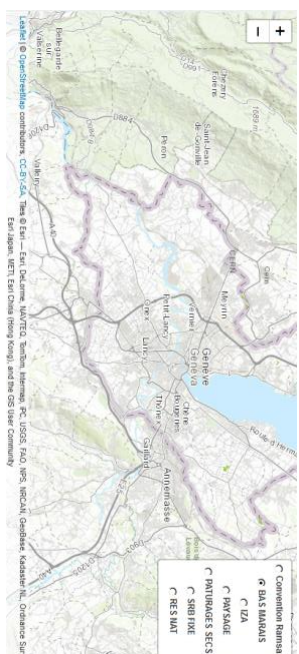
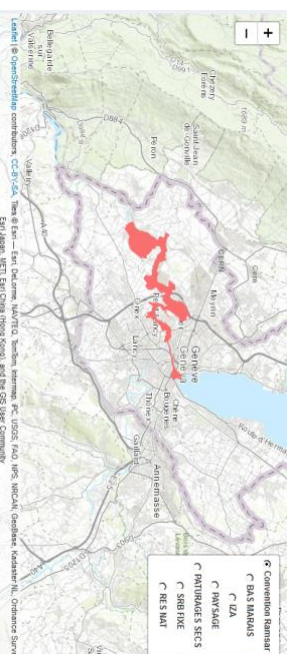
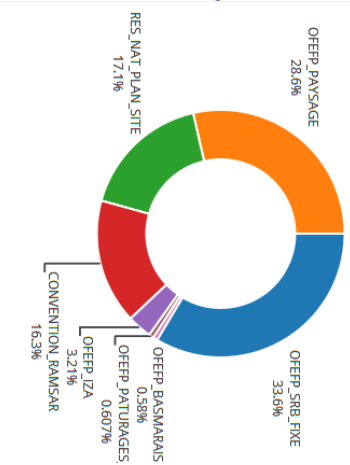
13.49%
Pourcentage territoire Canton

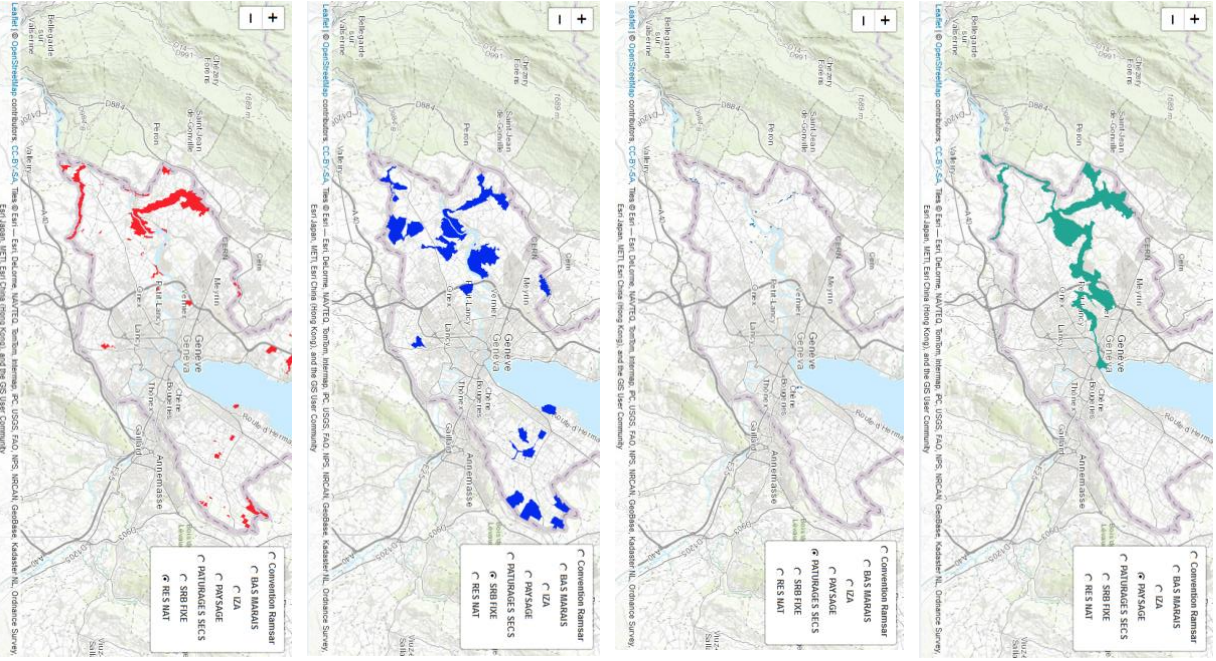
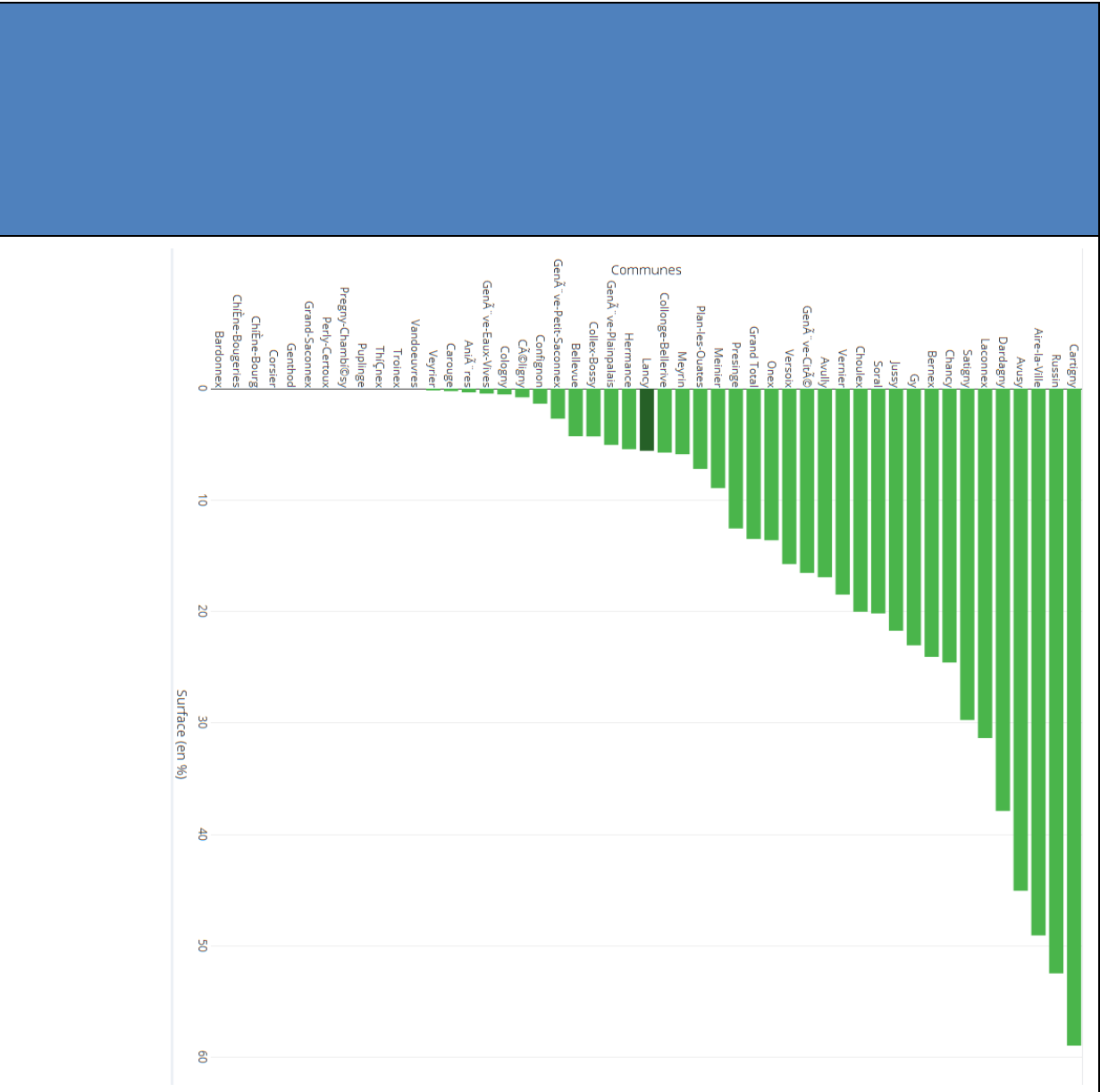
5.58%
Pourcentage territoire Commune

Types d'espaces protégés dans le Canton



Types d'espaces protégés dans le Canton





Graphiques

Surfaces de promotion de la biodiversité

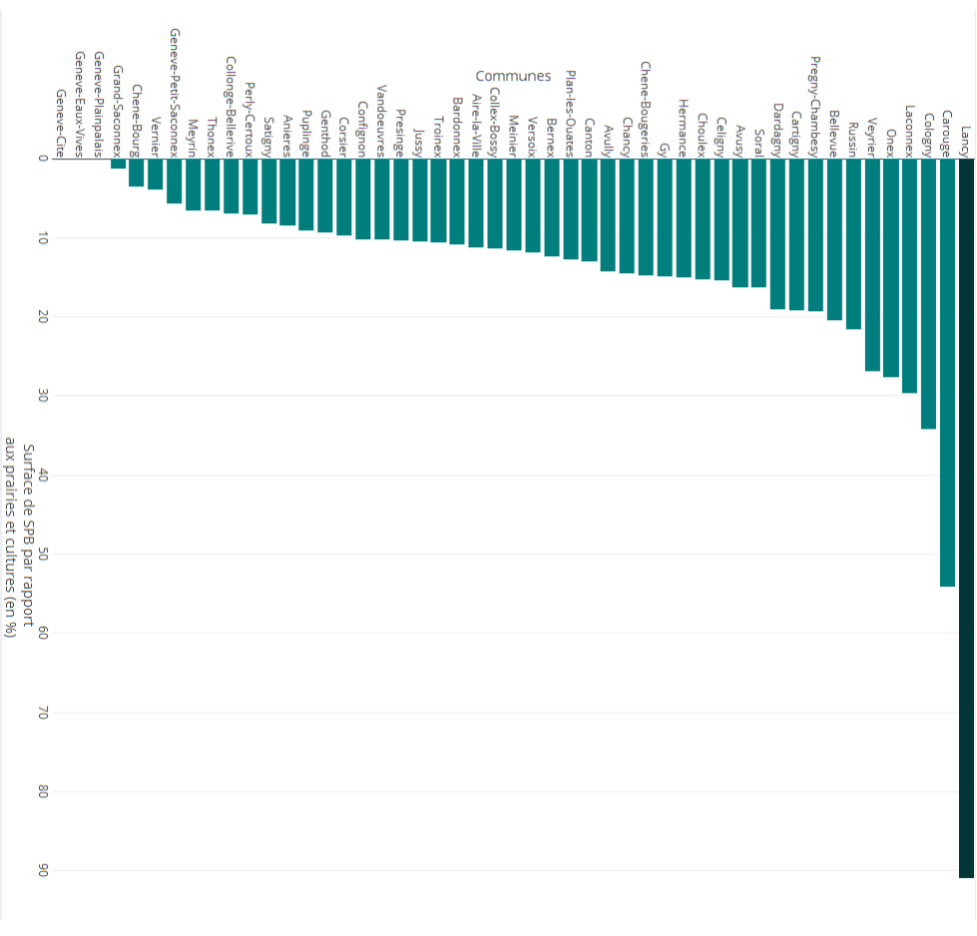
3.75%

Pourcentage de prairies dans la commune

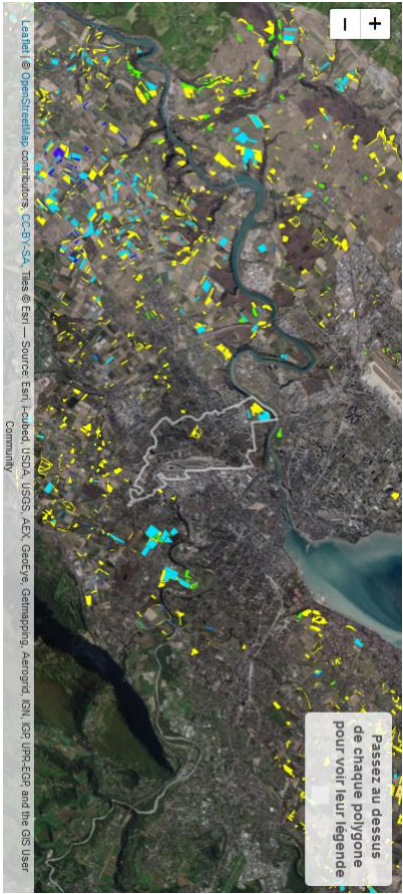


3.41%

Pourcentage de SP8 dans la commune



Carte



	Graphiques	Carte																																																												
Investissements pour la biodiversité	Investissements pour la biodiversité <table><tr><th>Année</th><th>Nichoirs</th><th>Mesures dans les parcs</th><th>BIO dans les parcs</th><th>BIO Centre de production</th></tr><tr><td>2010</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2011</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2012</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2013</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2014</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2015</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2016</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2017</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2018</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2019</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2020</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr></table>	Année	Nichoirs	Mesures dans les parcs	BIO dans les parcs	BIO Centre de production	2010	100	100	100	100	2011	100	100	100	100	2012	100	100	100	100	2013	100	100	100	100	2014	100	100	100	100	2015	100	100	100	100	2016	100	100	100	100	2017	100	100	100	100	2018	100	100	100	100	2019	100	100	100	100	2020	100	100	100	100	
Année	Nichoirs	Mesures dans les parcs	BIO dans les parcs	BIO Centre de production																																																										
2010	100	100	100	100																																																										
2011	100	100	100	100																																																										
2012	100	100	100	100																																																										
2013	100	100	100	100																																																										
2014	100	100	100	100																																																										
2015	100	100	100	100																																																										
2016	100	100	100	100																																																										
2017	100	100	100	100																																																										
2018	100	100	100	100																																																										
2019	100	100	100	100																																																										
2020	100	100	100	100																																																										
Programmes de sensibilisation	Programmes de sensibilisation à Lancy <table><tr><th>année</th><th>Potager</th><th>Rucher</th></tr><tr><td>2015</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2016</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2017</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2018</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2019</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>2020</td><td>100</td><td>100</td></tr></table>	année	Potager	Rucher	2015	100	100	2016	100	100	2017	100	100	2018	100	100	2019	100	100	2020	100	100																																								
année	Potager	Rucher																																																												
2015	100	100																																																												
2016	100	100																																																												
2017	100	100																																																												
2018	100	100																																																												
2019	100	100																																																												
2020	100	100																																																												

Graphique
5
indicateurs

