

INTRODUCTION DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DANS L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE STRATÉGIQUE



RAPPORT DE FAISABILITE

13 DÉCEMBRE 2020

Mandant

Office cantonal de l'Environnement (OCEV)

Service de l'environnement et des risques majeurs (SERMA)

Mandataires

- Latitude Durable Sàrl
Maude Sauvain
- Université de Genève
Dr. Martin Schlaepfer (coordinateur de GE-21)
M. Benjamin Guinaudeau et Julie Fahy



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**



LATITUDE
DURABLE

Groupe de suivi

- Von Arx Bertrand (DT -OCAN)
- Prof. Lehmann Anthony (UNIGE, GE-21)
- Philippe Pierre (DT - OCEV)
- Tinguely Cindy (DT - OCEV)
- Vetterli Walter (DT - OCEV)
- Villarrubia Olga (DT - OCEV)

Relecture

- Philippe Pierre (DT - OCEV)
- Tinguely Cindy (DT - OCEV)
- Vetterli Walter (DT - OCEV)
- Nicolas Wyler (CJB, Ville de Genève et GE-21)

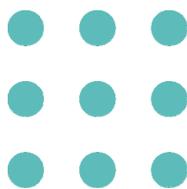


TABLE DES MATIERES

SYNTHÈSE	6
PLUS-VALUE THÉORIQUE DE L'INTÉGRATION DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES (SE) À L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE STRATÉGIQUE (EES)	6
CHOIX DES INDICATEURS ET ÉTUDES DE CAS	6
INTÉGRATION OPÉRATIONNELLE DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DANS L'EES	7
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	8
1.INTRODUCTION	9
1.1.L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE STRATÉGIQUE	9
1.1.1.Définition	9
1.1.2.Objectifs	9
1.1.3.Cadre réglementaire	10
1.1.4.Limites de l'EES	10
1.2.DÉFINITION DES CONCEPTS DE BIODIVERSITÉ ET SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES	11
1.3.POTENTIEL DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DANS LE CADRE DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE STRATÉGIQUE	12
1.4.OBJECTIFS DE LA DÉMARCHE	13
2. PLUS-VALUE THÉORIQUE DE L'INTÉGRATION DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DANS LES EVALUATIONS ENVIRONNEMENTALES STRATÉGIQUES	14
2.1 APPROCHE REPRÉSENTATIVE	14
2.2 APPROCHE PARTICIPATIVE	14
2.3 USAGE DE LA MÉTHODE DES SCÉNARIOS	16
3.CHOIX DES INDICATEURS	18
3.1 UNIVERS DES INDICATEURS DISPONIBLES	18

3.2 CARACTÉRISTIQUES DES INDICATEURS	18
3.3 INDICATEURS RETENUS	19
3.3.1 Objectifs assignés aux indicateurs des services écosystémiques	24
3.4 COMBINAISON DES INDICATEURS ET PROPOSITION DE PONDÉRATION....	24
3.4.1 Planifications directrices et sectorielles.....	24
3.4.2 Plans d'affectation : variantes de projets dans un périmètre unique	26
3.4.3 Pondération des indicateurs.....	26
4.ÉTUDES DE CAS.....	29
4.1 PLANIFICATIONS DIRECTRICES ET PLANS D'AFFECTATIONS.....	30
4.1.1 Méthodologie	30
4.1.2 Comparaison qualitative et quantitative des sites étudiés	33
4.1.3 Résultats.....	34
4.1.4 Enseignements généraux	35
4.2 INFRASTRUCTURES (ROUTES).....	38
4.2.1 Projet du barreau Montfleury – variantes de projet.....	38
4.2.2 Méthodologie	39
4.2.3 Résultats.....	39
4.2.4 Enseignements généraux	42
4.3 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	43
4.3.1 Apport des services écosystémiques à l'évaluations environnementale stratégique.....	43
4.3.2 Limites des indicateurs des services écosystémiques	43
4.3.3 Recommandations	44
5... INTÉGRATION DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DANS LES PROCÉDURES.....	45
5.1 QUELS INDICATEURS POUR QUELLE PROCÉDURE ?.....	45
5.2PRÉREQUIS.....	46
5.2.1 Actions et rôles.....	46
5.2.2 Informations nécessaires.....	49
5.2.3 Cahier des charges type.....	50

5.3 MÉTHODOLOGIE D'INTÉGRATION	50
5.4 MISE EN ŒUVRE OPÉRATIONNELLE	51
5.4.1 Recommandations	51
5.4.2 Compétences	52
6. PERSPECTIVES	53
6.1 DURABILITÉ ET TRANSITION ÉCOLOGIQUE	53
6.1.1 La qualité de vie	53
6.1.2 Objectif neutralité carbone 2050	53
6.2 LE BIM	54
7. CONCLUSIONS	55
8. LISTE DES ABRÉVIATIONS ET GLOSSAIRE	56
9. ANNEXES	57
9.1. INDICATEURS DES SE – TABLEAU DE SYNTHÈSE	58
9.2. FICHES DESCRIPTIVES DES SE	59
9.3. TABLEAU SYNERGIES EIE ET SE	60
9.4. REVUE DE LITTÉRATURE – UNIGE	61



SYNTHÈSE

PLUS-VALUE THÉORIQUE DE L'INTÉGRATION DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES (SE) À L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE STRATÉGIQUE (EES)

L'outil de l'évaluation environnementale stratégique (EES) est un outil d'aide à la décision permettant une prise en compte optimale et précoce des aspects environnementaux dans le cadre de la construction et de l'adoption de plans, programmes et projets. Son traitement des effets cumulatifs, externalités et aspects immatériels d'un projet en fait un outil de travail orienté vers la transition écologique. Dans son application à des projets d'infrastructure sur le territoire genevois, l'EES laisse apparaître des pistes d'amélioration notamment dans la prise en compte des questions sociales, de bénéfices de la nature pour la population et de qualité de vie résultant d'un environnement de qualité. L'idée qui sous-tend la présente démarche est que les services écosystémiques (SE) pourraient enrichir l'EES et l'élargir aux enjeux précités permettant ainsi une appréciation environnementale plus globale et plus holistique des impacts des projets d'infrastructures et urbains sur le territoire et la population. Il y a donc une réelle chance à saisir la plus-value mutuelle entre l'EES et les services écosystémiques au service du projet. La présente étude vise à évaluer l'opportunité et la faisabilité opérationnelle de cette convergence et d'en apprécier les conséquences pratiques.

L'évaluation des services écosystémiques au travers de l'outil EES offre des pistes intéressantes pour son évolution et ceci sur plusieurs plans :

- au niveau méthodologique: par la co-création, la concertation et la définition des objectifs d'un projet;
- au niveau thématique: par l'intégration de nouvelles dimensions de la biodiversité et des services écosystémiques à l'outil EES à l'aide d'indicateurs.

Une revue de littérature (annexe 3) confirme la complémentarité théorique entre l'EES et les services écosystémiques qu'il s'agit d'éprouver au travers de l'étude de cas réels.

CHOIX DES INDICATEURS ET ÉTUDES DE CAS

Huit indicateurs de la biodiversité et des services écosystémiques ont été identifiés et semblent a priori robustes et complémentaires aux pratiques actuelles. Ces indicateurs captent soit la valeur intrinsèque de la biodiversité, ou bien les liens entre la nature et le bien-être humain. Pour les éprouver, ces derniers ont été cartographiés et quantifiés au travers de sept études de cas. Leur robustesse a été testée vis-à-vis des situations suivantes :

- Aptitude à diagnostiquer le niveau de biodiversité et de services écosystémiques observables sur quatre périmètres urbanisés du canton ;
- Comparaison des pertes induites en biodiversité et services écosystémiques dans le cadre de l'analyse de cinq variantes d'un projet routier ;
- Analyse comparative de deux variantes de projets de quartier dans deux périmètres distincts.

L'application des indicateurs à des études de cas à venir pourrait suivre trois étapes structurantes :

- Etape 1 : les indicateurs de richesse spécifique floristique et de fragmentation du paysage sont cartographiés afin de contribuer à l'état des lieux environnemental (inspection visuelle pour prendre conscience de l'importance du ou des périmètres d'études) ;
- Etape 2 : une cartographie et une quantification des pertes induites en valeurs absolue (m²) et relative (%) par les différentes variantes de projet sur des « zones à très fortes valeurs en services écosystémiques » est proposée. Ces zones à fortes valeurs sont composées par :
 - (i) les 30% des meilleures surfaces du canton pour la biodiversité et les services écosystémiques qui constituent **l'infrastructure écologique** ;
 - (ii) les zones de connexion biologique, appelées **REG**, ou
 - (iii) les **zones calmes et naturelles**, bénéfique à la détente et la qualité de vie.

Il est à rappeler que l'infrastructure écologique est construite sur la base de l'agrégation de tout un panel d'indicateurs de la biodiversité et de la projection de la connectivité biologique et des services écosystémiques.

Il a été postulé que la perte de telles surfaces est jugée comme inacceptable et induit l'abandon d'une variante de projet impactant les fortes valeurs de ces zones d'exclusion.

- Etape 3 : enfin, un calcul est établi qui attribue un score à un projet au regard de trois indicateurs quantitatifs qui décrivent un panier de services écosystémiques. Ce score couvre les dimensions suivantes : la naturalité locale (absence d'activité humaine, score de 0 à 4), les surfaces perméables en m² et la surface de canopée en m² également.

INTÉGRATION OPÉRATIONNELLE DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DANS L'EES

Les enseignements des études de cas sont les suivants :

- Certains indicateurs s'appliquent pour l'instant difficilement (richesse flore, mesh-size, REG). D'autres indicateurs demandent à être développés, idéalement dans le cadre de processus participatifs propres aux projets évalués.
- Cinq indicateurs sont relativement robustes, aisément applicable et correspondent aux objectifs stratégiques en lien avec la biodiversité et les services écosystémiques. Il s'agit de : l'Infrastructure Ecologique, surfaces calmes et naturelles, score de naturalité locale, surface perméable en m² et surface de canopée en m².

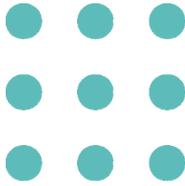
- L'information complémentaire apportée par ces indicateurs est potentiellement puissante. Elle a clairement la capacité d'influencer le choix de variantes.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette étude de faisabilité confirme que l'évaluation environnementale stratégique pourrait être avantageusement renforcée grâce à l'intégration d'indicateurs appréhendant les services écosystémiques. Cependant deux conditions préalables sont nécessaires :

1. La stabilisation et la publication des informations géomatiques, et ;
2. Un test "grandeur nature" sur un cas réel dans le cadre d'une concertation avec des parties prenantes dans le cadre de la mise en œuvre d'un projet.

Une proposition de mise en œuvre est présentée sur la base des études de cas conduites dans le cadre de cette étude de faisabilité et pourrait être confrontée à un projet pilote réel futur. Suite de quoi un ajustement de la proposition sera fait et un déploiement envisagé.



1. INTRODUCTION

1.1. L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE STRATÉGIQUE

1.1.1. Définition

L'évaluation environnementale stratégique est un outil d'accompagnement et d'appréciation qui assure la prise en compte optimale des considérations et des enjeux environnementaux lors de l'élaboration et de l'adoption de plans, programmes et projets. Cet outil comprend l'analyse de l'opportunité, la délimitation du champ de l'évaluation et le processus méthodologique permettant la prise en compte précoce des enjeux et considérations environnementales dans les prises de décisions.

1.1.2. Objectifs

En tant qu'outil d'accompagnement et d'aide à la décision l'EES poursuit les objectifs suivants :

- Identifier les objectifs environnementaux clés du plan, programme ou projet, et y intégrer les principes de la transition écologique ;
- « Déceler à temps les effets environnementaux principaux et les conflits potentiels que le plan, programme ou projet peut générer »¹ ;
- Accompagner les procédures de planification lors de la conception et de l'évaluation des options et alternatives du plan, programme ou projet ;
- Accompagner et nourrir les processus de concertation ;
- Constituer un outil d'aide à la décision le plus complet possible et transparent sur le plan environnemental.

Dans une EES, les recherches sont moins détaillées que pour l'étude de l'impact sur l'environnement (EIE), mais plus étendues. L'examen des solutions de remplacement ou des variantes y joue un rôle fondamental.

L'EES a pour objectif de traiter les effets cumulatifs, les externalités et les aspects immatériels d'un projet. C'est le seul outil qui permet une prise en compte systématique et précoce des considérations environnementales, y compris au niveau de la santé humaine (LPE), dans les plans, programmes et projets. L'EES est un levier d'action pour répondre aux enjeux de la transition

¹ Confédération suisse, OFEV, Evaluation des effets sur l'environnement pour les plans et programmes, tour d'horizon – Etat des lieux en Suisse, Berne, 2018.

écologique, soit :

- éviter et réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) ;
- anticiper et s'adapter aux effets du changement climatique ;
- éviter et réduire les nuisances et pollutions présentant un impact sur l'environnement, la santé des personnes et la vitalité des écosystèmes ;
- éviter, réduire et compenser les effets négatifs sur les ressources naturelles, la biodiversité, les services écosystémiques et les valeurs patrimoniales ;
- renforcer et développer les effets positifs sur les ressources naturelles, la biodiversité, les services écosystémiques et les valeurs patrimoniales.

1.1.3. Cadre règlementaire

L'EES trouve son fondement au niveau cantonal depuis 2001 dans le Règlement d'application de l'ordonnance fédérale relative à l'étude de l'impact sur l'environnement (ROEIE - article 3).

²Toute planification directrice ou sectorielle dont la mise en œuvre est susceptible d'influencer l'environnement ou l'organisation du territoire fait l'objet d'une évaluation environnementale stratégique. »

Le canton de Genève est précurseur dans l'utilisation de cette démarche et est le seul à posséder une base règlementaire, sachant que la Confédération n'a pas encore intégré l'EES dans une base légale fédérale, malgré un ancrage institutionnel dans la législation des pays limitrophes de la Suisse ainsi que dans l'UE (directive européenne 2001/42/CE du 27 juin 2001).

La Confédération suit le développement d'outils permettant d'accompagner des réflexions à une large échelle. Elle a ainsi édité, en 2018, un document cadre qui présente l'évaluation des effets sur l'environnement (EEE)² donnant ainsi une perspective d'évolution de l'EES vers une intégration plus large des enjeux du développement durable.

1.1.4. Limites de l'EES

Bien que présentant un fort potentiel, il a été constaté que la mise en œuvre de l'EES a montré certaines limites dans plusieurs projets, notamment lors de l'examen de l'opportunité d'infrastructures routières ou de l'élaboration de planifications territoriales à l'échelle cantonale. Ces projets, sur le plan environnemental, ont manqué d'une véritable analyse prospective qui mette en perspective des options environnementales claires, une aide à la décision sur les plans techniques et politiques et de mises en évidence des questions sensibles : quelles étaient les options ? Pour quelles plus-values et quelles pertes environnementales ? Quelles étaient les opportunités à saisir ?

Ces faiblesses se manifestent lorsque l'esprit de l'EES est détourné de sa

² Confédération suisse, Office fédéral de l'environnement, Évaluation des effets sur l'environnement pour les plans et programmes Tour d'horizon – État des lieux en Suisse, Berne, 2018.

fonction première d'outil d'accompagnement stratégique pour revenir vers une quantification classique des atteintes d'une variante à l'environnement. Or, ces éléments sont déjà évalués de manière détaillée lors de l'établissement de l'étude de l'impact sur l'environnement (EIE) conduite dans le cadre de procédures décisives (voir la table des matières standard de l'EIE dans le manuel de la Confédération³).

1.2. DÉFINITION DES CONCEPTS DE BIODIVERSITÉ ET SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

Le concept de biodiversité recouvre l'ensemble des êtres vivants, leurs interactions mutuelles et avec leurs milieux. La biodiversité est constituée par la diversité des milieux naturels, la diversité des espèces, la diversité génétique ainsi que leurs interactions. Elle est la base de notre existence sur terre⁴.

Il existe de nombreuses raisons de protéger et conserver la biodiversité. Dans le cadre de ce projet, et pour des raisons de simplification, nous allons nous limiter aux motifs intrinsèques (protéger la nature pour elle-même) et aux motifs anthropocentriques (protéger la nature pour nous et les générations futures). Depuis vingt ans maintenant ce dernier se développe sous le concept des services écosystémiques⁵.

Les services écosystémiques représentent "l'ensemble des bénéfices rendus par les écosystèmes" ⁶ ou encore "l'ensemble des contributions directes et indirectes (de ces écosystèmes) au bien-être humain" ⁷ . On les classe habituellement en quatre catégories :

- les **services écosystémiques d'approvisionnement** sont les produits tangibles tirés des écosystèmes, comme les produits alimentaires, l'eau potable, les combustibles, les matériaux ou les médicaments ;
- les **services écosystémiques de régulation** sont les avantages intangibles assurés par le bon fonctionnement des écosystèmes, comme la régulation du climat et des inondations, la pollinisation;
- les **services écosystémiques socioculturels** représentent les apports non-matériels de la biodiversité, obtenus par les diverses manières d'approcher et de ressentir la nature (valeur paysagère, beauté, lien identitaire, fonction de loisirs, tourisme, valeurs spirituelles, etc.);
- les **services écosystémiques de soutien** sont ceux nécessaires à la production de tous les autres services, assurant le bon fonctionnement de la biosphère (cycle de l'eau, cycle du carbone, dépollution, etc.).

Collectivement, la biodiversité et les services écosystémiques qui en découlent sont considérés comme essentiels à l'essor d'une société. Ils font, par conséquence, l'objet de nombreux objectifs de préservation et de restauration à toutes les échelles de gouvernance International Panel on Biodiversity and Ecological Services- IPBES, Stratégie Biodiversité Suisse).

³ Manuel EIE, Directive de la Confédération sur l'étude de l'impact sur l'environnement (art. 10b, al. 2, LPE et art. 10, al. 1, OEIE), Office fédéral de l'environnement OFEV, 2009.

⁴ Etat de Genève, Stratégie Biodiversité Genève 2030 (SBG-2030), Adopté par le Conseil d'Etat le 21 février 2018..

⁵ Voir note 7.

⁶ United Nations. Millenium Ecosystem assessment, 2005.

⁷ Swiss Academy of Sciences. Les services écosystémiques : du concept scientifique à la mise en pratique, 2018.

A l'échelle cantonale, la Stratégie Biodiversité Genève 2030 (adoptée par le Conseil d'Etat le 21 février 2018) intègre dans son axe 12 « Outils administratifs et politiques », une orientation claire proposant d'« intégrer l'analyse des services écosystémiques dans les EES et les EIE » (SBD-2030 p.89). Dans la suite de ce rapport l'expression « services écosystémiques » fera tacitement référence également à toute la biodiversité qui les sous-tend.

1.3. POTENTIEL DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DANS LE CADRE DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE STRATÉGIQUE

La nécessité de développer l'intégration des services écosystémiques dans l'EES a émergé en marge de la SWIFCOB qui s'est tenue en janvier 2018 à Berne et dont le thème était : "Les services écosystémiques : du concept scientifique à la mise en pratique". Par ailleurs, cet axe de travail est désormais posé dans la stratégie biodiversité genevoise 2030 (SBG2030) et ce rapport en est une première concrétisation.

Le cadre analytique proposé par les services écosystémiques a été identifié comme ayant un fort potentiel et susceptible de non seulement répondre aux évolutions souhaitées de l'EES mais également d'y être intégré pleinement. L'intégration des services écosystémiques l'EES vise à l'étoffer dans le but de notamment :

- prendre en compte les aspects immatériels de l'environnement ;
- assurer une meilleure prise en compte des valeurs diffuses issues de la nature et bénéfique au bien-être humain sur le long terme.

C'est non seulement sous l'angle de l'évaluation, de l'anticipation et de la minimisation des atteintes à l'environnement mais également de la valorisation des opportunités d'un projet que l'extension de l'EES aux services écosystémiques permettrait de les faire converger et concourir à un objectif commun dont l'EES serait le support opérationnel. En effet, ces deux outils et concepts sont complémentaires pour les raisons suivantes :

- L'EES peut offrir une application pratique et d'un ancrage administratif pour favoriser la mise en œuvre et diffusion de valeurs captées par les services écosystémiques.
- Les services écosystémiques peuvent apporter des nouvelles perspectives et dimensions à l'EES (dont des aspects importants pour la santé humaine et la nature qui ne bénéficient pas encore de protection légale) qui peuvent favoriser une analyse stratégique et ainsi répondre pleinement aux défis de la transition écologique (Annexe 3).

Dans ce sens, le *Plan biodiversité 2020 – 2023 de la stratégie biodiversité Genève 2030*, Adopté par le Conseil d'Etat le 10 juin 2020, intègre dans son volet « Outils administratifs et politiques » une action spécifique au projet porté par le présent rapport : **12.4. Inclure les services écosystémiques dans les outils d'évaluation.**

1.4. OBJECTIFS DE LA DÉMARCHE

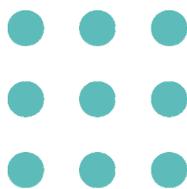
L'origine de la réflexion d'ensemble sur le potentiel d'intégration des services écosystémiques dans l'EES et donc du présent rapport est notamment issue de questions de faisabilité simples qui ont guidé la démarche et qui sont les suivantes :

- (i) Quelles sont les dimensions des services écosystémiques qui manquent actuellement dans les EES ? (Chapitre 2 : Plus-value théorique de l'intégration des Services écosystémiques dans les Evaluations environnementales) ;
- (ii) Quels sont les indicateurs des services écosystémiques qui pourraient combler cette lacune ? (Chapitre 3: Choix des indicateurs) ;
- (iii) Quelles sont les plus-values attendues si l'on intègre les services écosystémiques dans l'évaluation des plans, programmes et projets ? (Chapitre 4 : Etudes de cas) ;
- (iv) Est-ce que la complémentarité et la pertinence d'intégrer les services écosystémiques à l'EES peuvent être démontrées ? (Chapitre 4.3.3 : Conclusions et recommandations) ;
- (v) Si la réponse est positive à toutes les questions précédentes, quelles sont les options de mise en œuvre envisageables et leurs éventuelles limites ? (Chapitre 5 : Intégration des services écosystémiques dans les procédures).

Pour répondre à ces interrogations, des approches théoriques et pratiques parallèles ont été poursuivies permettant ainsi une flexibilité dans l'analyse et la formulation d'une proposition de méthodologie pour la mise en œuvre opérationnelle. Le présent rapport se limite aux principales leçons tirées des travaux réalisés sans documenter l'ensemble des itérations et échanges intrinsèques qui ont eu lieu entre les mandataires et le groupe de suivi propre aux démarches exploratoires.

L'objectif de la démarche engagée est d'apporter une dimension supplémentaire à l'EES au travers des services écosystémiques sans alourdir les procédures et en s'assurant de son applicabilité au-delà de sa seule pertinence. L'appropriation d'une telle démarche sera largement conditionnée par sa simplicité et lisibilité pour les porteurs de projets et les mandataires spécialisés en charge de la mise en œuvre opérationnelle.

La présente démarche ambitionne *in fine* de motiver la pertinence d'intégrer les services écosystémiques à l'EES et d'en expliciter les modalités de mise en œuvre.



2. PLUS-VALUE THÉORIQUE DE L'INTÉGRATION DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DANS LES EVALUATIONS ENVIRONNEMENTALES STRATÉGIQUES

La mise en évidence des services écosystémiques et l'évaluation environnementale stratégique partagent fondamentalement et intrinsèquement la même ambition. Les deux outils visent à protéger les biens communs, œuvrer dans une approche participative et transparente ainsi que mettre en perspective des valeurs souvent sous-estimées et peu visibles dans les politiques publiques et les projets qu'ils soient publics ou privés.

2.1 APPROCHE REPRÉSENTATIVE

La figure 1 ci-après représente une vision des services rendus par la nature aux personnes sur Genève. Toute étude considérant l'étendue de ces services possibles se trouvera en mesure d'en évaluer toute l'importance et la complexité des interactions entre la biodiversité et l'être humain dès les prémisses du projet.

Par ailleurs, une évaluation des services écosystémiques améliorera les chances que les différentes catégories de contributions de la nature à la société (approvisionnement, régulation, socioculturelles) soient intégrées très tôt dans les réflexions d'un plan, programme ou projet.

2.2 APPROCHE PARTICIPATIVE

La mise en évidence des services écosystémiques ne consiste pas simplement à les décrire et quantifier. Elle s'inscrit aussi dans une démarche participative et de conception partagée des plans, programmes et projets qui facilite :

- la définition des objectifs environnementaux spécifiques de la démarche concernée;
- l'établissement des méthodes d'évaluation employées;
- l'identification des services écosystémiques analysés et leur importance relative (pondération);
- la proposition de solutions politiques qui tiennent compte de manière plus complète des objectifs environnementaux.

L'approche participative augmente et intègre les connaissances collectives, les savoirs profanes, la diversité des valeurs représentées dans la démarche et, surtout, l'acceptation politique du résultat final.

Ce rapport ne traite pas en particulier de l'approche participative. L'intégration de l'information « scientifique » dans une démarche de consultation et de co-

conception de plan, programme ou projet avec des parties prenantes profanes sera facilitée par le choix d'indicateurs « intuitifs » et compréhensibles pour les non-spécialistes (Chapitre 3 : Choix des indicateurs).

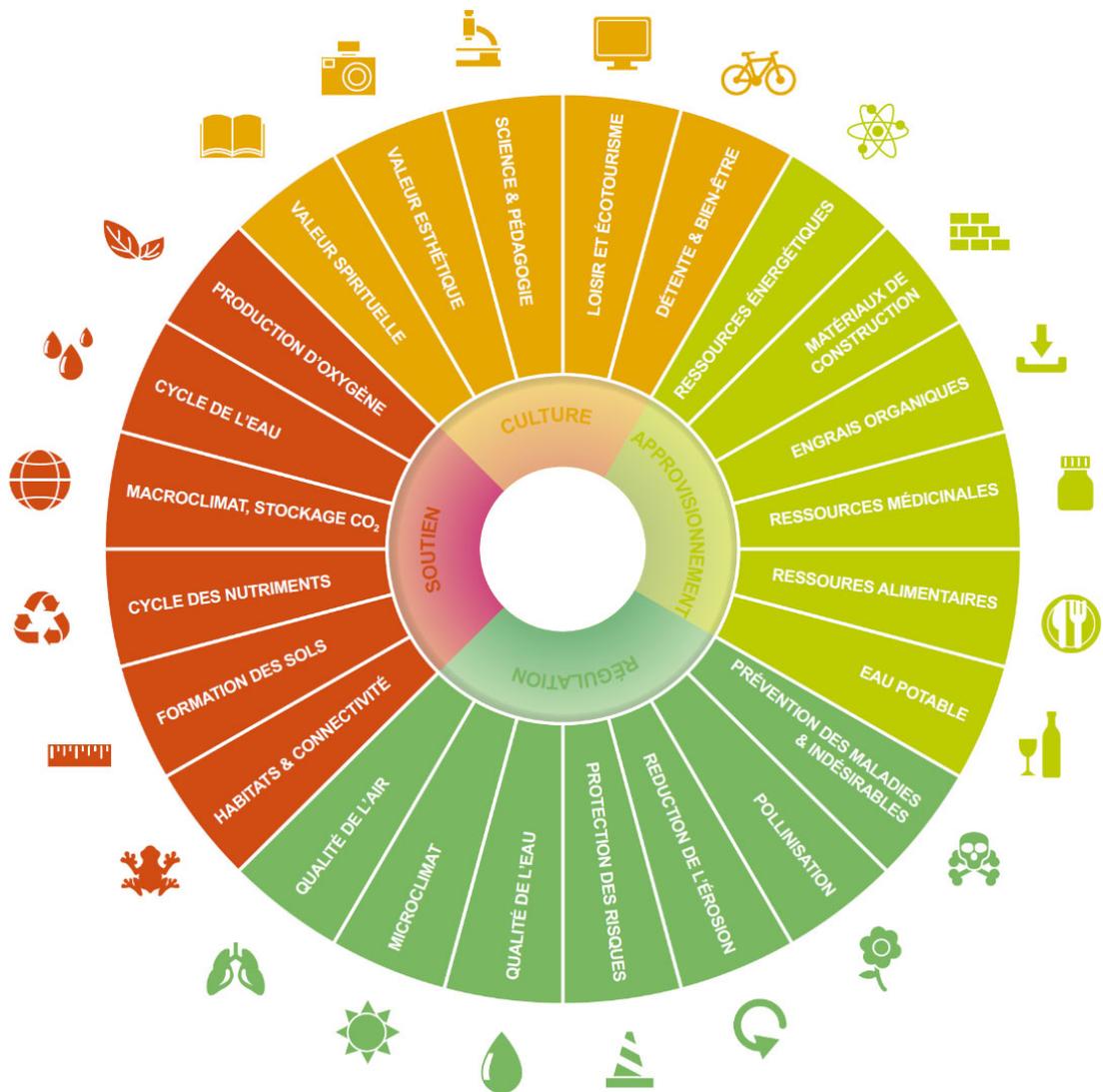


Figure 1 : Représentation des services écosystémiques potentiels sur Genève (source : Stratégie Biodiversité Genève 2030)

2.3 USAGE DE LA MÉTHODE DES SCÉNARIOS

L'EES est un outil qui a le potentiel de mettre en évidence des stratégies bénéfiques à long terme et dont l'importance ira grandissante avec les années.

A l'origine, les EES, implémentées de manière similaire à une EIE, ont servi à identifier les lacunes des plans, programmes et projets (PPP). Par la suite, les EES ont servi en principe à choisir la variante de projet représentant le « moindre mal » parmi plusieurs variantes (« Exploratory Scenarios » ; Figure 2).

A l'avenir, les EES doivent avoir la capacité de proposer la meilleure variante de projets présentant la meilleure prise en compte des incidences environnementales d'un plan, programme ou projet (« Policy Screening Scenarios »). Ainsi, le Projet d'Agglomération de 3^{ème} génération du Grand Genève a été analysé à l'aide d'une EES qui a mis en évidence que les contraintes posées à la planification se traduiront probablement par une réduction des émissions de CO₂éq. de 12% par rapport à un scénario sans planification⁸.

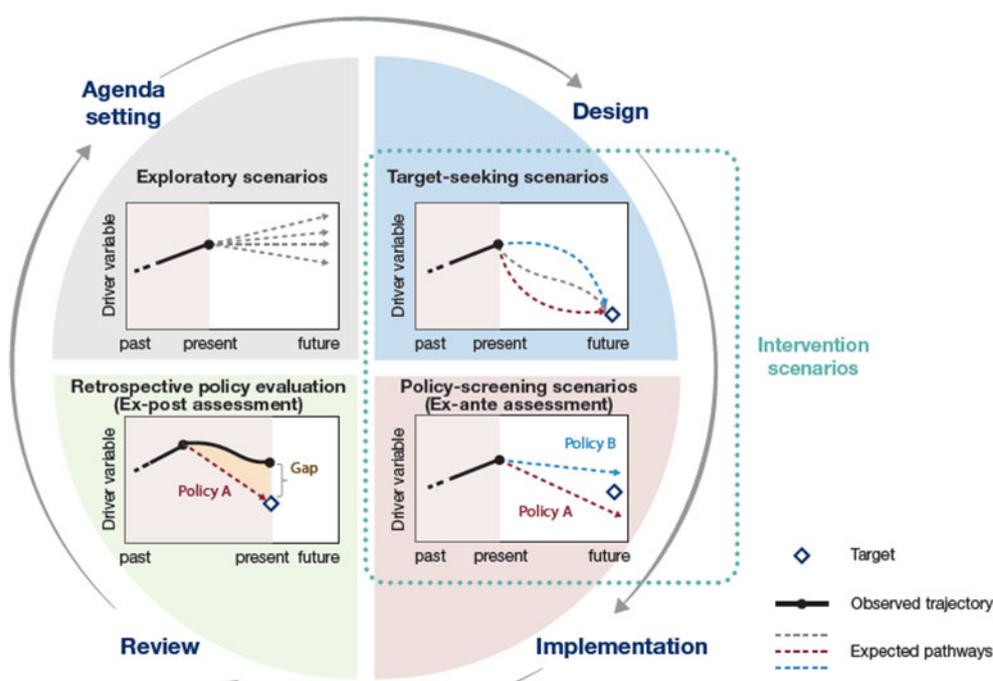


Figure 2 : Différents types de scénarios politiques (IPBES Scenarios ; Fig. SPM2)

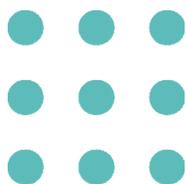
Il serait avantageux que l'EES poursuive son évolution pour devenir un outil puissant de planification. Elle pourrait ainsi s'appuyer sur les services écosystémiques pour mieux concrétiser des scénarios de mise en œuvre des planifications basés sur les objectifs stratégiques nationaux comme par exemple les cibles d'Aichi posés dans le cadre de la convention sur la diversité biologique ou encore ceux de la neutralité carbone à l'horizon 2050 poursuivis par le Conseil fédéral. Ce type de scénarios génèrera inévitablement des variantes de plans, programmes ou projets vertueux pour l'environnement mais également cohérents avec les objectifs stratégiques (« Target seeking scenarios, Figure 2) et permettra de les discuter de manière ouverte et

⁸ Annexe 4 du PA3, 2016.

transparente. Idéalement, les prochaines générations du projet d'agglomération Grand Genève pourraient et devraient inclure des variantes qui seraient cohérentes avec les objectifs internationaux, nationaux et cantonaux en vue de protéger et renforcer la biodiversité et les services écosystémiques.

Bien que ce rapport ne traite pas en particulier de la production et de l'intégration de l'usage de la méthode des scénarios dans l'EES, il s'agira de garder cette finalité en tête lors du choix des indicateurs en privilégiant ceux en capacité de représenter la biodiversité et les services écosystémiques dans leur globalité en vue de réflexions stratégiques (par ex. Genève 2050) (Chapitre 3 Choix des indicateurs).

Enfin, une revue de la littérature (annexe 3) a mis en évidence plusieurs domaines et approches où la prise en compte des services écosystémiques pourrait apporter des contributions avantageuses aux EES. Elle confirme la complémentarité théorique entre les deux concepts qu'il s'agira d'éprouver à l'aide d'études de cas réels.



3. CHOIX DES INDICATEURS

L'objectif de ce chapitre est d'identifier un premier jeu d'indicateurs de services écosystémiques (et de la biodiversité sous-jacente) pouvant compléter les futures démarches d'évaluation environnementale stratégique. Un idéal théorique est défini pour sélectionner les indicateurs. Il sera appliqué dans un second temps pour ne retenir que les indicateurs utiles. Ceux-ci sont ensuite testés pour évaluer la faisabilité de la mise en œuvre et donner des clés d'interprétation (Chapitre 4: Etudes de cas).

3.1 UNIVERS DES INDICATEURS DISPONIBLES

Pour répondre à l'objectif d'intégration de la biodiversité et des services écosystémiques dans l'EES, il est nécessaire tout d'abord d'identifier quelle est l'approche méthodologique qui permet de représenter et d'intégrer les valeurs intrinsèques de la nature (la biodiversité pour elle-même) ainsi que les valeurs d'usage (les services écosystémiques) dans un processus d'arbitrage.

La démarche a consisté dans un premier temps à dresser une liste exhaustive des indicateurs existants qui couvrent les dimensions de la biodiversité et des services écosystémiques pertinents pour le contexte genevois. Une première liste d'indicateurs de la biodiversité (n = 8), de services écosystémiques (n = 21) ainsi que d'indicateurs synthétiques englobant plusieurs services écosystémiques simultanément (n = 4) a été construite sur les bases de la littérature disponibles (y compris les indicateurs de services écosystémiques proposés par l'OFEV en 2011) et des projets de l'UNIGE mandaté par l'OCAN en partenariat avec GE-21 (annexe 1 : Indicateurs des SE – Tableau de synthèse).

3.2 CARACTÉRISTIQUES DES INDICATEURS

Un indicateur aura idéalement les caractéristiques suivantes :

- **Caractère SMART de l'indicateur** : Spécifique, Mesurable, Atteignable (notamment que l'indicateur capte l'état qui doit s'améliorer), Réaliste (pertinent) et Temporel (défini dans le temps). Dans la pratique, cela implique que l'indicateur doit pouvoir se comprendre facilement par un non-spécialiste. Les données doivent être disponibles, objectives, représentatives et pertinentes aux enjeux genevois. Il n'en reste pas moins que les concepts qui forgent les indicateurs peuvent être scientifiquement complexes tout en restant accessibles aux non-spécialistes notamment les usagers de la démarche proposée.
- **Caractère exhaustif de l'indicateur** : les données couvrent tout le canton. Ce choix permet de construire une vision des valeurs de la biodiversité et des services écosystémiques existants sur chaque parcelle du canton.

- **Caractère non répétitif de l'indicateur** : les indicateurs ne doivent pas traiter un processus déjà couvert par une loi cantonale ou fédérale et d'ores et déjà évaluée par une EES "classique" (par ex. pollution des eaux, limitation des particules fines dans l'air, protection des espèces menacées, etc.). L'objectif de cette étude est d'amener des dimensions complémentaires et nouvelles aux démarches et analyses existantes.

3.3 INDICATEURS RETENUS

Tous les indicateurs disponibles (n=33, voir annexe 1) ont été passés par les cribles suivants:

- un crible théorique: l'indicateur est-il pertinent?
- un crible scientifique: l'indicateur est-il basé sur des données disponibles, objectives (peu biaisées) et représentatives?
- un crible des politiques publiques: l'indicateur est-il complémentaire aux analyses existantes?

La compréhension aisée des cartes a été évaluée par de nombreuses itérations entre les mandataires et les participants du groupe de suivi sur plusieurs études de cas.

Au final, huit indicateurs ont été retenus (voir Tableau 1) :

- trois indicateurs de la biodiversité, soit la richesse floristique, la fragmentation et la connectivité biologique en milieu terrestre;
- deux indicateurs décrivant des services écosystémiques, soit la détente dans un lieu calme et naturel ainsi que l'ombrage procuré par la canopée;
- trois indicateurs « de synthèse » à savoir la naturalité locale, la perméabilité du sol et l'infrastructure écologique.

Une description succincte des huit indicateurs est donnée ci-dessous, et des fiches descriptives décrivent les informations nécessaires pour les produire et les interpréter (annexe 2 : **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

1) Indicateur de la richesse floristique

La richesse floristique (nombre d'espèces) est modélisée pour chaque polygone de « milieux naturels » (MN) (avec une précision de 25 mètres). Une valeur élevée signifie que de nombreuses espèces sont susceptibles de se trouver dans ce milieu. Sur un périmètre d'étude donné, il est donc possible d'obtenir une estimation de la richesse typique (médiane, moyenne), de comparer ces estimations à des valeurs cantonales, mais également d'identifier les surfaces au sein du périmètre qui sont particulièrement riches ou pauvres en espèces. La mise à jour de cet indicateur pour obtenir la valeur ex post demande plusieurs jours de travail.

2) Indicateur de la valeur de naturalité locale

La naturalité locale (qui diffère de l'indicateur « naturalité » utilisé dans d'autres projets récents par son absence de lissage spatial) décrit l'ampleur de la déviation de l'état naturel potentiel causé par l'impact des activités humaines

sur un milieu. Elle est obtenue par une reclassification de la carte des milieux naturels genevois en cinq catégories (précision de 25 mètres). Cette proposition représente la classification de milieux, ordonné par le degré et la fréquence de perturbations humaines. Les limites entre les catégories ont parfois un degré de subjectivité et de sensibilité culturelle. Cette flexibilité permet à l'indicateur d'être adapté à l'évolution des valeurs avec le temps ou bien au grès des projets. Ci-après nous utiliserons le nom de naturalité, par simplicité, pour référer à la naturalité locale.

- Cat. 0 :** milieu anthropique avec une surface imperméable (routes, bâtiments) ;
- Cat. 1 :** milieu anthropique avec une surface perméable avec un sol remanié (place de stationnement en gravier, agriculture, terrain de sport, jardins de villa) ;
- Cat. 2 :** milieu semi-naturelle, surface perméable avec un sol stabilisé (agriculture extensive, vergers hautes-tiges, toitures végétalisées, forêts de production) ;
- Cat. 3 :** milieu naturel, mais avec influence humaine (par la gestion des milieux; par ex. les lacs et cours d'eau avec débits régulés, talus, forêts sous gestion);
- Cat. 4 :** milieu naturel sans influence ou intervention humaine, ou milieu menacé (y compris sous gestion pour maintenir des espèces ou milieux rares).

Pour actualiser cet indicateur, une carte des milieux naturels ex post est nécessaire. A noter que cet indicateur ne permet pas de mesurer l'état ni l'évolution de la canopée qui sera mesurée par l'indicateur surface de la canopée.

3) Indicateur de la mesh-size ou de la continuité biologique

La mesh-size est un indicateur de "continuité" biologique terrestre (précision de 25 m.). Techniquement, il correspond à la probabilité que deux points (pixels) choisis aléatoirement dans un périmètre donné (200 mètres, dans cette étude) soient considérés comme connectés. Donc, la mesh-size représente l'inverse de la fragmentation. Les routes d'importance, bâtiments et rivières importantes sont considérés comme des barrières physique à la connectivité qui réduise la mesh-size car plus il y a de barrières dans le paysage, plus la probabilité que les deux points soient connectés est faible. Une valeur élevée est donc souhaitée. Pour évaluer une variante de projet, il faudrait actualiser cet indicateur par exemple avec l'emplacement des futurs bâtiments, routes et chemins.

4) Indicateur de la détente en milieu naturel et calme

Cet indice quantifie les zones calmes du canton (moins de 40 dB pour le bruit routier et ferroviaire ; moins de 50 dB pour le bruit des aéronefs) qui sont également des surfaces « naturelles » définies ici comme ayant un score de

naturalité entre 2 et 4. La précision de l'indicateur est inconnue, mais estimée à 25 m. Une mise à jour de l'indicateur ex post nécessite les informations sur l'emplacement et la taille des futurs milieux, leur score de naturalité, mais aussi une mise à jour du modèle de bruit. Cet indicateur combine 2 éléments qui sont les garant d'une qualité de vie, des lieux de répit et de ressourcement : le calme et la nature.

5) Indicateur de la surface de la canopée

Cet indice représente la surface totale de la canopée sur un périmètre (précision inconnue, estimée entre 2 et 5 m.). Il permet de quantifier l'apport ou la perte de nombreux services écosystémiques en lien avec la forme de la couronne des arbres. Par exemple, la surface de la canopée mesure non seulement le potentiel de rafraîchissement du microclimat mais donne également une idée sur l'épuration de l'air, les services socioculturels de détente, ceux de soutien à la biodiversité, etc. Pour évaluer l'impact du projet, une carte actualisant l'indicateur des arbres à maturité "20 ans" ex post est nécessaire. Il est également préconisé d'intégrer un facteur qui favorise la canopée existante sur celle en devenir afin de favoriser sa préservation (avec les services écosystémiques réalisées) plutôt que son remplacement pour sortir de la logique de compensation.

6) Indicateur de la perméabilité du sol

Cet indicateur mesure l'impact d'un projet sur l'imperméabilisation du sol qui est considérée comme néfaste pour des raisons tant biologiques qu'hydriques (précision de 25 m.). De nombreux services écosystémiques comme la fixation du carbone (dans le sol), l'infiltration des eaux de pluie, la fixation de l'azote, etc. dépendent d'un sol « vivant ». Cet indicateur de perméabilité des sols permet d'approximer l'ensemble de services écosystémiques précités. Pour évaluer l'effet d'un projet, une carte qui actualiserait cet indicateur en fonction des types d'aménagement et des emprises des infrastructures routières et des bâtiments ex post sera nécessaire. Idéalement, il serait préférable d'avoir un indicateur de la qualité du sol (dans le sens qui sert de support à une biodiversité riche) mais cette information n'est pas disponible.

7) Indicateur de la connectivité naturelle

Le REG14 est une carte qui identifie sur le canton de Genève les grandes trames naturelles par types de milieu. Ceux-ci assurent la connectivité pour la faune et la flore sur le territoire cantonal ainsi qu'avec les régions voisines (précision inconnue, estimée à 50-100 m.). Cet indicateur ne peut pas facilement être mis à jour ex post car il a été élaboré en partie sur avis d'experts. Il est surtout utile lors d'un diagnostic initial à l'échelle territoriale. Les codes couleur de la carte REG14 sont les suivants : rouge pour les milieux secs; jaune pour les milieux agricoles; vert pour les forêts; bleu pour les milieux humides-aquatiques. Les trames de la carte REG14 ne sont pas à confondre avec les corridors biologiques, ni les pénétrantes de verdure, même s'il peut y avoir des superpositions.

8) Indicateur de l'infrastructure écologique

L'infrastructure écologique requise couvre une surface équivalente à 30% du territoire cantonal. Elle doit être agencée de manière à représenter la biodiversité, les services écosystémiques et ses besoins en connectivités⁹. Ce nombre de 30% correspond aux objectifs fixés en 2010 à Aichi au Japon lors de la rencontre des parties à la convention sur la diversité biologique. Il est obtenu par les 17% du territoire classés en zones nodales et les 13% supplémentaires composés de zones relais, c'est-à-dire des espaces qui garantissent la connectivité à l'échelle du territoire. L'infrastructure écologique est donc la partie du territoire qui représente sa qualité biologique de manière synthétique (précision inconnue, estimée à 25 m.). C'est un indicateur qui permet de prioriser des secteurs en signalant où se localise les meilleures surfaces naturelles du canton. C'est un indicateur agrégé qui regroupe plusieurs autres indicateurs (cf. fiche dédiée en annexe) sans pour autant créer des doublons puisqu'il propose une interprétation spécifique. Cet indicateur ne peut pas facilement être mis à jour ex post. Il est surtout utile lors d'un diagnostic initial à l'échelle territoriale.

Au-delà des huit indicateurs présentés ci-dessus, huit autres ont été jugés comme pertinents et avec un fort potentiel, mais ne sont pas encore prêts à être déployés. Ces derniers sont listés ci-dessous afin d'encourager leur futur développement et validation. Collectivement, ces indicateurs offrent une bonne représentativité des différentes valeurs de la biodiversité et du type de services écosystémiques générés, d'autant plus que certains indicateurs représentent des paniers de plusieurs types de services écosystémiques (Tableau 1). On peut citer en exemple l'ombrage qui est dans la catégorie « régulation » pour l'atténuation des eaux de pluie, mais qui génère également plusieurs services culturels.

⁹ Honeck et al. 2020. "Implementing Green Infrastructure for the Spatial Planning of Peri-Urban Areas in Geneva, Switzerland", Sustainability.

Tableau 1 Représentation des différents types de services écosystémiques et des indicateurs retenus dans l'étude (en vert) et des indicateurs en cours de développement ou à tester (en bleu).

Catégorie de services écosystémiques	Services écosystémiques	Indicateurs
Soutien à la Biodiversité	Richesse flore	Modélisation relation espèce-milieu, atlas, expert
	Fragmentation	MESH size qui indique le morcellement (OFEV, C3)
	Milieux menacés	Liste rouge des milieux
	Corridors biologiques	Corridors nécessaires pour la connectivité biologique par avis d'expert (REG+ç)
	Grands arbres	Arbres de grande taille (>80cm dbh)
Services écosystémiques de régulation	Milieux propices pour les abeilles sauvages	Analyse InVEST
	Ilot de fraîcheur	Analyse température de surface par image satellite (OFEV SA5)
	Ombrage	Canopée obtenue à partir des données lidar 2017 (OFEV R10)
Services écosystémiques d'approvisionnement	Fertilité sols agri et forêt	SDA et forêt productive dans le cadafor (OFEV E3)
Services écosystémiques socio culturelles	Détente en milieux naturels	Zones db<40 (ou db<50 avions) et naturalité 2-4
	Densité de chemins	Densité de chemins pour la promenade, jogging, cheval (OFEV C12)
	Détente zone urbaine	Cartographie des espaces verts accessibles en milieu urbain (OFEV SA3)
Indicateurs de synthèse	Naturalité	Classification des milieux naturels en 5 catégories d'influence humaine
	Trame noire	Analyse de champ de vision sur le canton à partir de données lampadaires SIG.
	Perméable/ Imperméable	Classification des milieux naturels en 5 catégories d'influence humaine
	Infrastructure écologique	Intégration de la biodiversité, connectivité et les services écosystémiques

Au final, dix-sept indicateurs sur les trente-trois étudiés ont été écartés (Annexe 1) car ils souffraient d'une ou plusieurs faiblesses listées ci-dessous :

- (i) les données sous-jacentes étaient considérées comme insuffisamment fiables (par ex. pollinisation) ou biaisées dans la représentation (par ex. richesse faunistique);
- (ii) le service écosystémique était déjà couvert par des lois et politiques publiques, et en particulier par les outils existant (EIE et EES) (par ex. milieux forestiers);
- (iii) le service écosystémique était jugé peu pertinent pour le contexte genevois (par ex. protection contre les glissements de terrain);
- (iv) un non-spécialiste ne comprendrait pas facilement son sens et son lien avec la nature (par ex. rétention de phosphore);
- (v) l'indicateur donnait peu de possibilités de planification territoriale des impacts (par ex. séquestration du carbone, qui a lieu principalement dans des milieux protégés, forêts et milieux humides).

Cependant, les futures EES ne devraient pas se cantonner à ce seul jeu d'indicateurs. Chaque responsable de projet (ou parties prenantes) est encouragé à identifier ou créer des indicateurs sur mesure pour capturer des dimensions considérées comme prioritaires dans le contexte territorial considéré. L'indicateur choisi devra être jugé acceptable par les parties prenantes. Enfin, il n'aura pas les "faiblesses" mentionnées ci-avant.

3.3.1 Objectifs assignés aux indicateurs des services écosystémiques

Les indicateurs de services écosystémiques serviront simultanément plusieurs objectifs:

- (i) Établir un état des lieux environnemental sous l'angle de la biodiversité et des services écosystémiques ;
- (ii) identifier des zones à très haute valeur valant zones d'exclusion (qui devraient mettre en garde contre des pertes de services écosystémiques importants en raison du plan, programme ou projet, voire bloquer ce dernier) ;
- (iii) permettre de fixer des objectifs environnementaux en faveur de la biodiversité et des services écosystémiques au niveau cantonal ou local pour le plan, programme ou projet, voire même des cibles à atteindre ;
- (iv) évaluer et classer les options et alternatives de projet (du moins les plus souhaitables) ;
- (v) mesurer l'écart avec l'objectif seuil visé ou qualifier l'influence du plan, programme ou projet avant et après la planification (évaluations ex ante et ex post) (Tableau).

3.4 COMBINAISON DES INDICATEURS ET PROPOSITION DE PONDÉRATION

Ce chapitre propose une démarche pour combiner les huit indicateurs retenus et les pondérer sur des territoires d'études sur lesquels des plans, programmes et projets pourraient être projetés selon deux cas de figure, soit les planifications directrices et sectorielles et les plans d'affectation. En effet, ceci s'effectuera différemment selon le type de procédure de planification citées ci-dessus.

3.4.1 Planifications directrices et sectorielles

Dans ce cas de figure, on s'intéresse à comparer différents périmètres (planification directrice) ou des tracés par exemple pour une infrastructure (étude d'opportunité/ de faisabilité). Cette approche semble indiquée notamment pour le plan directeur cantonal ou les plans directeurs communaux.

Dans une planification directrice, on recherchera à comparer la valeur existante en services écosystémiques **dans au minimum deux périmètres différents** pour évaluer l'effet de l'implantation d'une infrastructure d'importance (par ex. construction de nouvelles routes) ou avant de changer l'affectation d'une zone (par ex. densification de zones villas). Pour cela, trois étapes de travail sont proposées :

Étape 1 : Les cartes cantonales du mesh-size (soit l'inverse de la fragmentation) et celle de la richesse floristique sont consultées afin de nourrir l'état des lieux environnemental en évitant la perte des zones riches en espèces ou la création de nouvelles barrières à la connectivité biologique du territoire par la planification.

Etape 2 : Les parties du périmètre d'étude qui se superposent avec des surfaces à très haute valeur (les surfaces de connectivité du REG), des surfaces des zones calmes & naturelles et l'infrastructure écologique (30% du territoire les plus importants pour la biodiversité) ont été calculées.

Etape 3 : Les effets quantitatifs ex ante et ex post du projet sur l'évolution de surface de canopée, celle des sols perméables et de la valeur de naturalité locale ont été quantifiés.

Dans ces étapes, une grande importance est portée aux projets qui péjorent les zones à fortes valeurs, c'est-à-dire les aires de connectivité biologique, les zones calmes & naturelles ou les aires où se trouvent les surfaces clés de l'infrastructure écologique (30% du territoire cantonal le plus riche pour la biodiversité selon les objectifs d'Aichi – voir plus haut) (Figure 3).

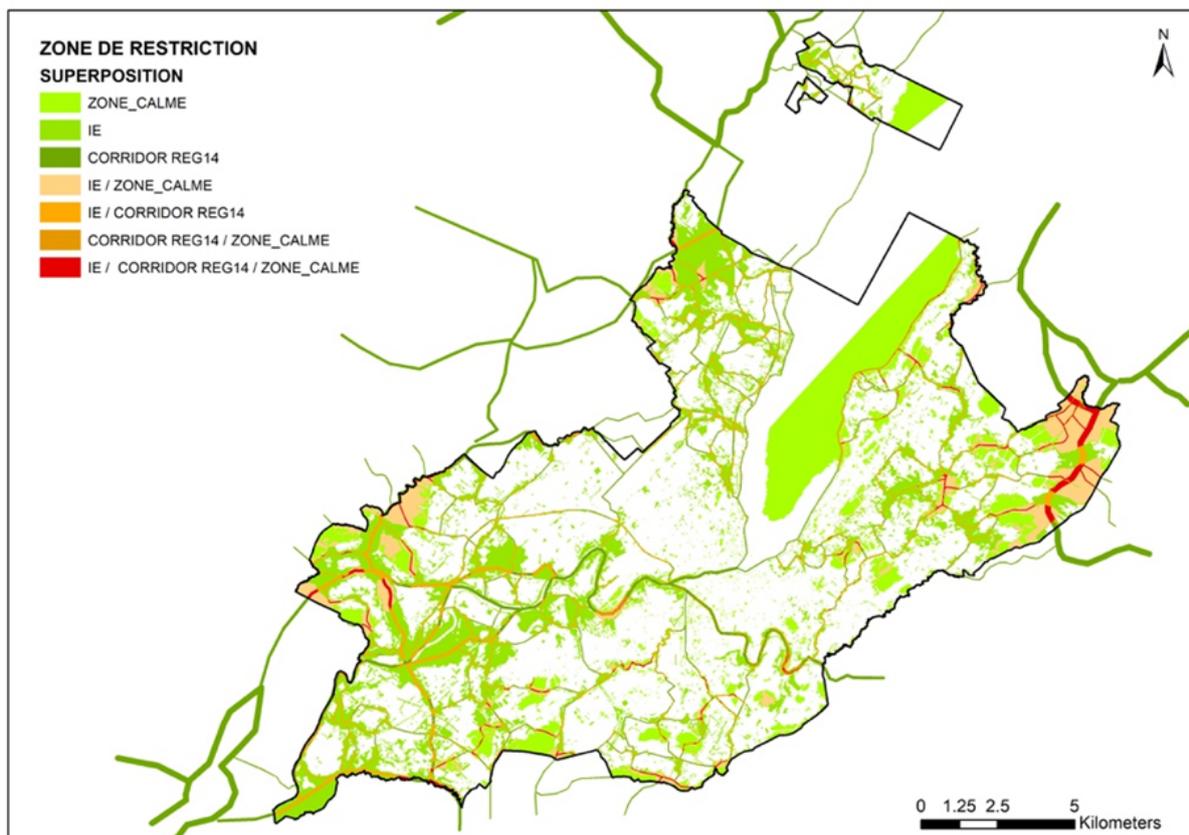


Figure 3 : Trois types de surfaces à très forte sur le canton de Genève (IE : Infrastructure écologique ; REG : réseau écologique genevois ; Zone calmes et naturels) représentés individuellement et dans leurs superpositions. Chaque type de surface est considérée comme essentielle, mais ces surfaces se regroupent parfois (orange-rouge).

Pour les scénarios de plan, programme ou projet qui modifient l'usage du sol, par exemple la densification des zones villas, on cherchera les informations nécessaires pour l'état ex post de telle sorte qu'elle permettent de calculer l'évolution quantitative des sept indicateurs des services écosystémiques (à l'exception du mesh-size ou continuité biologique). On favorisera le scénario du plan, programme ou projet qui évite les zones à fortes valeurs et qui fait augmenter les valeurs des autres indicateurs.

3.4.2 Plans d'affectation : variantes de projets dans un périmètre unique

Dans ce cas de figure, on compare **plusieurs projets au sein d'un même périmètre**. Si le temps le permet, on suivra la même démarche que décrite ci-dessus pour la planification directrice. Par contre, si le temps disponible pour l'évaluation des variantes est limité, alors on tiendra seulement compte des trois indicateurs qui peuvent faire l'objet d'un calcul ex post relativement rapide. Il s'agit de la surface de canopée, des surfaces en sols perméables et de la valeur de la naturalité locale. Pour cela, il faudra que les maîtres d'œuvre fournissent les informations cartographiques nécessaires à une telle évaluation (Chapitre 5.2 :Prérequis).

3.4.3 Pondération des indicateurs

La gouvernance des projets est la plupart du temps composée d'un organe technique et politique. L'organe technique n'est en principe pas habilité à attribuer une pondération des indicateurs car celle-ci découle d'un processus participatif, décisionnel ou d'un arbitrage politique dans le cadre d'une pesée des intérêts. Nous avons vu que l'EES constitue un outil d'aide à la décision qui a pour vocation d'informer l'organe décisionnel par le biais d'une analyse transparente et objective. Il est néanmoins important de souligner ici que la démarche proposée effectue une première pondération implicite, à titre d'experts, dans la mesure où il est admis que certaines valeurs telles que l'infrastructure écologique, les zones calmes et naturelles ainsi que les zones de connectivité pour la faune (REG) sont tellement rares qu'il est nécessaire de veiller à leur maintien sur les portions du territoire qui hébergent encore ses fonctionnalités.

Par ailleurs, il a été constaté, suite aux simulations menées, que deux indicateurs de synthèse, la naturalité locale et l'infrastructure écologique, captent une grande partie des valeurs qui sont visées par cette étude et qui ne sont pas ou insuffisamment pris en compte dans le cadre des EIE et des EES. De plus, la supposition est faite que trois indicateurs de services écosystémiques, les sols perméables, l'ombrage de la canopée et les surfaces calmes et naturelles, représentent des services écosystémiques, ou panier de plusieurs services écosystémiques, qui contribuent au bien-être. Il faudra à l'avenir en tenir compte d'une manière ou d'une autre.

Le tableau 2 ci-après caractérise chaque indicateur. Les lignes successives du tableau indiquent que l'état initial de chaque indicateur est connu et qu'il recouvre le canton ; qu'une augmentation de la valeur est souhaitée, en tout cas à proximité de la valeur actuelle, sauf pour l'IE qui est figé à 30% du territoire ; qu'une distribution statistique de la valeur de l'indicateur peut être obtenu (en passant, dans certains cas, par une agrégation à l'hectare) ; qu'un

classement relatifs entre variantes de projets est possible ; que des valeurs minimales, des seuils, et des surfaces « irremplaçables » (NO-GO) peuvent être proposés pour certains indicateurs, tout en reconnaissant l'absence d'assise juridique ; et finalement que l'indicateur pourra être quantifier après projet, à condition de recevoir de la part du porteur du projet des informations sur la mise en œuvre (cf. section 5.2.2.)

Tableau 2: Synthèse des huit indicateurs de services écosystémiques retenus et leurs potentiels de qualification et d'orientation

POTENTIEL DE QUALIFICATION ET D'ORIENTATION DE L'INDICATEUR	INDICATEURS DES SERVICES ECOSYSTÉMIQUES							
	Richesse floristique (Nombre d'espèces estimées)	Surface de connectivité (REG) (m ²)	Mesh-size (Fragmentation biologique)	Surface calme et naturelle (m ²)	Surface de la canopée (m ²)	Surface des sols perméables (m ²)	Valeur de naturalité (score 0-4)	Score infrastructure écologique (IE)
L'indicateur permet-il d'identifier des zones à très forte valeur? (zone d'exclusion ou de "NO-GO")	NON	OUI Toutes les surfaces REG	NON	OUI Zones exposées à moins de 45dB	NON	NON	NON	OUI 30% des meilleures surfaces du canton au niveau biologique
L'indicateur permet-il de définir un seuil minimum à atteindre?	NON	13% de la surface du canton ; et au sein de l'IE	NON	NON	OUI 30% (à l'échelle du canton)	OUI 75% dans les nouveaux projets	OUI Score 2 (pour les nouveaux projets)	OUI 30% de la surface cantonale avec un statut de protection ou équivalent
L'indicateur permet-t-il de donner une direction à l'évolution souhaitée?	OUI Viser l'augmentation	OUI Viser l'augmentation	OUI Viser l'augmentation	OUI Viser l'augmentation	OUI Viser l'augmentation	OUI Viser l'augmentation	OUI Viser l'augmentation	NON
Dispose-t-on d'un état initial sur le canton pour l'indicateur?	OUI	OUI (7% de la superficie canton)	OUI	OUI	OUI (21-23% sur canton)	OUI 75% sur canton	OUI (score 1.83 pour l'ensemble du canton)	OUI
L'indicateur permet-il de quantifier le delta avant-après le projet?	Relativement difficile	OUI Surface (m ²) des REGs impactées par le projet ¹⁰	Relativement difficile (demande plusieurs jours de travail)	OUI Surface (en m ²) de zones calmes impactée par le projet ⁵	OUI Surface (en m ²) de canopée 20 ans après le projet ⁵	OUI Surface (en m ²) de sols perméables ⁵	OUI Calcul du score de naturalité (1 à 4) ⁵	OUI Surface (en m ²) de l'IE impactée par le projet
L'indicateur permet-il un classement relatif entre les variantes?	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Existe-t-il un référentiel cantonal pour l'indicateur? ¹¹	OUI	NON	NON	NON	OUI	OUI	OUI	NON

¹⁰ A conditions de recevoir des informations de la part du maître d'œuvre (voir Chapitre 6.2)

¹¹ Distribution statistique par unité d'analyse spatiale (par ex. hectare)



4. ÉTUDES DE CAS

Les études de cas ont été choisies pour analyser trois situations courantes pour lesquels les bureaux d'étude et le service spécialisé sont amenés à réaliser une évaluation, soit :

1. les planifications directrices (PDCn, PDCom) où les orientations stratégiques du développement territorial sont posées et les activités sont affectées à des périmètres;
2. les infrastructures d'envergure, dont les effets sur l'environnement sont par essence négatifs;
3. les plans d'affectation avec des variantes de projets sur un périmètre précis

Tableau 3: Influence potentielle de différentes procédures de planification sur les services écosystémiques (SE) et la biodiversité.

Type de procédures	Enjeux pour les services écosystémiques et la biodiversité
Planifications directrices	A l'échelle cantonale, où se situent les surfaces prioritaires à très fortes valeurs et qu'il faut protéger ou renforcer?
Infrastructures (routes, densification des zones villa)	Quelle variante engendre le moins d'effets négatifs?
Plans d'affectation (AVP de PLQ, concours, MEP)	Quelle proposition offre un effet net positif et soutient les objectifs stratégiques ?

4.1 PLANIFICATIONS DIRECTRICES ET PLANS D'AFFECTIONS

4.1.1 Méthodologie

Dans Quatre zones d'habitation ont été choisies aléatoirement sur le canton dans le but de comparer et interpréter la valeur des services écosystémiques présents dans le périmètre urbanisé.

La méthodologie déployée est résumée ci-après en trois étapes qui reprennent les indicateurs sélectionnés dans le chapitre précédent :

Etape 1 : Inspection visuelle de la richesse spécifique et du mesh-size (fragmentation);

Etape 2: Calcul de la somme des surfaces à très fortes valeurs telles que les corridors biologiques, les zones de naturelles et de calmes et les surfaces composant l'infrastructure écologique du canton (zones d'exclusion, "NO GO"). Cette étape permettra d'écartier certaines variantes;

Etape 3 : Comparaison relative (rang moyen) des variantes à l'aide de trois indicateurs quantitatifs: la surface de la canopée (m²), la perméabilité des sols (m²) et le score de naturalité (0-4). Ceci permettra d'identifier le périmètre avec les valeurs actuelles les moins importantes.



Figure 4 Périmètres des quatre sites analysés

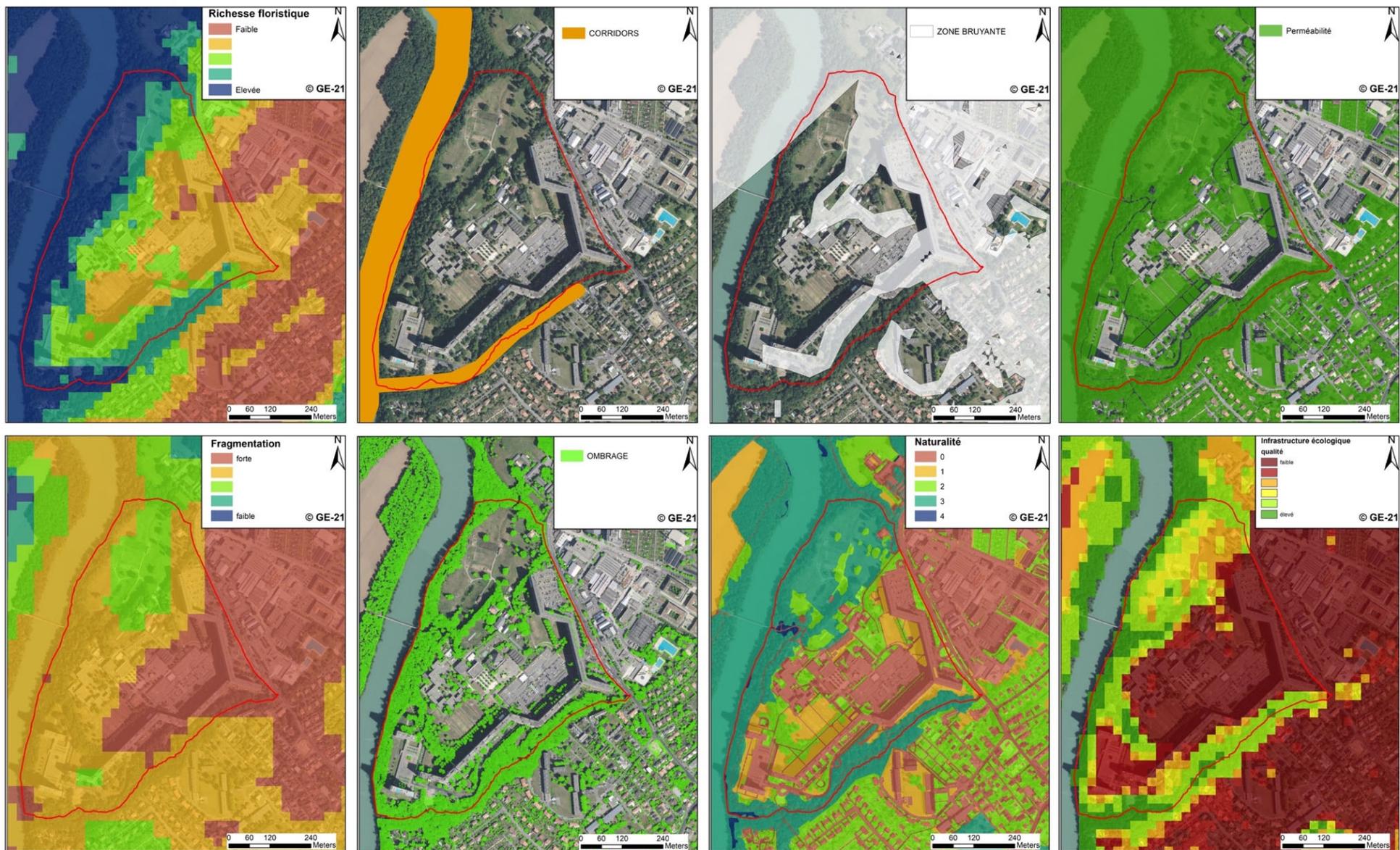


Figure 5 : Illustration de l'analyse cartographique des huit indicateurs des services écosystémiques et de la biodiversité sur le site du "Lignon"

4.1.2 Comparaison qualitative et quantitative des sites étudiés

Le tableau des valeurs pour les quatre sites (Tableau 4) et leurs représentations graphiques, nous permet de tirer plusieurs enseignements concernant la valeur des services écosystémiques présents sur ces quatre sites. Il permet aussi de nous donner un aperçu et de situer les limites de l'approche utilisée dans cette étude.

Etape 1 : Evaluation de la richesse spécifique et de la fragmentation

Bien que difficile à interpréter, les cartes montrent néanmoins, au sein de chaque périmètre, où se situent ces éléments de valeur. Les valeurs du nombre d'espèces floristiques illustrent que le site du "Lignon" a une richesse au-dessus de la moyenne (73^{ième} pourcentile ; c'est-à-dire que seuls 27% de la surface cantonale a une richesse floristique plus élevée). La richesse flore du site "Velours" est typique pour le canton. Tandis que les deux autres sites ont une richesse floristique en-dessous de la moyenne cantonale.

→ Ces cartes et ces indicateurs permettent un classement relatif, mais n'indiquent pas si un seuil infranchissable a été dépassé. Ces deux indicateurs permettent toutefois de contribuer à l'établissement d'un état des lieux environnemental préalable. Il est à rappeler que leurs valeurs sont intégrées dans l'Infrastructure Ecologique.

Etape 2 : Evaluation des surfaces à très haute valeur (connectivité biologique, zones de calmes et naturelles ainsi que les surfaces composant l'infrastructure écologique)

L'interprétation des résultats suggère de ne permettre aucune altération (perte, transformation) de ces surfaces à forte valeur écosystémique. En l'occurrence, les quatre sites contiennent des valeurs fortes (Figure 6). Le site du "Lignon" détient – de loin – le plus de surfaces à très fortes valeurs, suivi par les sites de "Velours" et "Bertrand". Appliqué strictement, aucun de ces sites ne devraient être altérés ou développés, car tous contiennent au moins des fragments de surfaces à très fortes valeurs.

→ Digression: On pourrait se poser la question de savoir si une quantité minimum de pertes est acceptable?

Et, le cas échéant, quelles mesures de compensation pourraient et devraient être mise en place et où ?

On remarque aussi que le site "Bertrand" (qui contient le parc éponyme) est relativement faible en valeurs dites fortes en raison de son isolement et à cause du niveau sonore ambiant, malgré sa valeur de détente évidente pour les habitants du quartier. Ceci laisse penser qu'il faudrait soit assouplir légèrement la valeur seuil de l'indicateur « zone de détente calme et naturelle » ou bien rajouter un nouvel indicateur décrivant la proximité pour les usagers « accès à une/des zone(s) de détente ». Cet indicateur a d'ailleurs été identifié comme nécessitant des développements ; voir Tableau 1).

Etape 3 : Evaluations ex ante et ex post des indicateurs (naturalité, surface de canopée et sols perméables)

Les valeurs des indicateurs de la naturalité, de la surface de canopée et des sols perméables démontrent que les sites du "Lignon" et "Bertrand".ont les rangs moyens les plus élevés, tandis que le site des "Grottes" obtient le plus souvent des valeurs faibles. Ces valeurs sont sensibles à l'emplacement du périmètre d'analyse. Dans la pratique, il serait souhaitable que les analyses portent sur les surfaces susceptibles d'être impactées par un projet avec une zone tampon (100 mètres, par exemple) :

4.1.3 Résultats

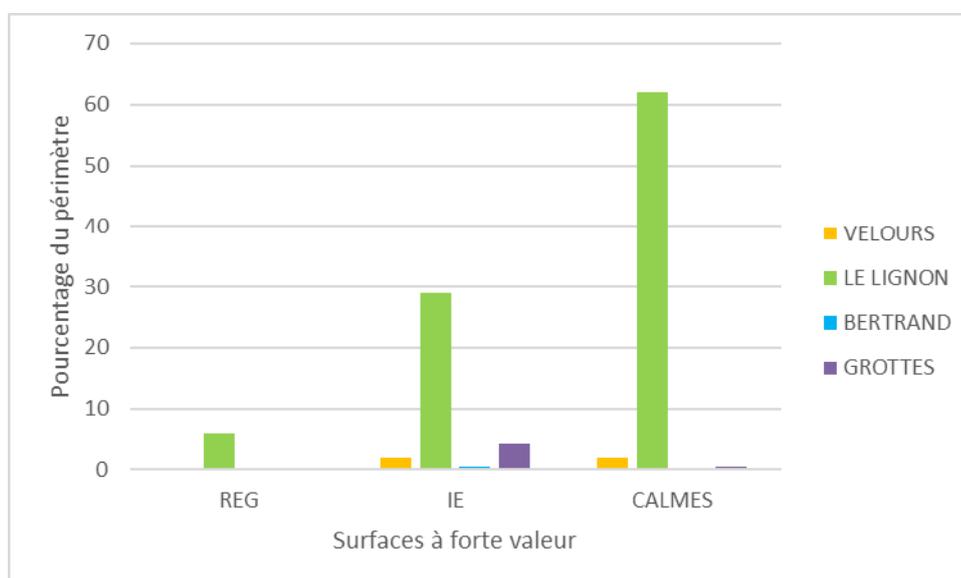


Figure 6 : Représentation graphique des pourcentages des périmètres d'étude qui sont à très forte valeur écosystémique (Etape 2)

Légende : REG : corridor de connectivité biologique. IE : Infrastructure Ecologique. CALMES : zones calmes et naturelles essentielles au ressourcement des humains.

Ces surfaces sont considérées comme essentielles et l'objectif (proposé) est l'absence de perte de valeur.

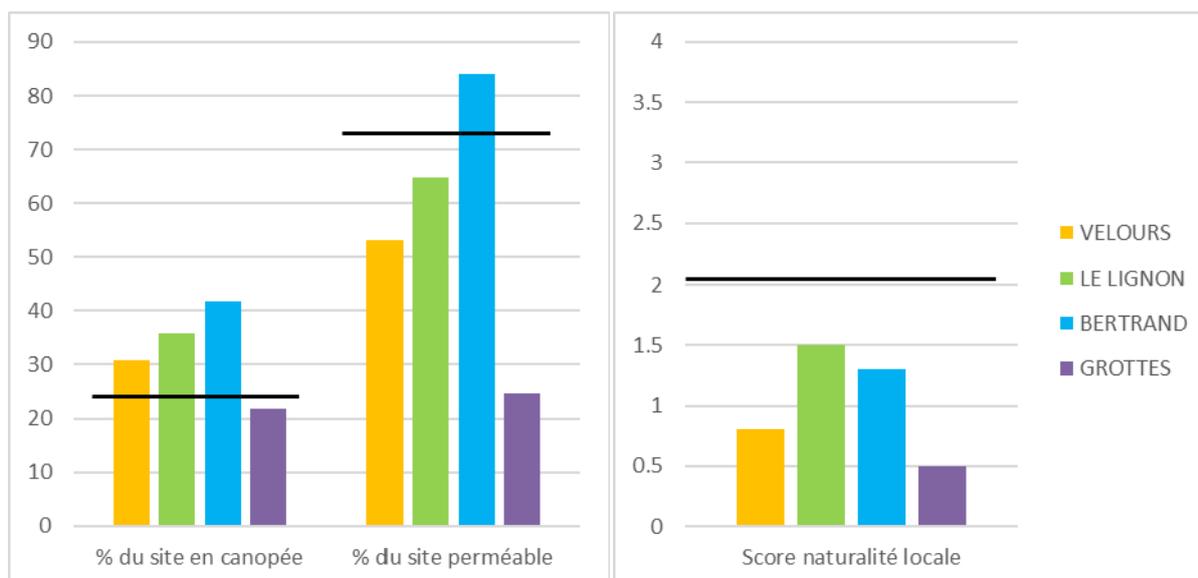


Figure 7 : Représentation graphique des trois indicateurs quantitatifs sur les quatre périmètres d'études (Etape 3). Les objectifs cantonaux (propositions de seuils minimum à atteindre) sont indiqués par des barres noires.

4.1.4 Enseignements généraux

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'utilisation pratique des indicateurs écosystémiques. Cela a permis d'identifier le site (les Grottes) possédant les valeurs écosystémiques les plus faibles si l'on devait choisir la localisation d'un projet qui engendrerait une perte totale de la biodiversité et de ses valeurs écosystémiques au droit de son emprise.

Les résultats montrent également l'importance d'effectuer à la fois une analyse quantitative en surfaces absolues et qualitatives ou relatives en pourcentage de surfaces concernées surtout si la surface des périmètres analysés diffère significativement et pour mieux tenir compte et mettre en perspective les caractéristiques spécifiques de chaque périmètre. En effet, certains indicateurs traduisent des pertes écosystémiques absolues (ex. zones de calmes et naturelles, infrastructure écologique, etc.) alors que d'autres s'interprètent au travers de ratio et donc de valeurs relatives (ex. surfaces perméables, naturalité, etc.).

Finalement, l'analyse montre qu'il est clé de bien choisir la taille et la forme des périmètres pour qu'ils soient pertinents et cohérents pour chaque projet car les résultats obtenus en dépendront. Les trois indicateurs de l'étape 3 sont intéressants car ils mettent en évidence comment chaque quartier pourrait (ou devrait) améliorer son score de naturalité locale, de canopée et de pourcentage de surfaces perméables pour répondre aux objectifs cantonaux.

Pour tenir compte de la surface de chaque périmètre et intégrer la qualité et la quantité des valeurs, il est recommandé de multiplier la surface du périmètre par le score médian de chaque indicateur, et de classer ensuite les projets dans l'ordre des scores obtenus (cf. Tableau 4).

Un exemple comparatif théorique pour un projet développé sur un même périmètre est présenté dans la fiche de l'indicateur de la Naturalité. L'analyse porte sur le résultat obtenu dans le cadre d'un mandat d'étude parallèle évalué sous l'angle de la naturalité.

Les graphiques de comparaison des périmètres d'étude (figure 7) et le tableau

ci-après portent également un message important : il propose de définir des objectifs genevois pour les trois indicateurs chiffrés retenus par la méthode :

- Score de naturalité ; 2.00
- Taux de conopée : 30%
- Taux de perméabilité du site : 75%

Ces premières propositions seront à affiner dans le cadre de la suite du processus.

Tableau 4 : Comparaison des valeurs obtenues pour chaque indicateur écosystémique de quatre sites urbanisés.

NOM DU SITE	Surface du site (m ²)	Etape 1 (contribution à l'état des lieux)		Etape 2 (NO GO)				Etape 3 (quantitatif)			Rang moyen des trois scores quantitatifs (1 = premier; 4 = dernier, faible)
		Nombre moyen d'espèces flore/pixel (quantile)	Mesh-size	Taux du site en corridor REG (en %)	Taux du site en IE (en %)	Taux du site en zones calmes & naturelles (en %)	Somme surfaces NO GO (en m ²)	Score de naturalité locale	Taux de canopée du site (en %)	Taux de perméabilité du site (en %)	
VELOURS	70'948	170 (55 ^{ième})	1.16	0	1.8	2.5	2'837	0.8	30.8	53.1	3.0
LIGNON	384'790	217 (73 ^{ième})	2.92	5.86	29.1	61.9	373'246	1.5	35.8	64.8	1.7
BERTRAND	311'712	127 (34 ^{ième})	2.53	0	0.6	0	1'870	1.3	41.8	84.1	1.3
GROTTE	21'066	139 (40 ^{ième})	0.17	0	4.2	0.5	990	0.5	21.8	24.6	4.0
Objectif Indicateur GE		-	-	?	30	?		2.00	30%	75	
Valeur Indicateur GE		159 (50 ^{ième})	-	7.1	8 (réserves)	?		1.83	23-25	75	

4.2 INFRASTRUCTURES (ROUTES)

4.2.1 Projet du barreau Montfleury – variantes de projet

Le barreau routier de Montfleury est localisé sur les communes de Satigny et Vernier. C'est un projet de construction d'une nouvelle infrastructure routière qui a pour objectif de connecter la zone industrielle de la ZIMEYSAVER à un nouveau réseau routier répondant ainsi à un besoin d'accessibilité optimisé et permettant de réduire de manière significative de trafic sur le réseau secondaire. Dans le cadre des études en lien avec le grand projet ZIMEYSAVER, une étude d'évaluation des tracés a été réalisée pour le projet de Barreau routier de Montfleury en 2014¹². La carte ci-dessous mettent en évidence les variantes de tracés envisagées lors de cette étude.



Figure 8 : Tracés des variantes de la route de Montfleury

¹² Pour plus d'information : <https://www.ge.ch/dossier/barreau-routier-montfleury>

Dans le cadre du présent rapport, ces variantes ont été utilisées pour évaluer l'impact de ces options sur la biodiversité et les services écosystémiques. La diversité des variantes de tracé, en surface, dans des zones agricoles, sur des routes existantes ou partiellement en souterrain permet de mettre en évidence la sensibilité des indicateurs au regard de ces différentes situations.

4.2.2 Méthodologie

La surface de chaque variante est calculée en définissant une zone tampon de 20 mètres de chaque côté du tracé. Il est supposé que les valeurs écosystémiques existantes seront totalement perdues, sauf celles situées sur les tronçons en tranchées couvertes du tracé T3, qui pourraient être maintenues ou restaurées après remise en état des sols sur la tranchée couverte.

Tableau 5 : Longueur et largeur (m²) des variantes des tronçons pour le Barreau de Montfleury (largeur de 20m supposée)

Variante	Longueur (m)	m ² (en surface)
T1	2013	81'748
T2	1754	71'413
T3	750 en surface + 1000 sous terre	29'337
T4	1692	68'912
T5	2213	89'661

Cet exemple présente la particularité d'une variante (T3) qui a une surface inférieure de 50-70% par rapport aux autres compte tenu des sections en tranchées couvertes.

Afin de rendre compte des pertes effectives, les valeurs moyennes des indicateurs quantitatifs (naturalité, canopée et perméabilité) est multiplié par les surfaces correspondantes avant d'en déduire le rang de chaque variante par services écosystémiques.

Cette approche permet de qualifier la perte relative d'une variante vis-à-vis des autres. L'importance de la perte absolue est quant à elle appréciée par rapport au niveau de l'indicateur à l'état initial.

4.2.3 Résultats

La représentation graphique des résultats pour les huit indicateurs évalués figure sur la page suivante (Figure 9).

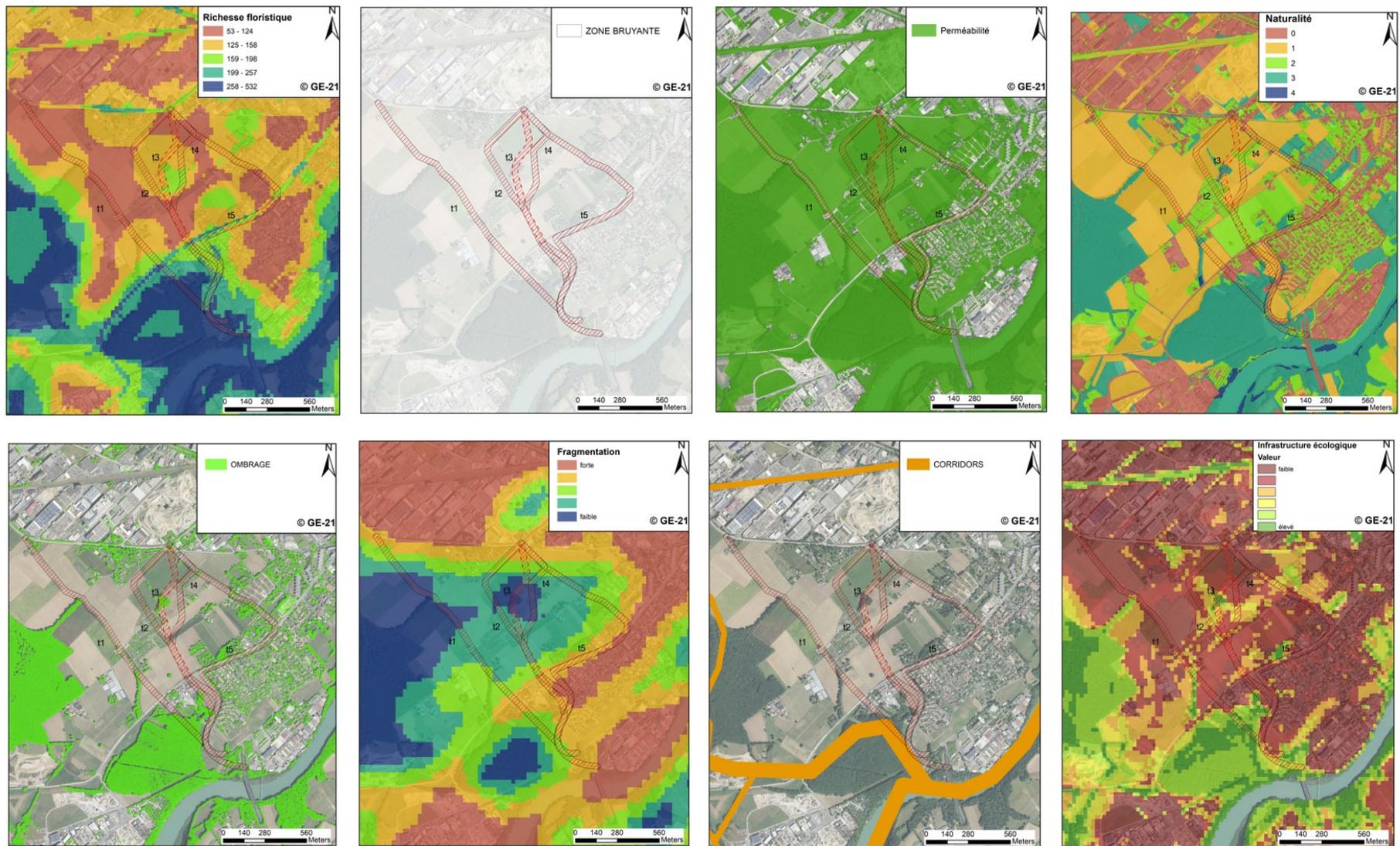


Figure 9 : Analyses cartographiques des 8 indicateurs pour les variantes de tracé du barreau Montfleury

L'analyse des surfaces à fortes valeurs (Tableau 6) démontre que la variante T1 conduit à une importante destruction de surfaces à fortes valeurs, tandis que seule la variante T4 présente aucun enjeu sur les 3 services écosystémiques (zones de calme et naturelles, zones de connectivité - REG et infrastructure écologique).

Tableau 6: Somme des surfaces à fortes valeurs sur chaque variante

Variantes	Surface (en m ²)	Surface calme et naturelle (en m ²)	Surface REG (en m ²)	Surface infrastructure écologique (en m ²)	Somme des surfaces d'exclusion ou NO GO (en m ²)
T1	81'748	0	8'305	12'422	20'728
T2	71'413	0	0	2'737	2'737
T3 (partie à ciel ouvert)	29'337	0	1'027	1'845	2'873
T4	68'912	0	0	0	0
T5	89'661	0	0	935	935

Le classement des 3 indicateurs quantitatifs (Tableau 7) confirme que la variante T1 conduit à une perte de services écosystémiques plus significative que pour les autres variantes. Les tracés T3 et T4 présentent quant à eux les pertes les plus faibles.

A noter qu'un faible rang correspond à une valeur relative élevée en services écosystémiques et donc à une plus forte perte en cas de réalisation de la variante concernée. Elle n'implique néanmoins pas la perte systématique d'un service à haute valeur (exemple de l'indicateur canopée : au premier rang avec une valeur de 16% bien en dessous de l'objectif cantonal de 30%).

A noter que la valeur en m² de la variante T3 pour l'indicateur écosystémique de connectivité (REG) semble suspecte. Elle demanderait à être consolidée si l'analyse portait sur un cas réel et n'était pas une simulation ex post avec une prise de décision politique à la clé sur la variante à retenir.

Tableau 7: Valeurs moyennes et rangs des indicateurs de naturalité, de canopée et de perméabilité des sols

VARIANTE S	Moyenne de naturalité	% de canopée	% de zone perméable	Rang de naturalité	Rang de canopée	Rang de zone perméable	Moyenne des rangs
T1	1.3	15.2	82.1	1.0	2.0	1.0	1.3
T2	1.1	8.1	70.4	3.0	4.0	2.0	3.0
T3	0.9	9.2	42.3	5.0	3.0	5.0	4.3
T4	0.4	7.2	69.6	4.0	5.0	3.0	4.0
T5	0.9	16.2	50.6	2.0	1.0	4.0	2.3

4.2.4 Enseignements généraux

Cette étude de cas est intéressante car elle confronte des intérêts différents soit ceux de la protection de la santé humaine (avec un objectif de ne pas induire des nuisances sonores et les polluants dans les zones d'habitation qui caractérise la variante T5) avec ceux de la préservation de la biodiversité et des services écosystémiques (présents surtout sur le tracé T1, mais également pour les tracés T2, T3 et T4).

L'approche conduite dans le cas pratique a permis de mettre en lumière les éléments suivants:

- le tracé T4 présente le moins de pertes en matière de biodiversité et de services écosystémiques (parmi les variantes à ciel ouvert),
- les tracés (T1 et T3) traversent des zones dotés de services écosystémiques à fortes valeurs, mais les pertes en surfaces de très fortes valeurs sont limitées dans le tracé T3 grâce à l'enfouissement partiel de la route au droit de ces dernières.

Notons que, la variante T4 avait été évaluée comme peu favorable dans l'étude de variantes en raison de son emprise sur les surfaces d'assolement (SDA) et les zones de verdure.

L'apport d'une approche par services écosystémiques à l'EES qui a effectivement été conduite aurait par ailleurs permis :

- a. Une prise en compte plus représentative de l'influence indirecte du projet sur la santé humaine, et notamment sur les valeurs naturelles existantes présentes dans le périmètre qui contribuent au bien-être de la population comme par exemple l'accès à des espaces verts et relativement silencieux et à un îlot de fraîcheur créés par la canopée.
- b. Une mise en perspective de l'influence du projet vis-à-vis d'objectifs stratégiques supérieurs comme par exemple la question du bilan carbone du projet en phase de réalisation et la protection de la biodiversité au sens large.

Cette étude de cas a mis en exergue l'importance de distinguer la qualité et la quantité des surfaces impactées "porteuses" de services écosystémiques. Une telle analyse aurait peut-être fait pencher la balance en faveur de la variante T4 surtout au regard des surcoûts importants de la variante en tranchée et des externalités importantes en matière d'émission de CO₂eq en raison des travaux d'excavation, des matériaux de construction supplémentaires engagés, tous deux facteurs de fortes émissions de carbone.

Cet exemple nous invite également à la plus grande prudence lorsqu'il s'agit d'interpréter l'indicateur de connectivité REG car son relevé est grossier et induit une incertitude.

4.3 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

4.3.1 Apport des services écosystémiques à l'évaluations environnementale stratégique

L'intégration d'indicateurs de services écosystémiques et de la biodiversité aux méthodes d'analyse de l'EES à l'aide d'indicateurs dédiés permet de mettre en lumière des valeurs environnementales complémentaires et primordiales. Le processus décisionnel qui a conduit au choix de la variante du Barreau routier de Montfleury se serait probablement dérouler différemment si la biodiversité et les services écosystémiques avaient été intégrés pleinement dès la genèse de la démarche.

Par analogie aux zones protégées d'importance nationale, tels que les inventaires fédéraux dont l'atteinte doit être justifiée par d'autres intérêts d'importance nationale, l'intégration de surfaces à fortes valeurs écosystémiques et même de zones d'exclusion (NO GO) dans une EES pourrait justifier le renoncement précoce à certaines variantes de projet avant même leur évaluation détaillée, car celles-ci portent atteinte de manière trop importante aux valeurs écosystémiques du territoire. Cela permettrait de limiter l'érosion lente et rampante des valeurs naturelles du territoire et de mettre en avant les objectifs stratégiques de préservation et de renforcement de la biodiversité.

4.3.2 Limites des indicateurs des services écosystémiques

La présente étude a démontré la difficulté d'interpréter et mettre à jour certains indicateurs des services écosystémiques après prise en compte de la réalisation d'un projet (évaluation ex post), tels que celui de la mesh-size (fragmentation) et de la richesse en espèces de la flore.

Un spécialiste de la connectivité biologique peut interpréter ces cartes, mais l'appréciation visuelle reste à ce jour difficile pour un bureau d'étude qui reste en principe assez généraliste. De manière similaire, l'indicateur de la connectivité (REG) est difficile à appliquer sur de petites échelles (en raison de ses lignes dessinées à la main). La fragmentation et la connectivité étant intégrées dans l'indicateur de l'Infrastructure Ecologique (IE), il est recommandé d'ignorer ces deux indicateurs pour ne s'appuyer que sur celui de l'IE lors de l'étape 1.

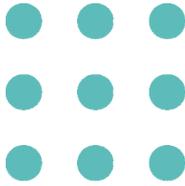
L'indicateur de la richesse floristique devra être modifié afin de pouvoir extraire le nombre d'espèces uniques par périmètre. Tant que ce travail ne sera pas accompli, cet indicateur ne devrait pas être déployé lors de l'évaluation des projets faute d'apporter une plus-value vis-à-vis des indicateurs quantitatifs et à forte valeur.

Finalement, certains indicateurs devraient être évalués par rapport à des objectifs à poursuivre à l'échelle des projets et du canton pour être efficaces et utiles, comme par exemple la définition d'un pourcentage à atteindre sur le territoire doté de zones calmes et naturelles.

4.3.3 Recommandations

Au final, à ce stade de nos connaissances et des données disponibles, nous recommandons les éléments suivants pour introduire les services écosystémiques dans les EES:

- (i) Intégrer dans les EES au moins deux indicateurs de valeurs fortes (infrastructure écologique et zone de calmes et naturelles) et trois indicateurs quantitatifs (la naturalité, la surface de canopée et les surfaces perméables) car ils se prêtent à des calculs simples, incitatifs et sont facilement assimilables et communicables à un large public.
- (ii) Poursuivre le développement des indicateurs de la biodiversité (richesse floristique, milieux menacés, etc.) et les services écosystémiques (surfaces importantes pour la détente, pour pollinisation, etc.) qui possèdent intrinsèquement un potentiel de qualification et d'orientation et pour lesquels la définition d'objectifs chiffrés est possible; obtenir un soutien politique aux objectifs quantitatifs proposés.
- (iii) Imposer que chaque planification directrice prévoit au moins une variante dans l'EES qui respecte les objectifs stratégiques nationaux dans les domaines de l'environnement soit 30% de surfaces protégées pour une Infrastructure Ecologique et neutralité carbone en 2050.
- (iv) Déployer un processus participatif pour identifier les services écosystémiques et leurs indicateurs à traiter et représenter dans les EES, et débattre de leur synergie et trade-off éventuels.



5. INTÉGRATION DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DANS LES PROCÉDURES

A Genève, sur la base du règlement d'application de l'ordonnance relative à l'étude de l'impact sur l'environnement et de son champ d'application (ROEIE), l'EES recouvre toute planification directrice ou sectorielle, tout plan d'affectation ou tout projet territorial, susceptible d'avoir des incidences notables sur l'environnement ou l'organisation du territoire.

A la question initiale de la faisabilité de l'intégration des services écosystémiques dans les EES, il est proposé de distinguer deux catégories de procédures avec une démarche méthodologique potentiellement distincte pour chacune d'entre elles:

- Une évaluation ponctuelle et rapide qui qualifie la performance environnementale d'une ou plusieurs variantes de projet;
- Un processus d'accompagnement environnemental stratégique qui suit la temporalité du processus de planification pour des planifications sur une échelle territoriale plus grande.

En effet, les bureaux d'étude, le service spécialisé, l'autorité compétente, qui devront respectivement établir, accompagner et évaluer puis décider des projets, mais également les architectes urbanistes pilotes de projets, seront confrontés à des situations spécifiques à chaque contexte territorial en fonction des procédures si bien qu'une standardisation n'aurait pas de sens.

5.1 QUELS INDICATEURS POUR QUELLE PROCÉDURE ?

L'intégration des services écosystémiques dans une EES a été testée itérativement dans différentes études de cas¹³. Cet exercice a non seulement permis de faire le lien entre l'échelle du projet et l'applicabilité d'un indicateur, mais il a surtout mis en évidence la capacité d'interprétation des indicateurs et la robustesse de ces derniers.

In fine, une sélection de six indicateurs est proposée pour débiter la mise en œuvre opérationnelle. Ces derniers sont applicables à l'ensemble des procédures. Le tableau ci-dessous synthétise cette proposition (Tableau 8).

La présente étude montre qu'au regard des indicateurs retenus et testés, l'échelle de projet est de moindre importance. C'est par contre la méthodologie

¹³ Les 7 études de cas réalisées dans le cadre de ce processus de test et de sélection des indicateurs sont les suivants : Barreau Montfleury, Lignon, Velours, Grottes, Bertrand, Mandat d'études parallèles (MEP) espaces publics les Vergers, MEP densification du village de Presinge.

d'intégration des services écosystémiques, la procédure et les différentes étapes d'évaluation qui offriront une réelle plus-value à l'intégration des services écosystémiques qui viennent compléter l'EES.

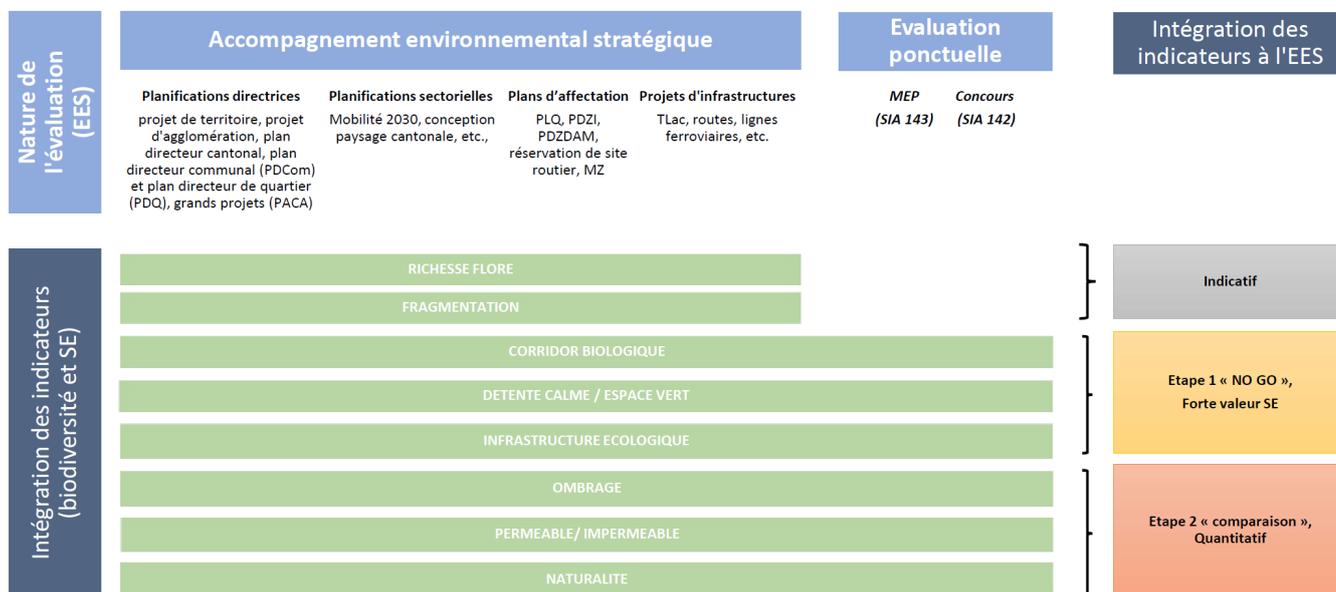


Tableau 8 : Correspondance entre les indicateurs étudiés et les types d'évaluations (Canton de Genève).

5.2 PRÉREQUIS

Afin de s'assurer de la capacité à réaliser l'évaluation des services écosystémiques, des prérequis sont indispensables et jalonnent la démarche. Ils sont essentiels au fonctionnement de la méthodologie d'intégration (proposée dans le chapitre suivant) pour assurer une évaluation cohérente et un résultat exploitable. Le présent chapitre liste ces prérequis pour:

- Les actions à réaliser et les rôles de chacun en fonction des procédures
- Les données et informations nécessaires
- Le cahier des charges

5.2.1 Actions et rôles

Sur la base de la pertinence des services écosystémiques, il est important de définir les rôles des différents acteurs tout au long du processus de projet.

Le tableau ci-dessous synthétise les éléments essentiels au bon fonctionnement de l'évaluation des services écosystémiques.

D'une part, les différents rôles dans le processus de projet :

- Responsable de la procédure
- Mandataire
- Service spécialisé (EES)

D'autre part, les différentes phases qui permettent de conduire un projet au travers de procédure d'EES ou d'une évaluation ponctuelle :

- Anticiper
- Développer le projet
- L'évaluer

Ce tableau de synthèse met en évidence l'importance d'anticiper le développement du projet dans le cadre de la présente démarche. En effet, c'est dans cette phase préliminaire que le cahier des charges ainsi qu'une présélection d'indicateurs sont réalisés permettant ainsi aux futurs développeurs d'intégrer dans le projet les données nécessaires au suivi et à la future évaluation des SE. Cette anticipation est commune aux 2 temporalités et est garante d'une intégration optimale des enjeux.

L'accompagnement environnemental stratégique met en évidence la complémentarité des acteurs qui co-construisent le projet dans le processus. Les mandataires et le service spécialisé sont les porteurs de l'EES y.c. les SE. Le service spécialisé pourra utiliser les SE dans le cadre de son évaluation et éventuelle pesée des intérêts.

L'évaluation ponctuelle distingue plus franchement le rôle du mandataire qui propose un projet et celui du service spécialité et de l'autorité qui l'évaluent. Dans ce sens, ces derniers doivent collaborer lors de l'évaluation et le service spécialité doit avoir un rôle d'expert pour apprécier les composantes environnementales d'un projet y.c les SE et pouvoir le faire rapidement. Dans ce sens, il choisira des critères qui peuvent répondre à ce besoin d'évaluation ponctuelle. Pour optimiser l'intégration des enjeux dans le processus de projet, il est recommandé que le service spécialisé soit au minimum expert dans ces procédures (MEP et/ou Concours SIA) mais prioritairement dans les membres du jury.

Tableau 9 : Définition des actions et des rôles

Rôles	1. Actions anticipées	Accompagnement environnemental stratégique (Temporalité longue)		Evaluation ponctuelle (Temporalité rapide)	
		2. Projet	3. Evaluation	2. Projet	3. Evaluation
Responsable procédure (Etat, communes, privés)	<ul style="list-style-type: none"> → Rédige le cahier des charges, intègre les phrases types et adaptées au contexte sur les services écosystémiques fournies par le service spécialisé → Transmet les données de bases nécessaires pour répondre à la demande 	<ul style="list-style-type: none"> → Co-construction du projet avec les mandataires 	<ul style="list-style-type: none"> → Oriente les variantes → Choisit la variante finale → Fait la pesée des intérêts globaux à l'échelle du projet 	/	<ul style="list-style-type: none"> → Est membre du jury ou expert → Intègre les composantes environnementales y.c. les services écosystémiques dans l'évaluation des projets
Mandataires (Bureau d'étude environnement, architectes, urbanistes, ...)	/	<ul style="list-style-type: none"> → Est force de proposition pour les variantes de projet → Participe au processus itératif → Réalise l'EES y.c. le volet services écosystémiques → Préconisations et adaptations 	/	<ul style="list-style-type: none"> → Réalise un projet qui répond aux enjeux du cahier des charges → Transmet les données demandées nécessaires à l'évaluation des services écosystémiques 	/
Service spécialisé	<ul style="list-style-type: none"> → Présélectionne les indicateurs à évaluer en fonction des objectifs de l'étude → Transmet le chapitre dédié du cahier des charges au responsable de la procédure 	<ul style="list-style-type: none"> → Valide les indicateurs des services écosystémiques évalués → Co-construit le projet avec les mandataires → Suit et accompagne la démarche de l'EES y.c. le volet services écosystémiques 	<ul style="list-style-type: none"> → Choisit et évalue les variantes dans le cadre du processus itératif → Argumente la pesée des intérêts sous l'angle environnement y.c. le volet services écosystémiques → Emet des « avis » / recommandations ou des « préavis » dans le cadre des procédures 	/	<ul style="list-style-type: none"> → Est membre du jury ou expert → Evalue avec des multicritères les projets selon le cahier des charges et les données reçues (environnement + services écosystémiques) → Met en œuvre la méthodologie des fiches indicateurs pour les services écosystémiques

Les actions anticipées sont identiques pour les 2 temporalités.

L'EES constitue un outil d'accompagnement et d'aide à la décision : le choix final appartient au responsable de la procédure, l'autorité compétente ou au politique.

5.2.2 Informations nécessaires

Afin d'assurer une évaluation adéquate des indicateurs, il est nécessaire d'anticiper les besoins en données qui vont permettre ou non l'intégration des services écosystémiques dans l'EES. En effet, les six indicateurs potentiellement évalués nécessitent des informations de base pour permettre leur évaluation, notamment quantitative.

Au-delà de la plus-value de mener une concertation pour le choix des indicateurs, le cahier des charges est un jalon clé de la démarche. Il va permettre d'une part de transmettre aux futurs mandataires les informations de base et des orientations, le cas échéant à fait valider dès ce stade, pour développer un projet répondant aux attentes fixées, et d'autre part de définir les livrables requis pour assurer l'évaluation du projet au regard des services écosystémiques.

Données minimales que le responsable de la procédure doit fournir avec le cahier des charges. Il s'agit de prérequis à la réalisation de l'évaluation des services écosystémiques:

- Cartographie ex ante de tous les réseaux souterrains et aériens;
- Qualité des sols ex ante (étude pédologique) pour identifier les sols non naturels et remaniés ce qui est déterminant pour définir la naturalité;
- Cartographie ex ante de la naturalité (y.c. les surfaces imperméables, surfaces de sols perméables remaniés et sols perméables « naturels »);
- Cartographie ex ante de la surface de la canopée;
- Cartographie des surfaces prioritaires pour la plantation d'arbres et des trous dans les corridors (voir projet NOS-ARBRES);
- Cartographie ex ante des zones à fortes valeurs (infrastructure écologique, connectivité existante-REG, zone de calmes et naturelles).

Données minimales que le mandataire doit transmettre pour l'évaluation

- Cartographie ex ante et ex post de tous les réseaux souterrains et aériens ;
- Cartographie ex post des bâtiments;
- Cartographie ex ante et ex post de la naturalité (y.c. les surfaces imperméables, surfaces sols perméables remaniés et sols perméables « naturels »);
- Cartographie de la surface de couronnes canopée 20 ans après le projet, contextualisé avec la carte des surfaces prioritaires pour la plantation et les corridors (voir projet NOS-ARBRES);
- Cartographie ex ante et ex post des zones à fortes valeurs (infrastructure écologique, zone de calmes et naturelles).

5.2.3 Cahier des charges type

Une phrase type est proposée dans la fiche descriptive de chaque indicateur afin d'uniformiser la rédaction des cahiers des charges (annexe 2).

Ce paragraphe devra néanmoins être probablement adaptée au contexte territorial de chaque projet sans en altérer l'ambition.

5.3 MÉTHODOLOGIE D'INTÉGRATION

Sur la base des études de cas et des résultats obtenus, une mise en œuvre simplifiée est proposée. La proposition d'intégrer les services écosystémiques dans les EES concerne uniquement les six indicateurs pour lesquels une évaluation est actuellement envisageable. Le dispositif d'intégration se compose des trois étapes schématisées ci-dessous :

Etape 1: Vérifier la compatibilité du projet avec les secteurs de forte valeur en services écosystémiques sur la base de l'identification des zones d'exclusion ou de « NO GO »;

Etape 2: Evaluer les objectifs et les seuils des indicateurs quantifiables et comparaison des variantes de projet;

Etape 3: Dérouler une EES avec l'ensemble des services écosystémiques et indicateurs pertinents.

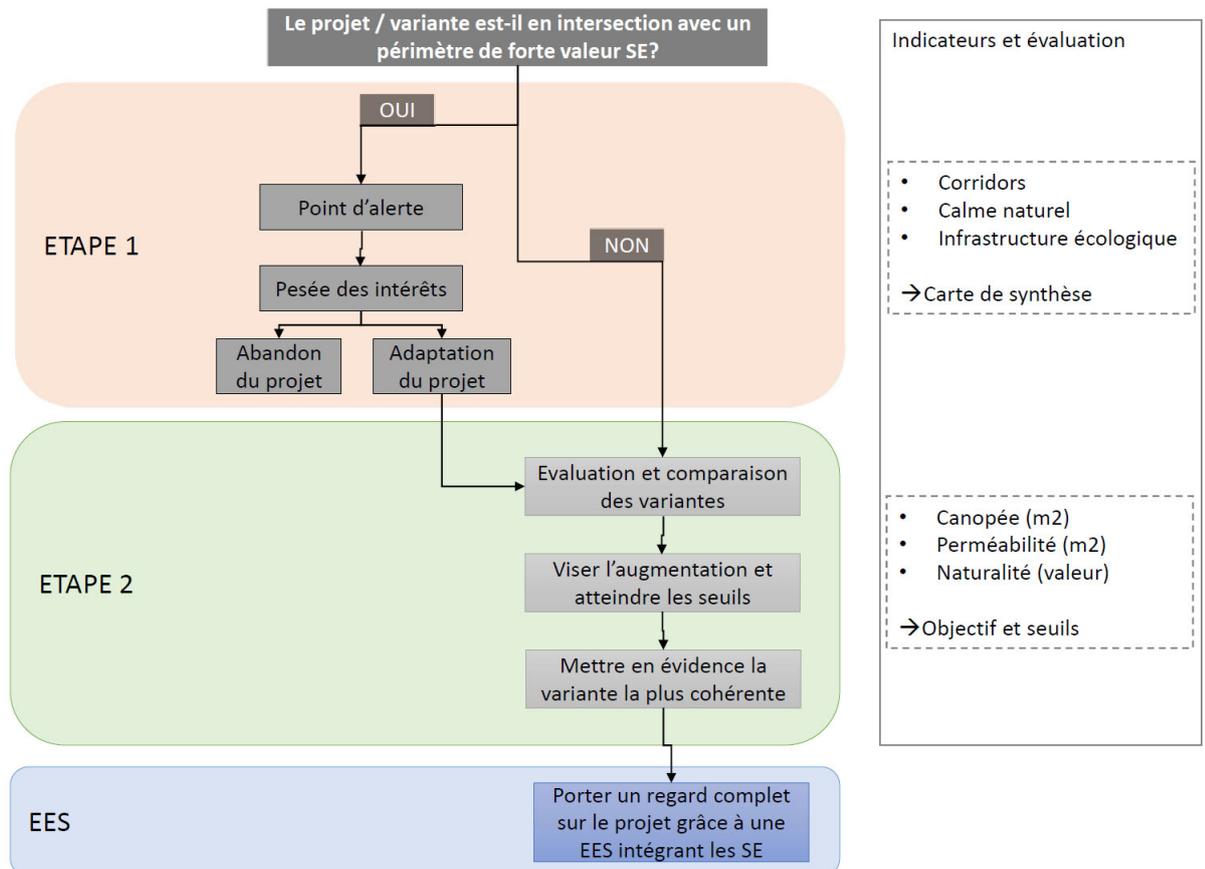


Figure 10 : Méthodologie d'intégration des services écosystémiques

Le terme « abandon du projet » est très affirmé et s'érige sans base légale à l'appui. Cependant, il entend préciser que ce sont les zones à forte valeur dans

lesquels une intervention doit être considérée comme impactante et à éviter.

Chaque indicateur fait l'objet d'une fiche descriptive détaillée qui permet d'en réaliser l'évaluation (Annexe 2 : Fiches descriptives des SE).

Pour rappel, le choix des indicateurs retenus doit être consolidé en fonction du contexte territorial de l'étude et si possible au travers d'un processus participatif.

5.4 MISE EN ŒUVRE OPÉRATIONNELLE

La méthodologie proposée correspond actuellement aux étapes d'opportunité et de vérification de la faisabilité des planifications et projets. Au regard des études de cas et des tests sur l'applicabilité des indicateurs, elle semble être la plus pragmatique pour amorcer une évolution de l'outil EES intégrant la notion de services écosystémiques. La démarche proposée ouvre un champ des possibles pour une application pratique large, un ancrage administratif, dans les pratiques, voire même au niveau réglementaire des services écosystémiques par cette méthode somme toute assez simple.

Cependant, l'évaluation des indicateurs choisis nécessite encore une période de test et de rodage sur des cas concrets et réels afin de confirmer leur potentiel de mise en œuvre opérationnelle et affiner la méthodologie.

5.4.1 Recommandations

Pour la suite des opérations, nous proposons de conduire les clarifications suivantes:

- a. Conduire une concertation avec les parties prenantes au sein de l'administration cantonale, notamment l'office de l'urbanisme
- b. Confirmer la mise en œuvre opérationnelle de la méthode proposée par une mise en pratique sur quelques projets pilotes
- c. Ajuster les indicateurs et la méthodologie en fonction des résultats obtenus sur des cas réels
- d. Travailler de manière concertée à la définition d'objectifs cibles pour les projets
- e. Mettre en ligne les données cartographiques nécessaires sur le service d'information du territoire genevois (SITG)
- f. Former les futurs acteurs à cette nouvelle démarche
- g. Implémenter cette évolution de l'évaluation environnementale stratégique intégrant l'évaluation des services écosystémiques éventuellement aux autres réflexions en cours au sein du service spécialisé et les discuter avec la Confédération dans le cadre des outils d'évaluation du développement durable (EDD) et de l'évolution des effets sur l'environnement (EEE).

En parallèle, une information plus générale à la Confédération (OFEV, ARE, OFT, OFROU, OFEN) pourrait être appropriée avec pour objectif de partager les réflexions en cours qui mettent en évidence non seulement une optimisation avérée de l'EES mais également une transversalité dans les démarches qui permettent de valoriser les services écosystémiques dans les projets environnementaux, d'aménagement, de transport, routiers et

énergétiques.

5.4.2 Compétences

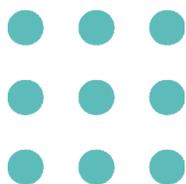
Le déploiement de la démarche doit être accompagné d'un développement des compétences dans l'utilisation des données cartographiques et leur interprétation, mais également dans la compréhension des services écosystémiques (capacity building).

Les connaissances doivent se développer non seulement dans les milieux académiques pour proposer des services écosystémiques robustes et exploitables au service du projet, mais également chez les acteurs de projet de l'aménagement du territoire (Etat de Genève, architectes, urbanistes, ingénieurs en environnement, etc.). C'est cette double montée en puissance qui permettra d'assurer une cohérence entre la théorie et l'ancrage opérationnel des services écosystémiques.

Les bases de connaissance nécessaires pour appréhender les premiers projets pilotes sont les suivantes :

- Savoir utiliser un outil de système d'information géographique (ArcGis d'Esri ou Qgis) en complément à la disponibilité des données SITG;
- Se référer et suivre la méthodologie d'évaluation de chaque indicateur disponible en annexe;
- Ressource complémentaire : cours en ligne.

<https://www.coursera.org/learn/ecosystem-services> « Ecosystem Services: a Method for Sustainable Development ».



6. PERSPECTIVES

6.1 DURABILITÉ ET TRANSITION ÉCOLOGIQUE

6.1.1 La qualité de vie

L'intégration des services écosystémiques dans l'accompagnement des projets permettra le développement de quartiers et d'infrastructures qui évitent et réduisent davantage encore leurs impacts et qui améliorent la naturalité ainsi que la qualité des milieux naturels au sein d'un périmètre. C'est un objectif global poursuivi non seulement par les politiques sectoriels et spécialistes du domaine de l'administration mais également par les instances politiques qui recherchent davantage de qualité dans les projets développements urbains du canton et de l'agglomération.

6.1.2 Objectif neutralité carbone 2050

L'indicateur en lien avec le carbone n'est pas encore opérationnel et, de ce fait, n'a pas été retenu dans le cadre de la présente étude de faisabilité. Cet indicateur sera néanmoins un indicateur clé à l'avenir que le service spécialisé projette de développer dans un futur proche.

En effet, il sera essentiel de suivre les engagements nationaux et cantonaux pour intégrer cette composante dans les EES sous trois angles :

- les émissions de CO₂;
- la séquestration du carbone et;
- l'adaptation aux changements climatiques.

A l'avenir, un projet singulier devrait toujours apporter par lui-même une plus-value à un ou plusieurs objectifs nationaux et montrer comment il répond à son échelle à l'engagement national.

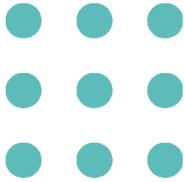
Actuellement, les externalités négatives du changement climatique, appréhendé de manière essentielle dans l'approche par le bilan carbone même simplifié, ne sont malheureusement pour l'instant pas encore intégrées dans des bases légales fédérales et cantonales clairement contraignante. Là aussi, une analyse juridique du corpus législatif serait utile pour identifier les marges de manœuvre.

6.2 LE BIM

L'évolution des technologies, comme le Building information modeling (BIM), ouvre des options pour le futur dans la gestion de projet. On peut imaginer que les composants d'un BIM pourraient dans un avenir proche intégrer l'évaluation des services écosystémiques et ainsi faciliter les méthodologies décrites dans les fiches descriptives des indicateurs.

Comme les évaluations sont réalisées grâce à des données cartographiques géoréférencées, elles entrent complètement dans les fonctionnalités du BIM. Le développement de ces nouveautés technologiques est une piste à envisager et à suivre au sein de l'administration cantonale qui tend depuis quelques années au développement d'outils numériques qui répondent à ces attentes notamment en travaillant sur des visuels 3D des projets soumis à autorisation de construire¹⁴.

¹⁴ <https://ge.ch/sitg/calendrier/espace-public/maquette-numerique-3d-du-quartier-la-piece-1371>



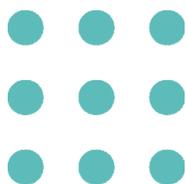
7. CONCLUSIONS

Cette étude de faisabilité a confirmé l'intuition initiale : l'évaluation environnementale stratégique et les services écosystémiques sont deux concepts et outils complémentaires. Les combiner constitue une réelle plus-value et un bénéfice au profit de la démarche du projet et du développement de la qualité environnementale visée à l'échelle cantonale.

Il existe une masse d'informations disponibles pour renforcer les EES avec les services écosystémiques. La démarche menée dans cette étude a permis d'identifier deux axes clés:

- La méthode permet d'identifier des périmètres à protéger qui ont une très forte valeur en combinant trois indicateurs écosystémiques (zones d'exclusion ou NO GO);
- La méthode proposée permet une quantification et une comparaison ex ante et ex post vis-à-vis de certains indicateurs écosystémiques et apporte ainsi une réelle plus-value au projet.

Malgré une étude cas prometteuse sur un projet d'infrastructure routière, la méthodologie d'intégration des services écosystémiques à l'EES n'est pas encore prête à être déployée. Un processus de maturation et d'affinement de la méthodologie doit encore être conduit pour, d'une part, intégrer les parties prenantes à la démarche et, d'autre part, éprouver la méthodologie et les cartographies obtenues sur des cas pilotes en conditions réelles.



8. LISTE DES ABRÉVIATIONS ET GLOSSAIRE

EEE : Evaluation des effets sur l'environnement

EES Evaluation environnementale stratégique

EIE : Etude de l'impact sur l'environnement

Evaluation ex ante : Evaluation sans projet

Evaluation ex post : Evaluation avec projet / variantes

Fragmentation : mesure de morcellement du paysage terrestre

GES : Gaz à effet de serre

IE : Infrastructure écologique

Mesh Size : Indicateur de la fragmentation. Une valeur élevée indique un paysage ou territoire relativement « intact » qui n'a pas été fragmentée par des activités humaines (routes, bâtiments)

NO GO : Zone d'exclusion qui se matérialise par des secteurs de forte valeur en services écosystémiques dans lesquels une intervention doit être considérée comme impactante et à éviter. Ces zones d'exclusion ou de « NO GO » sont la somme de 3 indicateurs : corridor, calme naturel et infrastructure écologique

OCAN : Office cantonale de l'agriculture et de la nature, Etat de Genève, Département du territoire (DT)

OCEV : Office cantonal de l'environnement

OFEV : Office fédéral de l'environnement

PPP : Politique, programmes et projets

REG : Réseau écologique genevois

Richesse floristique : Nombre d'espèces (flore)

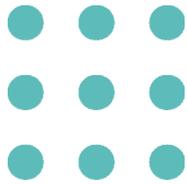
SBG2030 : Stratégie Biodiversité Genève 2030

SE : Services écosystémiques

SERMA : Service de l'environnement et des risques majeurs, Office cantonal de l'environnement, Etat de Genève, Département du territoire (DT)

SITG : Système d'information du territoire à Genève

UniGE : Université de Genève.



9. ANNEXES

Annexe 1 : Indicateurs des SE – Tableau de synthèse

Annexe 2 : Fiches descriptives des SE

Annexe 3 : Tableau synergies EIE et SE

Annexe 4 : Revue de la littérature – UNIGE

9.1. INDICATEURS DES SE – TABLEAU DE SYNTHÈSE

Type de SE	#	Service Ecosystémique (SE)	Indicateurs	Description de méthode	Retenu?
Soutien Biodiversité	1	Richesse spécifique	RICHESSE FLORE	modélisation relation espèce-milieux, atlas, expert	OUI
	2	Richesse spécifique	RICHESSE FAUNE	Relation espèce milieux données faune et cscf / milieu naturel ge et experts	NON, car effort d'échantillonnage trop biaisé
	3	Connectivité	FRAGMENTATION PAYSAGE TERRESTRE	MESH size qui indique le morcellement (OFEV, C3)	OUI
	4	Connectivité	CONNECTIVITE (CERF)	Données radio télémétriques (OFEV S2)	NON, car un seul taxon
	5	Connectivité	REG14 CORIDORS BIOLOGIQUES	Corridors nécessaires pour la connectivité biologique par avis d'expert	OUI
	6	Milieux menacés	MILIEUX MENACES	Liste rouge UICN-Suisse des milieux menacés	POTENTIEL, mais peut-être redondant avec EIE
	7	Soutiens à la biodiversité	GRANDS ARBRES	Arbres de grande taille (>80cm dbh) capable de soutenir d'autres espèces	POTENTIEL, mais n'a pas encore été testé
	8	Richesse milieu	DIVERSITE MILIEUX	Index de diversité Shannon sur 7 classes de milieux (OFEV C4)	NON, car interprétation peu intuitive
Services écosystémiques régulation	9	Micro-climat naturelle et gris	ILOT DE FRAICHEUR	Analyse température de surface par image satellite (OFEV SA5)	POTENTIAL, mais on doit maîtriser comment intégrer l'influence du gris (ingénierie)
	10	Protection contre éboulements	FORET PROTECTRICE	Forêts, classe protection (OFEV S61)	NON, car couvert par la loi
	11	Protection contre crues	ZONE DE RETENTION EAU	Données cantonale espace minimal, zone renaturée, zone indicative (OFEV, S62)	NON, car couvert par la loi et enjeux hors canton
	12	Protection contre changement climatique	STOCKAGE DU CARBONE	raster lulcf de stock c02 dans le sol (OFEV S63)	NON, car ne tient pas compte des milieux aquatiques
	13	Approvisionnement eau potable	EAU POTABLE	périmètre de protection (OFEV; E1)	NON, car couvert par la loi
	14	Pollinisation	MILIEUX PROPICE POUR LES ABEILLES SAUVAGES	analyse InVEST	POTENTIEL, mais on ne sait pas si la pollinisation est limitée
	15	Régulation espèces envahissantes	HABITAT NON COLONISE ESP ENVAHISSANTE	index entre 0 (colonisé par au moins 28 espèces envahissantes) and 28 (aucune envahissante) (OFEV R1)	NON, car reflète les perturbation plus que la résilience
	16	Régulation	RETENTION PHOSPHORE	InVEST Nutrient Delivery Ratio (SDR) model map nutrient sources from watersheds and their transport to the stream. (OFEV R9)	NON, car trop abstrait
	17	Micro-climat naturelle	SURFACE CANOPEE	canopée obtenue à partir des données lidar 2017 (OFEV R10)	OUI
	18	Epuration micro-polluants	PARTICULE FINE CAPTEE PAR FEUILLE	analyse image satellite sentinel2 pour obtenir surface foliaire LAI = 0.57*e(2.33*NDVI)*100. (OFEV R12)	NON, car redondant avec ombrage
	19	Protection contre changement climatique	SEQUESTRATION CARBONE SOL	Invest analyse Veronica Ruiz (OFEV S6)	NON, car milieux pertinents sont figés
20	Réduction érosion sols fertiles	RETENTION SEDIMENT	InVEST Sediment Delivery Ratio (SDR) model map overland sediment generation and delivery to the stream based on DEM (OFEV R5)	NON, car peu intuitif	
Services écosystémiques d'approvisionnement	21	Approvisionnement nourriture et bois	FERTILITE SOLS AGRI ET FORET	SDA et forêt productive dans le cadafor (OFEV E3)	POTENTIEL, mais difficile d'obtenir données fiables hors zones agricoles
	22	Energie	POTENTIEL EOLIEN	couche de la confédération (OFEV E8)	NON, car peu pertinent
	23	Médicaments	ABONDANCE ESP MEDICINALE	species diversity in a 200m radius on flora species observation (after 1998) (OFEV A6)	NON; car peu pertinent
Services écosystémiques socio-culturelles	24	Détente	DETENTE ACCESSIBILITE	analyse réseau arcgis, nbre de personne ayant accès à une sélection de polygones naturels (parc et eau) (OFEV SA2)	NON, car focus sur les adresses résidentielles
	25	Détente	DETENTE QUALITE PAYSAGE	indice OPS, modélisation de la qualité du paysage basé sur des sondages dans quelques villes suisse. (OFEV SA2)	NON, car rendu étrange
	26	Détente	DETENTE EN MILIEUX NATURELS et CALMES	Zones db<40 (ou db<50 avions) et naturalité 2-4	OUI
	27	Détente	DENSITE DE CHEMINS	Densité de chemins pour la promenade, jogging, cheval (OFEV C12)	POTENTIEL, mais trop de faux positif et faux négatifs
	28	Détente	DETENTE ZONE URBAINE	cartographie des espaces verts accessibles en milieu urbain (OFEV SA3)	POTENTIEL, mais trop de faux positif et faux négatifs
	29	Identité, Inspiration	IFP	Inventaire Fédérale du Paysage (OFEV SA4)	NON, car couvert par la loi
Indicateurs de synthèse	30	Mesure de l'impact humain	NATURALITE	Classification des milieux naturel en 5 catégories d'influence humaine	OUI
	31	Mesure de l'activité humaine	TRAME NOIRE	analyse de champ de vision sur le canton à partir de données lampadaires SIG. trame noire si 0 lampadaire visible dans le pixel (OFEV S8)	PEUT-ETRE, mais redondant avec d'autre indicateurs?
	32	Mesure de l'impact minéral	PERMEABLE/ IMPERMEABLE	Artificiality index = Log10 pervious - Log10 impervious . Pervious and impervious are 2 raster based on habitat map calculated by focal statistics in a 56m radius .	OUI
	33	Mesure de la qualité de la nature	INFRASTRUCTURE ECOLOGIQUE	Intégration de la biodiversité, connectivité et les services écosystémiques	OUI

9.2. FICHES DESCRIPTIVES DES SE

PROJET SE-EES – RICHESSE FLORISTIQUE

Nom de l'indicateur

Indice de richesse floristique

Domaine d'application



Type d'évaluation

Cet indicateur permet une évaluation qualitative.

Objectif

De manière générale, les zones d'un périmètre à la richesse floristique supérieure doivent être protégées par rapport aux zones où la richesse est plus faible.

Description

La richesse floristique est le nombre d'espèces de plantes vasculaires prédites par unité de surface, sur le canton de Genève. Ce chiffre est utilisé comme un des indicateurs principaux de la « biodiversité ».

Illustrations cartographiques de l'objectif

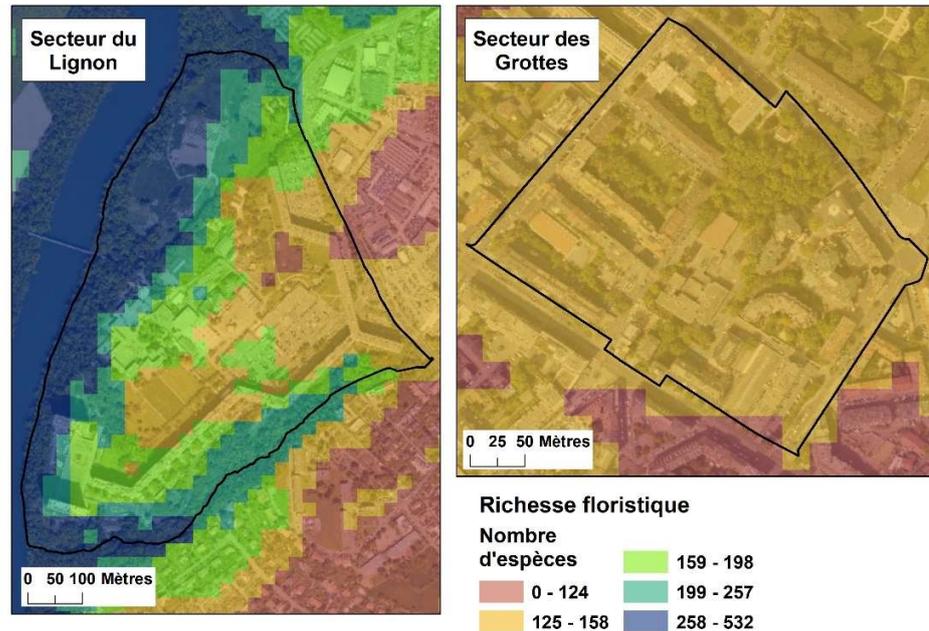


Figure 1: Exemples de richesse floristique potentielle des secteurs du Lignon et des Grottes.

Interprétation

Les espèces et leur diversité forment la base des valeurs intrinsèques de la nature (on protège les espèces pour leur propre raison d'être) mais également des valeurs utilitaires (on protège les espèces car elles contribuent directement et indirectement à notre bien-être). Dans les deux cas, la biodiversité est perçue comme souhaitable. Les espèces indigènes ne sont pas distinguées des espèces introduites.

Le nombre d'espèces théorique par milieu est calculé par modélisation. En résumé, des observations de terrain (n=205'858) récentes (depuis 2000) permettent d'associer 1460 espèces végétales avec des types de milieux (issus de la carte des milieux naturels) et d'autres facteurs environnementaux. Ce modèle permet de prédire (avec une probabilité de 0 à 1) la présence de chaque espèce sur des surfaces de 25m x 25m. Le nombre d'espèces par pixel (25m x 25m) est la somme des probabilités de présence des 1460 espèces. Un exemple théorique avec 20 espèces illustre comment le nombre d'espèces par pixel est obtenu :

$0 + 0.05 + 0 + 0.1 + 0.01 + 0.4 + 0 + 0 + 0.2 + 0.5 + 0.1 + 0.1 + 0.2 + 0 + 0 + 0.1 + 0.1 + 0 + 0 + 0 = 1.77$, soit 2 espèces (résultat arrondi à l'unité).

Source de donnée

La carte de la richesse spécifique est disponible en téléchargement [ici](#) (format shapefile) ainsi que sur le [site de GE-21](#).

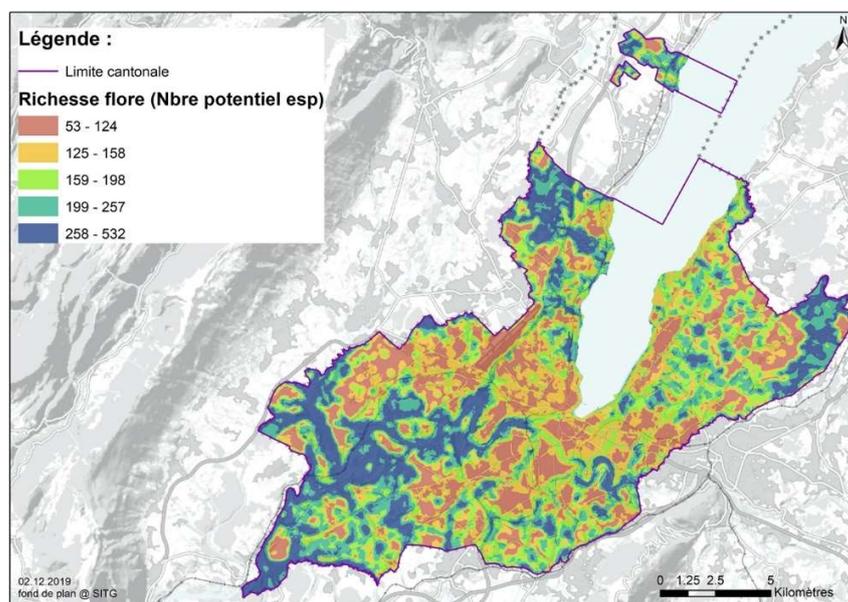
Exemples**1) Utilisation dans la planification territoriale**

Figure 2: Carte de la richesse floristique modélisée du canton de Genève.

La carte peut être utilisée à titre informatif au niveau cantonal ou communal pour identifier les zones à forte richesse spécifique lors de la planification territoriale, dans le but de ne pas développer les parties du canton

particulièrement riches en espèces floristiques. Cependant, il n'existe pas de seuil clair en matière de nombre d'espèces par surface à respecter, car certains milieux peuvent naturellement accueillir peu d'espèces.

2) Comparaison de variantes de projets

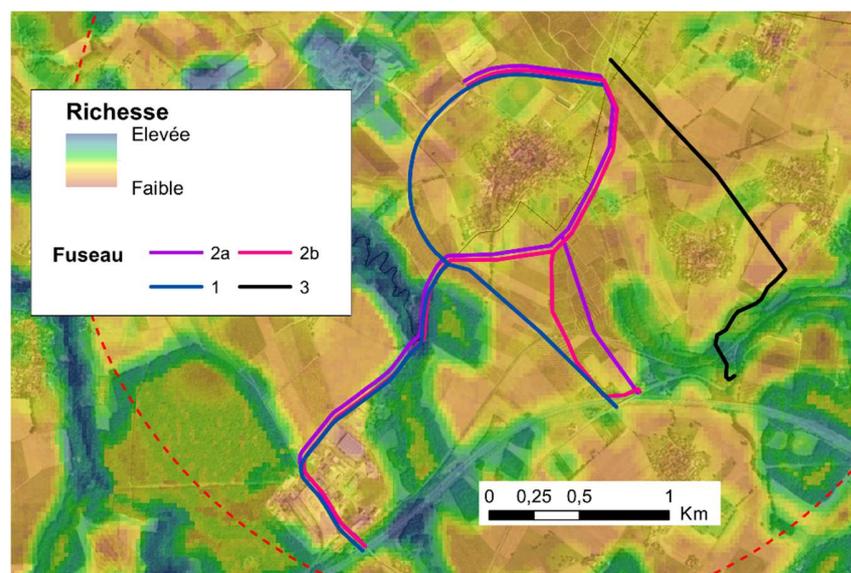


Figure 3: Comparaison de variantes de tracés de routes à Soral.

L'indicateur peut également servir à comparer plusieurs variantes de projets. La valeur médiane du nombre d'espèces sur un périmètre de projet donne une indication relative de la valeur existante, ce qui permet de classer des variantes.

Toutefois, l'indicateur ne tient pas compte de la répétition des espèces. En effet, des pixels contigus peuvent par exemple présenter le même nombre d'espèces, mais l'indicateur ne permet pas de savoir si ces espèces sont les mêmes entre les deux pixels.

Pour toute question relative à l'indicateur, contacter martin.schlaepfer@ge21.ch.

PROJET SE-EES - NATURALITE

Nom de l'indicateur

Indice de naturalité locale

Domaine d'application



Type d'évaluation

Evaluation quantitative du score de naturalité (état initial, état futur avec et sans projet).

Objectif

Une valeur moyenne de naturalité de 2.0 est préconisée au niveau cantonal, car une telle valeur correspond à un état qui respecte les objectifs d'Aichi (avec environ 30% de la surface comme zones réservoirs et corridors, ainsi qu'avec un minimum de surface imperméabilisées).

Description

La naturalité est une mesure de l'influence humaine sur les milieux « naturels ». L'indicateur capte de manière générique un panier de services écosystémiques liés à des milieux « vivants » et « non perturbés ».

Illustrations cartographiques de l'objectif

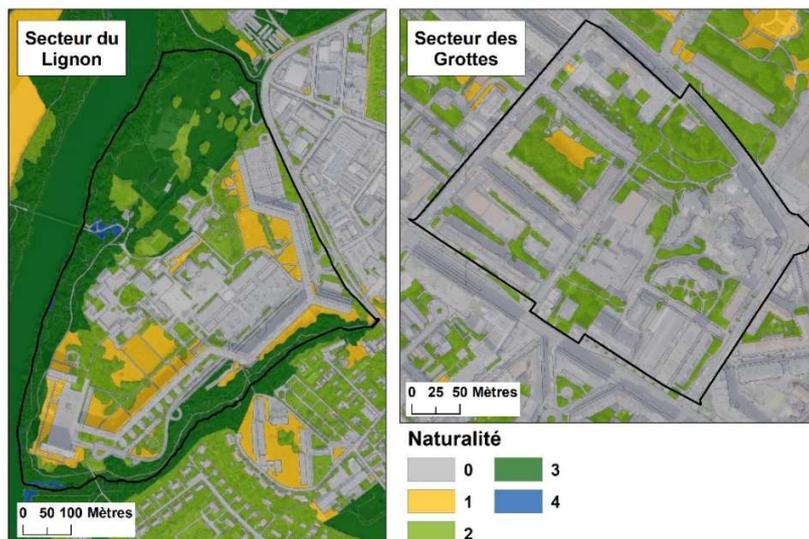


Figure 1: Naturalité des secteurs du Lignon et des Grottes, dont les scores s'élèvent respectivement à 1.53 et 0.46.

Interprétation

La valeur dans un périmètre de projet concerne uniquement le milieu et ne prend pas en compte les écosystèmes environnants. Si l'on connaît les intentions d'un projet, on peut calculer la valeur moyenne de la naturalité avant et après le projet. Un projet sera bien évalué si le score de naturalité moyen augmente.

Référentiel cantonal

Chaque polygone de la carte des milieux naturels est classé dans l'une des 5 catégories, avec une valeur croissante de naturalité :

Tableau 1 : Description des catégories de naturalité

Score de naturalité	Description
0	Milieu anthropique, avec surfaces imperméables (routes, bâtiments, place de stationnement goudronnée, terrain synthétique)
1	Milieu anthropique, avec surfaces perméables mais compactées ou altérées fréquemment (parking en gravier, sentiers, terrain de sport)
2	Milieu semi-naturel, avec surfaces perméables et peu perturbées (jardins de villas, certains parcs, vergers haute-tige, toitures végétalisées, forêts de production)
3	Milieu avec sol « pleine terre » : surfaces de milieux naturels mais avec influence humaine (par la gestion ou mesures de conservation, par ex. les lacs et cours d'eau avec débit régulé, talus, forêts gérées)
4	Milieu sauvage : surfaces de milieux naturels sans intervention humaine

Source de donnée

Pour établir l'état initial, la carte des milieux naturels est reclassifiée pour faire une correspondance avec la naturalité.

Pour établir l'état futur, le porteur du projet devra définir la classe de naturalité qui sera attribuée à chaque composante du plan des aménagements paysagers. Un tutoriel détaillant plus précisément la marche à suivre est disponible.

Exemple

Calcul du score de naturalité pour un périmètre d'une surface totale de 11'300 m². Les données nécessaires sont les surfaces attribuées à chaque catégorie de naturalité avant le projet et pour les deux variantes de projet. Le cas ci-dessous représente un périmètre principalement agricole (catégorie 2) qui sera déclassé et affecté à des logements, avec des variantes qui diffèrent dans leurs emprises au sol et leurs types d'aménagements.

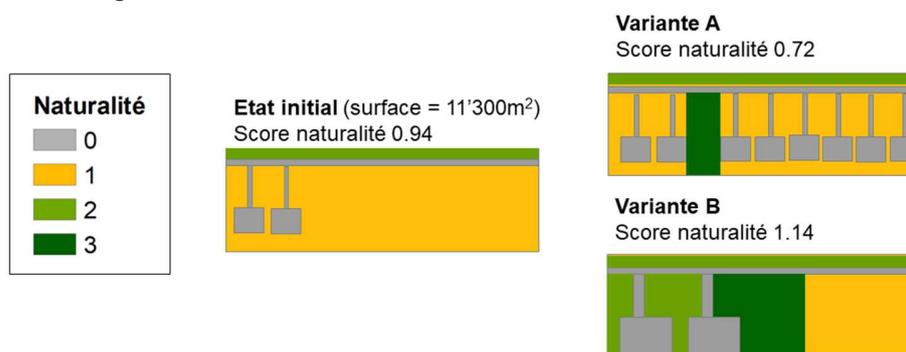


Figure 2: Recouvrement des catégories de naturalité sur le périmètre, avant le projet et pour les deux variantes.

Connaître les surfaces correspondant à chaque catégorie de naturalité est nécessaire pour calculer l'indice de naturalité.

Tableau 2: Surfaces appartenant à chaque catégorie de naturalité en fonction des variantes de projet, pour une surface totale de 11'300 m².

Catégorie de naturalité	Surfaces (m ²) pour chaque catégorie		
	Etat initial	Projet variante A	Projet variante B
0	1000	5000	4000
1	10'000	5000	3500
2	300	800	2000
3	0	500	1800
4	0	0	0
Score de naturalité	0.94	0.72	1.14

Le score de naturalité est calculé avec une moyenne pondérée :

$$\text{Score de naturalité} = \frac{\sum \text{classe de naturalité}_i \times \text{surface de classe}_i}{\text{Surface totale}}$$

Ainsi, le score de naturalité de l'état initial de l'exemple correspond à :

$$\frac{0 \times 1000 + 1 \times 10000 + 2 \times 300 + 3 \times 0 + 4 \times 0}{11300} = 0.94$$

Dans l'exemple hypothétique donné ci-dessus, la variante B propose non seulement un meilleur score de naturalité que la variante A (car elle crée 20% de moins de surfaces imperméables et plus de 30% de surfaces « naturelles » avec des scores de 3 ou 4) mais en plus elle améliore le score de naturalité par rapport à l'état initial.

Tutoriel de mise en œuvre

- **Carte des milieux** (1:5000) du SITG, à télécharger: <https://ge.ch/sitg/fiche/4110>
- **Périmètre / plan du projet**, géoréférencé et digitalisé, en format vecteur (exemple: shapefile)
- **Tableau de correspondance** entre naturalité et milieux, à télécharger [ici](#) ou sur ge21.ch

- **Etat initial**: jointure entre le tableau de correspondance et la carte des milieux, afin d'obtenir la catégorie de naturalité pour chaque polygone (champs en commun: CODE_5 et CAT_MN_5)
- **Etat futur**: Attribution d'une catégorie de naturalité (0-4) à chaque polygone du projet (par exemple avec ArcGIS, utiliser barre d'outils *Editor*)
- Calcul des **surfaces** du périmètre du projet appartenant à chaque catégorie de naturalité (avec ArcGIS, utiliser *Summary Statistics*)
- Application de la **formule** de naturalité pour les deux états (initial et futur)

- Idéalement, un projet de développement ne devrait pas dégrader le score de naturalité du périmètre concerné. Un score de naturalité le plus **élevé** possible est souhaitable.
- Lorsqu'un projet possède plusieurs **variantes**, il est préférable de choisir celle qui fait le moins baisser le score de naturalité ou, mieux, l'augmente.

Exemple

Carte des milieux du SITG pour un périmètre donné (en noir) d'une surface totale de 59'110 m², avec une zone tampon de 100 m pour mieux visualiser les milieux environnants. La classe de naturalité correspondant à chaque milieu représenté provient du tableau de correspondance (cf. annexe).

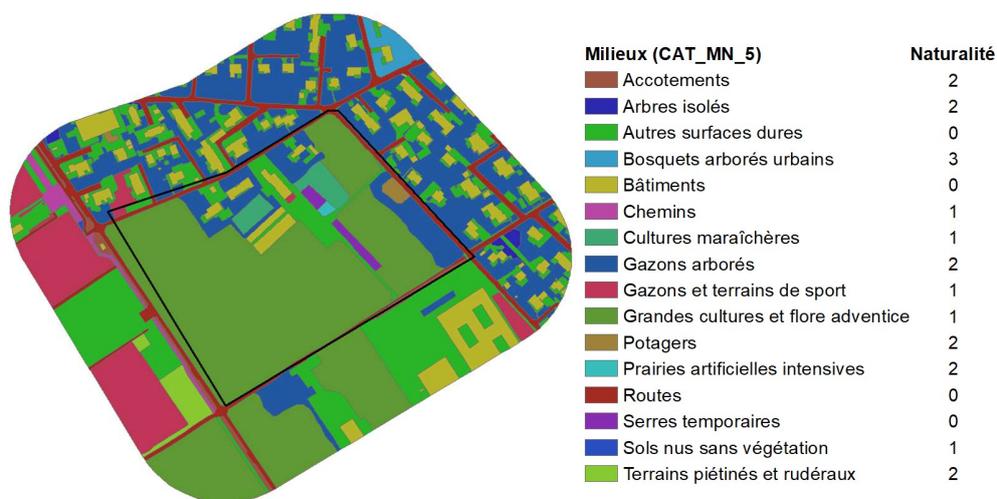


Figure 3: Carte des milieux à l'intérieur du périmètre du projet (ligne noire) et dans une zone tampon de 100 m autour.

Calcul

Exemple d'application de la **formule de naturalité** et **interprétation** des résultats :

Classe de naturalité	Surface initiale (m ²)	Surface future (m ²)
0	9418	17383
1	42420	22305
2	7272	19422

(Surface totale du périmètre = 59'110 m²)

La formule s'applique uniquement sur les surfaces situées à l'intérieur du périmètre du projet.

Naturalité de l'état initial :

$$\frac{0 \times 9418 + 1 \times 42420 + 2 \times 7272}{59110} = \mathbf{0.96}$$

Naturalité de l'état futur :

$$\frac{0 \times 17383 + 1 \times 22305 + 2 \times 19422}{59110} = \mathbf{1.04}$$

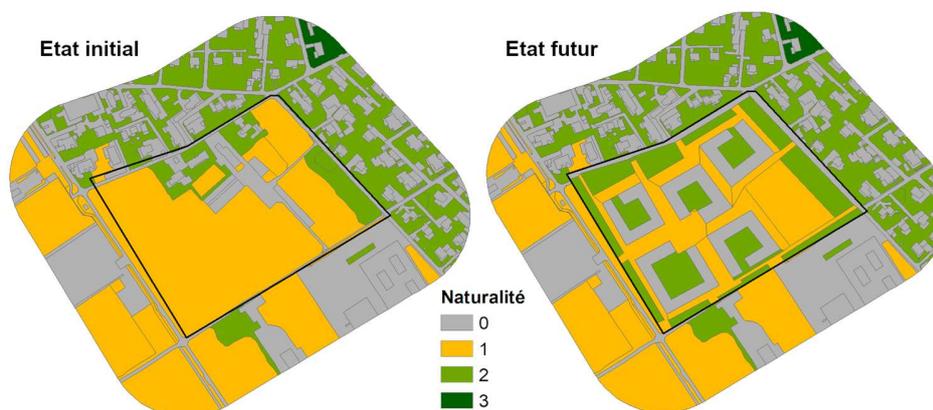


Figure 4: Naturalité de l'état initial et de l'état futur avec projet. La ligne noire délimite le périmètre du projet à l'intérieur duquel le score de naturalité est calculé.

La naturalité post-projet (1.04) est légèrement plus élevée que la naturalité pré-projet (0.96). Ceci est dû à la création d'espaces verts au sein du nouveau quartier, qui compenserait a priori la création d'immeubles sur une zone auparavant agricole. Dans cet exemple, la situation post-projet propose une meilleure naturalité (= score plus élevé) que la situation pré-projet. **Les résultats sont donc favorables au projet de développement.**

Pour toute question relative à l'indicateur, contacter martin.schlaepfer@ge21.ch.

Annexe : Tableau de correspondance, disponible sur le [site de GE-21](#).

PROJET SE-EES – FRAGMENTATION DU PAYSAGE

Nom de l'indicateur

Indice de fragmentation du paysage (« mesh size »)

Domaine d'application



Type d'évaluation

Permet de faire une valuation qualitative afin d'éviter les surfaces terrestres non-fragmentées, et pour comparer des variantes de projet.

Objectif

Une valeur de fragmentation faible est interprétée comme souhaitable car elle représente un paysage terrestre qui n'est pas entravé par les activités humaines.

Description

Le « mesh size » – taille effective de maille – calcule le degré de fragmentation du paysage. Un mesh-size élevé correspond à une faible fragmentation. Le terme de « paysage » revêt ici le sens de « territoire », sans acception de considérations esthétiques.

Cet indice représente la probabilité que deux points choisis au hasard dans une zone donnée soient connectés, c'est-à-dire qu'ils ne soient pas séparés par des barrières telles que des routes ou des zones bâties. Ainsi, plus le « mesh size » est faible, plus le paysage est fragmenté (Jaeger 2000).

Le principal avantage de cet indice est qu'il permet de quantifier la fragmentation d'une entité indépendamment de sa taille, ce qui facilite les comparaisons d'une entité à une autre. Cet indicateur est utilisé par la Confédération et est recommandé par l'Agence Européenne de l'Environnement. Selon l'indicateur [E15](#) de morcellement du paysage proposé par la Confédération, « *Les éléments de séparation pris en compte sont les autoroutes et semi-autoroutes ainsi que les routes des catégories 1 à 4. Les voies ferrées, les zones construites, la haute montagne au-delà de 2100 m, les lacs et cours d'eau constituent d'autres éléments de séparation. Pour calculer la largeur de maille effective, seules les surfaces de la zone étudiée qui peuvent effectivement être morcelées sont prises en compte.* » (OFEV, 2014).

Illustrations cartographiques de l'objectif

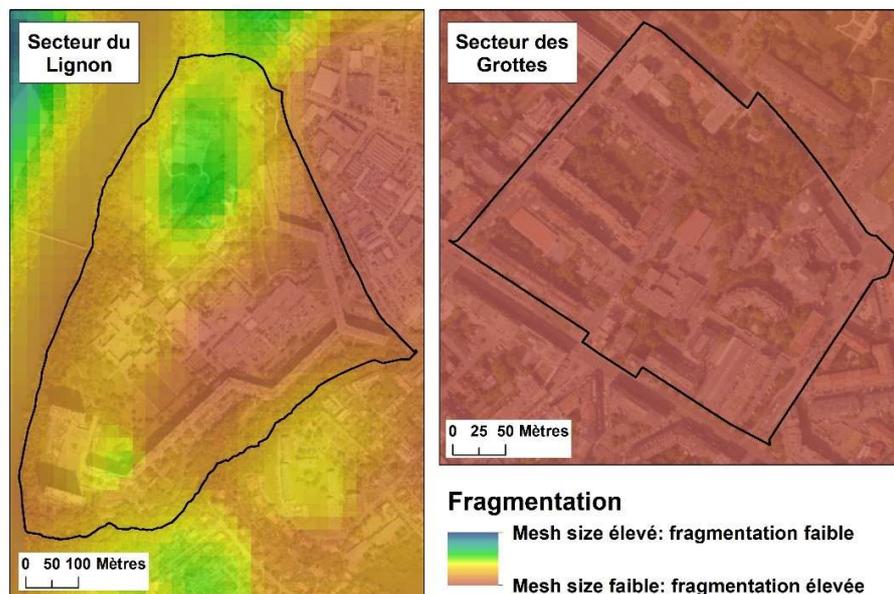


Figure 1: Fragmentation à l'échelle des secteurs du Lignon et des Grottes.

Interprétation

La carte représente la fragmentation du territoire. Il n'y a pas de calcul à faire, simplement une superposition du périmètre du projet et de cette couche de fragmentation. Pour des projets importants, il est possible d'analyser l'évolution de la fragmentation du paysage sous différents scénarios (avec un nombre et des emplacements de barrières variables).

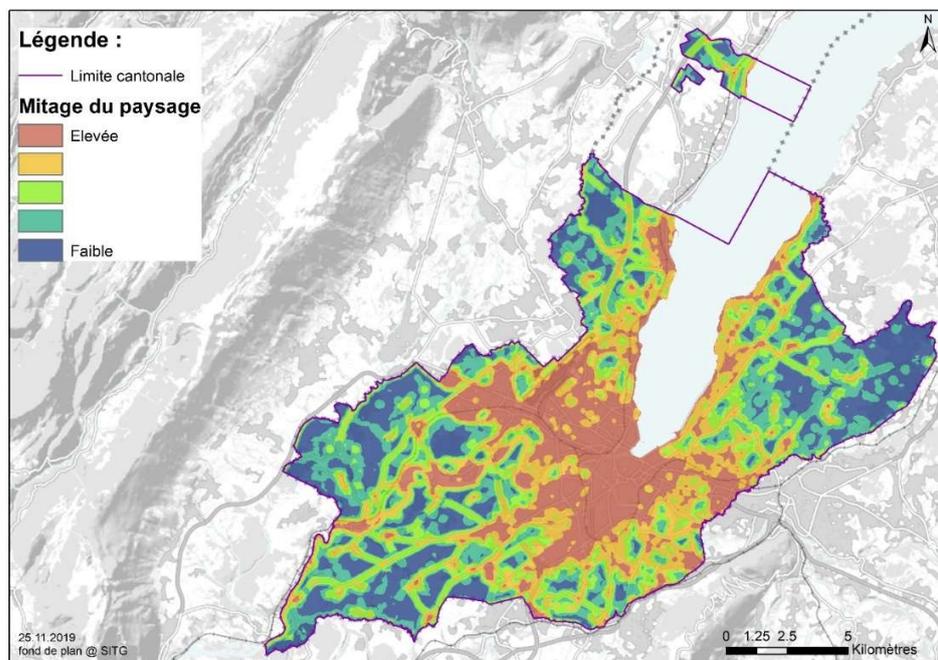


Figure 2: Fragmentation du paysage à l'échelle du canton de Genève.

A l'échelle cantonale, l'indicateur peut servir à identifier des zones importantes pour la connectivité biologique (de couleur bleue sur la carte ci-dessus). Ces espaces non fragmentés sont notamment nécessaires à la migration des espèces. A des échelles plus fines, l'indicateur permet de repérer d'éventuels obstacles pour le mouvement de la petite faune. Tout projet qui augmente la fragmentation (construction de nouvelles routes ou bâtiments) devra être accompagné de mesures (tunnels, ponts, passages à faune) qui limitent l'effet de mitage du territoire, voire améliorent la connectivité.

A l'inverse, un projet peut théoriquement servir d'opportunité pour désenclaver le territoire, notamment lors de la création d'un parc.

Source de donnée

La carte de fragmentation du paysage est disponible en téléchargement sur le [site de GE-21](#) (format raster).

Exemple

Dans l'exemple hypothétique ci-dessous, on observe une zone avec quelques barrières contraignant les déplacements animaliers (flèche noire dans la figure ci-dessous). Le projet proposé (contours rouges) viendrait morceler encore plus le territoire et rendrait l'accès au lac difficile pour certaines espèces. Il s'agirait ici de prendre en compte les connectivités existantes à préserver et à renforcer, ainsi que de trouver des solutions pour éviter une aggravation de l'urbain diffus ayant pour conséquence l'accroissement de zones infranchissables.

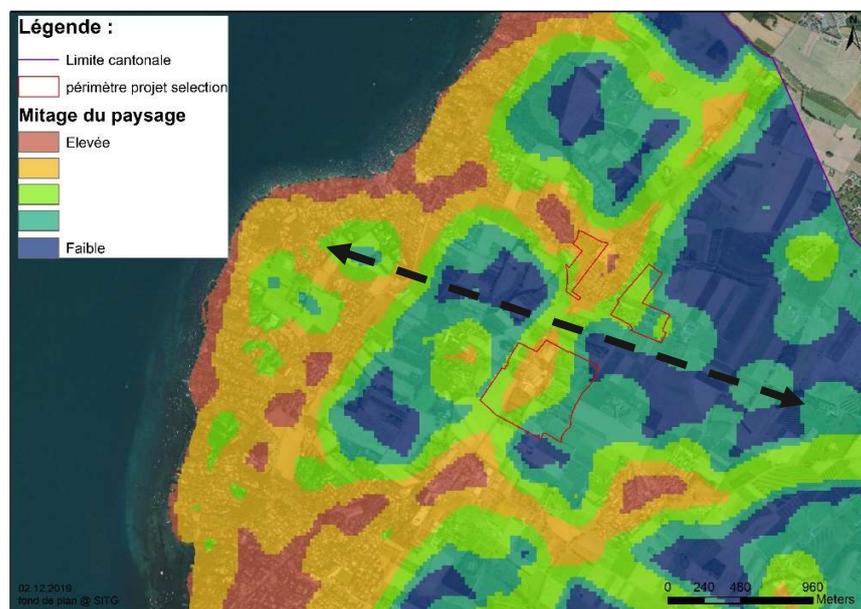


Figure 3: Etat de mitage du territoire d'une zone proche du lac. L'axe de déplacement de la faune est représenté par la flèche noire. Les contours rouges représentent les périmètres de projets de développement.

Références

Jaeger, J. A. G. (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size : new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 15, pp.115-130. doi:10.1023/a:1008129329289

OFEV (2014). *Indicateur paysage* [en ligne]. <https://bit.ly/3nYogSv>
(consulté le 2 septembre 2020)

Pour toute question relative à l'indicateur, contacter
martin.schlaepfer@ge21.ch.

PROJET SE-EES – ZONES DE CALME

Nom de l'indicateur

Zones de calme en milieu naturel

Domaine d'application



Type d'évaluation

Cet indicateur permet d'identifier des périmètres à éviter (« NO-GO »), mais aussi de comparer de variantes de projet (ex : tracés de route).

Objectif

Les zones calmes en milieu naturel sont importantes pour le ressourcement et la relaxation. Ces zones sont devenues rares sur Genève. Par conséquent, elles doivent être préservées, voire étendues, avec pour objectif que chaque habitant ait accès à une zone calme à moins de 10 minutes à pied de son lieu de résidence.

Description

L'indicateur identifie des surfaces propices à la détente (tous les milieux sauf les surfaces imperméables ou artificielles, avec une naturalité d'au moins 2, cf. Fiche Naturalité) et faiblement exposées aux nuisances sonores (trafic routier, ferroviaire et aérien <45 dB). Il capte les services écosystémiques de ressourcement, détente et spiritualité ou communion en lien avec la nature. Comme ces services sont utilisés principalement de jour, l'indicateur est calculé selon le bruit diurne.

Un niveau sonore toléré maximum a dû être fixé. L'OMS recommande de ne pas être exposé à un bruit moyen au-delà de 45 à 54 dB selon la source du bruit. De plus, une étude suisse a montré que le pourcentage de personnes fortement irritées par le bruit augmente drastiquement à partir de 50 dB (Brink et al., 2019). D'après Nilsson et Berglund (2006), un espace vert de qualité ne doit d'ailleurs pas dépasser un niveau sonore de 50 dB. Enfin, avec une nuisance sonore liée au trafic routier inférieure à 45 dB, 95% des participants à un sondage affirment pouvoir se détendre (Öhrström et al., 2006). Le seuil maximal de **45 dB** a donc été choisi, afin de viser à préserver des lieux calmes de qualité.

*Illustrations
cartographiques
de l'objectif*

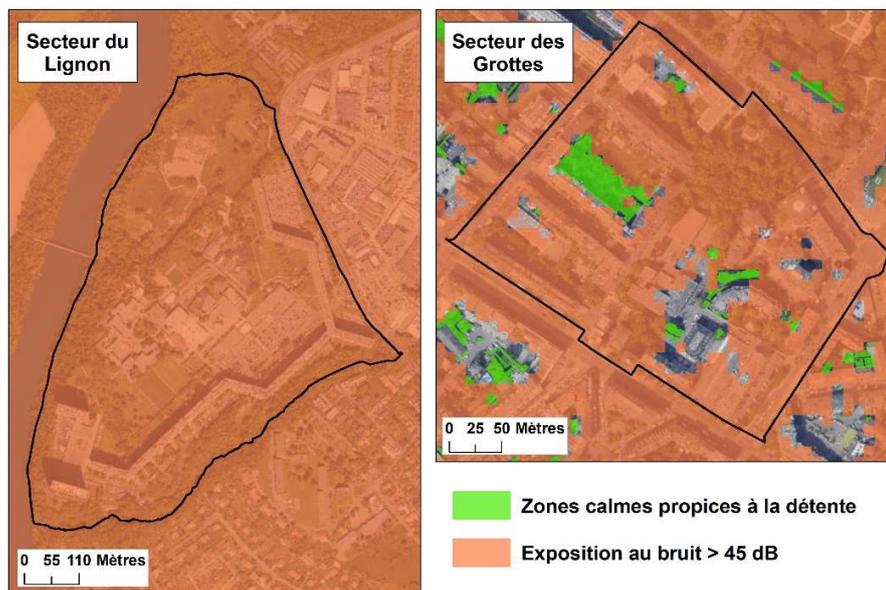


Figure 1: Exposition aux nuisances sonores liées au trafic ferroviaire, routier et/ou aérien dans les secteurs du Lignon et des Grottes. Les zones calmes et à la naturalité supérieure ou égale à 2 sont en vert.

Interprétation

Les zones calmes et relativement silencieuses sont très limitées sur le territoire et considérées comme essentielles au bien-être de la population. Seuls 20% du canton sont situés dans des zones avec une exposition au bruit inférieure à 45 dB (41% si l'on ne tient compte que du bruit ferroviaire et routier, sans le trafic aérien), et toutes ces zones n'ont pas un degré de naturalité supérieur ou égal à 2. Au total, les zones calmes en milieu naturel ne représentent que 9% du territoire genevois (20% sans tenir compte du trafic aérien). La planification territoriale ou des projets individuels doivent donc veiller à ne pas réduire les surfaces de calme et propices à la détente.

En cas d'empiètement sur ces zones calmes, on peut imaginer des compensations, soit en augmentant la naturalité d'une zone calme (par exemple avec la création d'un parc), ou bien en réduisant les nuisances sonores d'une zone à forte naturalité. Par ailleurs, les mesures de compensation devraient améliorer l'équité des accès à ces zones (notion de justice sociale).

Partie sur règles OPB (Cindy)

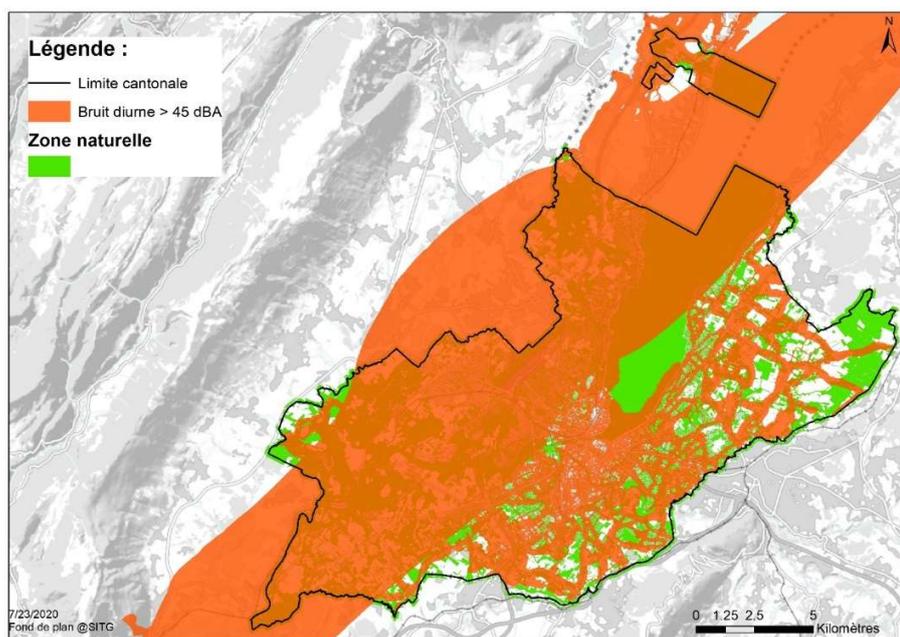


Figure 2: Délimitation des zones calmes et « naturelles » en vert. Cela concerne les zones avec des niveaux de bruit inférieurs à 45 dB(A) (décibel pondéré A) pour le trafic routier et ferroviaire et pour l'aviation. Les surfaces en orange correspondent aux zones où ces valeurs de bruit sont dépassées. Les surfaces sans couleur sont calmes (bruit inférieur à 45 dB(A)) mais présentent une naturalité inférieure à 2 et ne sont pas considérées comme propices à la détente.

Source de donnée

La carte des zones de calme en milieu naturel à l'échelle du canton est disponible en téléchargement sur le [site de GE-21](#) (format shapefile).

Cette couche a été créée à l'aide de la base de données en open data SonBase (<https://opendata.swiss/fr/dataset?q=SONBASE>), qui fournit les principaux résultats du bruit de la circulation routière et ferroviaire évalués par rapport aux valeurs limites d'exposition fixées dans l'ordonnance sur la protection contre le bruit. Seules les données diurnes ont été mobilisées. Les données relatives à la pollution sonore aérienne proviennent, elles, du SABRA, le service de l'air, du bruit et des rayonnements non ionisants de l'Etat de Genève.

Exemple

Exemple hypothétique d'une construction en zone agricole. Deux périmètres (rouge, bleu) sont proposés, mais un se situe dans un périmètre calme. Compte tenu de la rareté de telles surfaces (calmes et propices à la détente), il faudrait éviter de développer le périmètre rouge en zone calme.



Figure 3: Exemple hypothétique d'une construction en zone agricole, avec les périmètres proposés en rouge et bleu, les zones calmes et propices à la détente en vert et les zones où les nuisances sonores excèdent 45 dB en orange.

Dans le cas de projets routiers, des zones tampons doivent être ajoutées aux tracés proposés en zones calmes afin de visualiser leur possible impact futur sur la tranquillité. Des distances approximatives à ajouter de chaque côté de l'axe routier prévu pour représenter les potentielles zones de bruit supérieur à 45 dB sont proposées dans le tableau 1. Ces distances ont été estimées à l'aide de la carte du bruit routier >45 dB mais sont susceptibles de varier. Par exemple, une distance à l'axe de la route de 400 m est nécessaire pour atteindre une nuisance sonore inférieure à 50 dB pour une route limitée à 50 km/h et avec un trafic journalier moyen de 9000 véhicules, d'après l'Etat de Vaud et al. (2007). De plus, les définitions des catégories de routes ne sont pas fixes et varient en fonction des contextes (législatif, politique financière, droit de l'aménagement, langage populaire, etc.).

Tableau 1: Distances tampons proposées pour différentes catégories de routes.

Catégorie	Description	Zone tampon préconisée de chaque côté de l'axe routier
Chemin	Petite voie de communication au trafic limité	50-100 m
Route secondaire	Route locale au trafic moins important qu'une route principale (ex. : route de Choulex)	100-200 m
Route principale	Route de transit importante, grande voie de communication (ex. : Quai de Cologny, Pont Butin)	200-400 m
Autoroute	Large route automobile à chaussées séparées pour la circulation rapide (>80 km/h)	500 m ou plus

Bien entendu, la charge sonore d'un projet routier dépendra notamment de la vitesse fixée, du revêtement, du nombre et du type de véhicules l'empruntant, mais aussi de la topographie et de la présence éventuelle de constructions créant des réflexions. Une étude acoustique est donc encouragée pour les projets routiers.

Références

- Brink, M., Schäffer, B., Vienneau, D., Foraster, M., Pieren, R., Eze, I. C., ... Wunderli, J.-M.** (2019). A survey on exposure-response relationships for road, rail, and aircraft noise annoyance: Differences between continuous and intermittent noise. *Environment International*, 125, pp.277-290.
- Etat de Vaud, SEVEN & SR** (2007). *Bruit du trafic routier – Assainissement. Références légales, constat et mesures de protection*. Canton de Vaud, 47 pages.
- Nilsson, M. E. & Berglund, B.** (2006). Soundscape quality in suburban green areas and city parks. *Acta Acustica united with Acustica*, 92, pp.903-911.
- Öhrström, E., Skånberg, A., Svensson, H. & Gidlöf-Gunnarsson, A.** (2006). Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. *Journal of Sound and Vibration*, 295, pp.40-59.

Pour toute question relative à l'indicateur, contacter martin.schlaepfer@ge21.ch.

PROJET SE-EES – SURFACE DE CANOPÉE

Nom de l'indicateur

Surface de canopée des arbres

Domaine d'application



Type d'évaluation

Cet indicateur permet une évaluation quantitative (comparaison l'état initial vs état avec projet ; ou comparaison de variantes)

Objectif

Au niveau cantonal, un objectif de surface de canopée de 30% a été fixé par la stratégie d'arborisation. Idéalement, il faudrait une répartition égalitaire de l'ombrage sur le canton (par exemple, 25-30% de canopée par sous-secteur statistique ou commune). Les arbres remarquables actuels et futurs doivent également être recensés et protégés.

Description

La surface de canopée (en m², et en pourcentage de surface) est un indicateur de plusieurs services écosystémiques liés aux arbres, dont le rafraîchissement du microclimat, l'épuration des microparticules, l'atténuation des précipitations orageuses, les valeurs culturelles, etc. Cet indicateur s'applique à toutes les configurations : arbres isolés, en alignement et en forêt.

Les données utilisées sont issues d'un modèle numérique de canopée (MNC) qui a été généré à partir du nuage de points LIDAR 2017 reclassé en « végétation haute » (>3 m) (Tiffay, 2018). Le résultat consiste en une couche délimitant les couronnes des arbres. Le résultat est très précis pour les arbres isolés, pour lesquels on peut délimiter la couronne personnelle de chaque arbre. Dans le cas de regroupements d'arbres ou de zone forestière, la couverture est précise mais il n'est plus possible de distinguer la couronne de chaque arbre individuellement.

*Illustrations
cartographiques
de l'objectif*

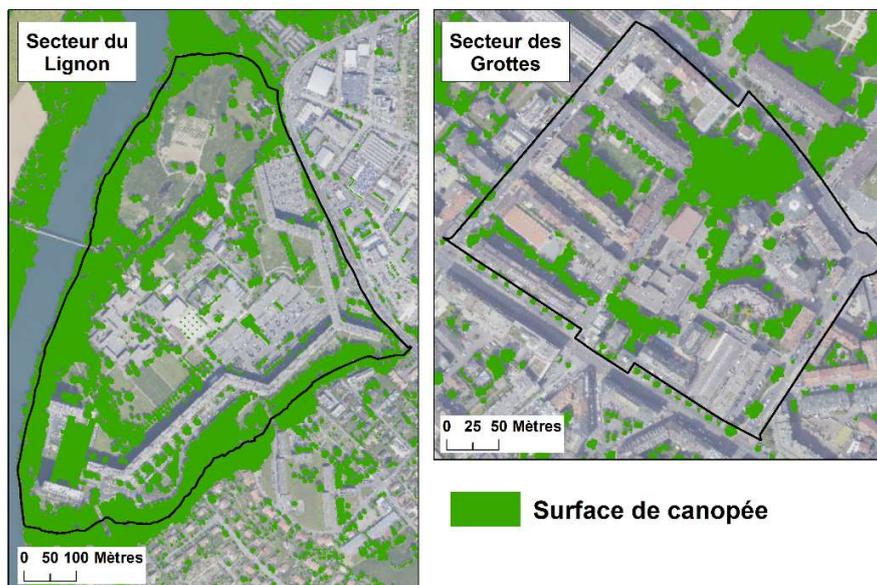


Figure 1: Surfaces de canopée des secteurs du Lignon et des Grottes.

Interprétation

La couverture globale de la surface de canopée sur le canton est estimée actuellement à 21%. Tant que cette surface est inférieure à l'objectif cantonal de 30% de recouvrement du territoire, la canopée est interprétée comme souhaitable et à augmenter. Il est également souhaitable d'avoir de l'ombrage proche de zones habitées, et réparti de manière relativement homogène sur le canton, pour garantir un accès équitable au panier de services écosystémiques qui émanent des arbres.

La conservation des arbres matures existants doit primer sur l'abattage suivi de mesures de compensation à cause du délai (30-50 ans) nécessaire pour qu'un arbre puisse reproduire les mêmes services écosystémiques. C'est pourquoi un facteur de pénalité est inclus dans le calcul de l'effet d'un projet ou programme (voir section Exemple).

Les grands arbres (>10 m de hauteur ou >80 cm de diamètre) et les arbres remarquables sont particulièrement importants car ils sont notamment sources de services écosystémiques culturels. Chaque porteur de projet est donc aussi chargé d'identifier ces arbres importants à conserver pour leur caractère remarquable (ou leur potentiel pour le devenir dans le futur) en termes de taille, âge, importance historique ou culturelle, rôle d'arbre « habitat » pour la faune et la flore, ou encore adaptabilité face au changement climatique. Il existe un [inventaire des arbres remarquables](#) déjà identifiés ainsi qu'une [plateforme](#) permettant de compléter le recensement.

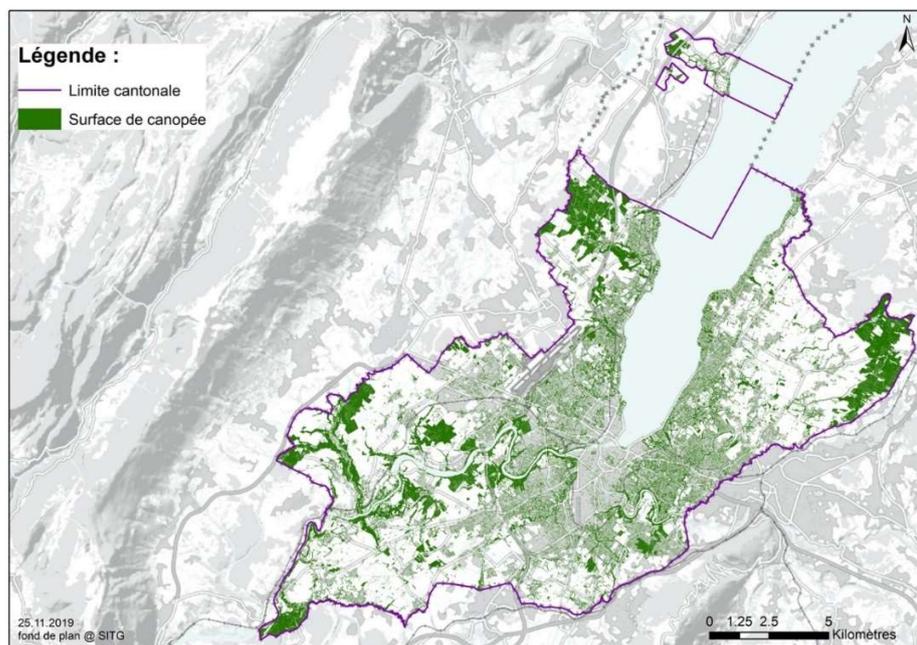


Figure 2: Délimitation des surfaces de canopée sur le canton de Genève.

Source de donnée

La couche des surfaces de canopée est disponible en téléchargement sur le [site de GE-21](#) (format shapefile).

Exemple

Pour mesurer l'effet net d'un programme ou projet sur la surface de canopée, on calcule (i) la surface de canopée existante (en période avec feuilles, c'est-à-dire la saison de végétation), (ii) la surface de canopée qui sera perdue à la suite de coupes d'arbres liés au projet, et (iii) la surface regagnée par des plantations à l'intérieur du périmètre d'étude. La surface regagnée par des plantations est mesurée sur les plans de projets, qui sont interprétés comme un engagement de leur réalisation et survie de l'arbre pour les 5 premières années.

Un facteur de pénalité (par ex., 0.5) est multiplié dans le calcul des surfaces replantées pour leur donner moins de poids, ceci afin d'illustrer le fait que compenser la coupe d'arbres existants par la plantation de nouveaux arbres ne représente pas une substitution parfaite. On pourra choisir de modifier la valeur de ce facteur (dont la valeur est basée sur le principe de compensation) ; une valeur de 0.5 correspond à une compensation 1:2 (c'est-à-dire, deux arbres compensés pour un abattu), tandis que la valeur de 0.1 correspond à une compensation de 1:10. Les nouvelles plantations hors du périmètre ne seront pas considérées dans le cadre du projet car les bénéficiaires ne sont pas les mêmes personnes que celles lésées par les abattages.

Pour illustrer le calcul, on prend un périmètre fictif avec une surface initiale de canopée de 100 m² :

- Le projet A mène à l'abattage de 50 m² de canopée et à la plantation d'arbres qui, à maturité, produiront 50 m², mais dont seulement 10 m² seront au sein du périmètre du projet.
- Le projet B mène à l'abattage de 50 m² et à la plantation de 60 m² au sein du périmètre du projet.
- Le projet C mène à l'abattage de 10 m² et à la plantation de 30 m² au sein du périmètre du projet.

Tableau 1: Exemple de calculs pour classer des projets hypothétiques influençant la surface de canopée

	Surface de canopée initiale (m ²)	Surface coupée (m ²)	Surface replantée dans le périmètre (m ²) * pénalité	Surface de canopée a posteriori (m ²)
Projet A	100	50	10 * 0.5	100 – 50 + 10/2 = 55
Projet B	100	50	60 * 0.5	100 – 50 + 60/2 = 80
Projet C	100	10	30 * 0.5	100 – 10 + 30/2 = 105

Dans l'exemple ci-dessus, tous les projets remplacent, a minima, les surfaces perdues. Mais le projet qui maintient les arbres existants (projet C) est mieux évalué que le projet qui remplace la surface perdue au sein du périmètre (projet B), qui est lui-même mieux évalué que le projet qui remplace la surface perdue en dehors du périmètre (projet A). Le projet C est le seul qui produit un effet net supérieur à l'état initial pré-projet.

Il faut également tenir compte des grands arbres (>10 m de hauteur ou >80 cm de diamètre) et des arbres remarquables de manière quantitative (en augmentant le diviseur appliqué à la surface replantée) ou de manière qualitative.

Référence

Tiffay, M.-C. (2018). *Identification des arbres via des données Lidar*. Rapport du stage en géomatique à l'Etat de Genève (OCAN). Genève : UNIGE, 43 p.

Tutoriel de mise en œuvre

- **Carte de la canopée**, à télécharger sur le [site de GE-21](#).
 - **Périmètre / plan du projet**, géoréférencé et digitalisé, en format vecteur (exemple: shapefile)
 - **Recensement des arbres remarquables**, disponible [ici](#) ou sur [SITG](#).
- Pour l'état initial et l'état futur avec projet, calculer les surfaces couvertes par la canopée (par ex. avec *Summary Statistics* sur ArcGIS).
 - Identifier les arbres remarquables et potentiels futurs arbres d'importance, à l'aide de la plateforme cantonale et des critères de taille (> 10 m de haut et/ou tronc > 80 cm de diamètre)
 - Soustraire à la surface de canopée initiale la surface coupée prévue par le projet et ajouter la surface replantée, pondérée par le facteur de pénalité.
- Dans la mesure du possible, conserver les arbres existants doit être privilégié face à l'abattage et à la plantation d'arbres de compensation, particulièrement lorsqu'il s'agit d'arbres remarquables.
 - En cas de variantes de projet, calculer la surface de canopée a posteriori (cf. Exemple) et favoriser la plus élevée.

Exemple

Projet de quartier : dans cet exemple, aucun arbre remarquable n'a été identifié au sein du périmètre. La surface de canopée de l'état initial s'élève à 4156 m² et va entièrement disparaître, pour être remplacée par de nouvelles plantations dont la surface de canopée future est estimée à 7648 m².



Figure 3: Périmètre du projet (en rouge) avec la canopée existante et future.

Calcul

Le score final de canopée pour ce projet est inférieur à la surface de canopée initiale, malgré les surfaces replantées, car la surface initiale est entièrement coupée. Or, la plantation de nouveaux arbres n'est pas considérée comme équivalente à la conservation d'arbres existants. Conserver des arbres déjà présents dans le projet final permettrait d'augmenter le score total.

Surface de canopée initiale (m ²) (pré-projet)	Surface coupée (m ²)	Surface replantée dans le périmètre (m ²) * facteur de pénalité	Total (m ²)
4156	4156	7648 * 0.5	4156 – 4156 + 7648*0.5 = 3824

Pour toute question relative à l'indicateur, contacter martin.schlaepfer@ge21.ch.

PROJET SE-EES – PERMÉABILITÉ DU SOL

Nom de l'indicateur

Perméabilité du sol

Domaine d'application



Type d'évaluation

Cet indicateur permet une évaluation quantitative (comparaison projet à l'état initial, ainsi que les variantes).

Objectif

Pour les nouveaux projets de développement, un objectif est de maintenir 75% d'un périmètre en sols perméables (et qui, idéalement, sera constitué principalement de « pleine terre » non perturbée).

Description

L'indicateur de perméabilité mesure le pourcentage de sol perméable sur une zone donnée. Cet indicateur regroupe un panier de services écosystémiques liés au sol (productivité, infiltration des eaux, ralentissement de écoulements, participation au microclimat urbain, séquestration de carbone, etc.). Ces services se manifestent principalement dans des sols non-perturbés et non-compactés.

*Illustrations
cartographiques
de l'objectif*

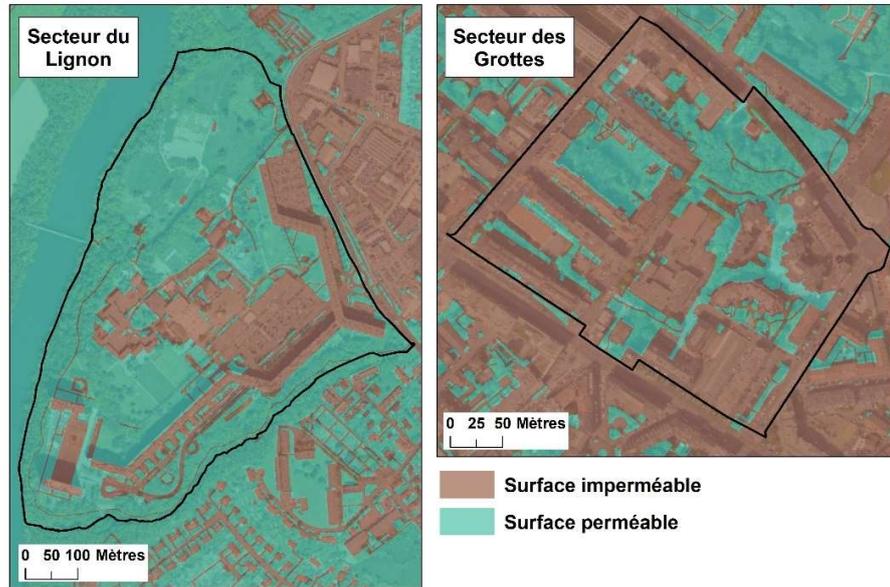


Figure 1: Surfaces perméables et imperméables des secteurs du Lignon et des Grottes, qui présentent respectivement 67 et 28% de surface perméable.

Interprétation

Un sol perméable est préférable à un sol imperméable, car ce premier est source de nombreux services écosystémiques comme la productivité, l'infiltration des eaux, la séquestration de carbone, la création d'habitats pour la biodiversité, etc. Le sol perméable représente par exemple un support pour les racines des arbres ainsi qu'une source de nutriments et d'échanges. Il est particulièrement important de préserver des zones de pleine terre, notamment pour l'infiltration des eaux de pluie (OCEau, 2020).

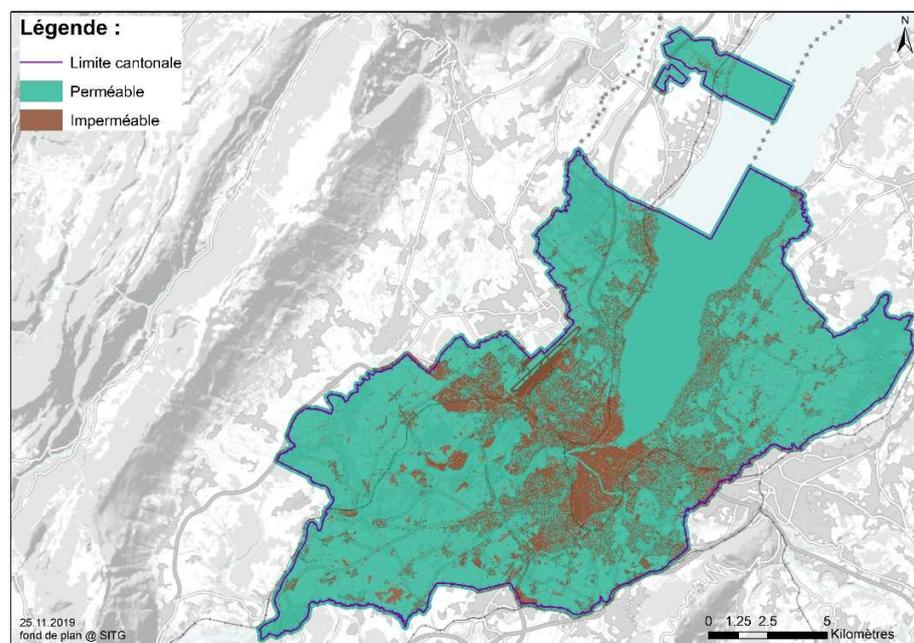


Figure 2: Perméabilité sur le canton basée sur la carte des milieux naturels.

Pour établir l'état futur des surfaces de perméabilité d'un périmètre suite à un projet de quartier ou autre, le porteur du projet devra affecter à chaque type d'aménagement du plan la caractéristique "perméable vs imperméable". Les surfaces perméables et imperméables sont à calculer pour les deux états (initial et futur avec projet), par exemple avec l'outil *Summary Statistics* d'ArcGIS.

Source de donnée

La couche de perméabilité est disponible en téléchargement sur le [site de GE-21](#) (format shapefile).

Exemple

Il s'agit de délimiter le périmètre du projet et de quantifier la part de sol perméable que l'on retrouvera dans le projet (pourcentage de surface du projet en sol perméable).

Exemple d'un projet fictif : comparaison de deux variantes (A et B). Ici, on privilégiera la variante A, qui augmente moins la surface imperméable sur le périmètre. La variante B, elle, propose presque 40% de surface imperméable, ce qui est supérieur à l'objectif politique.

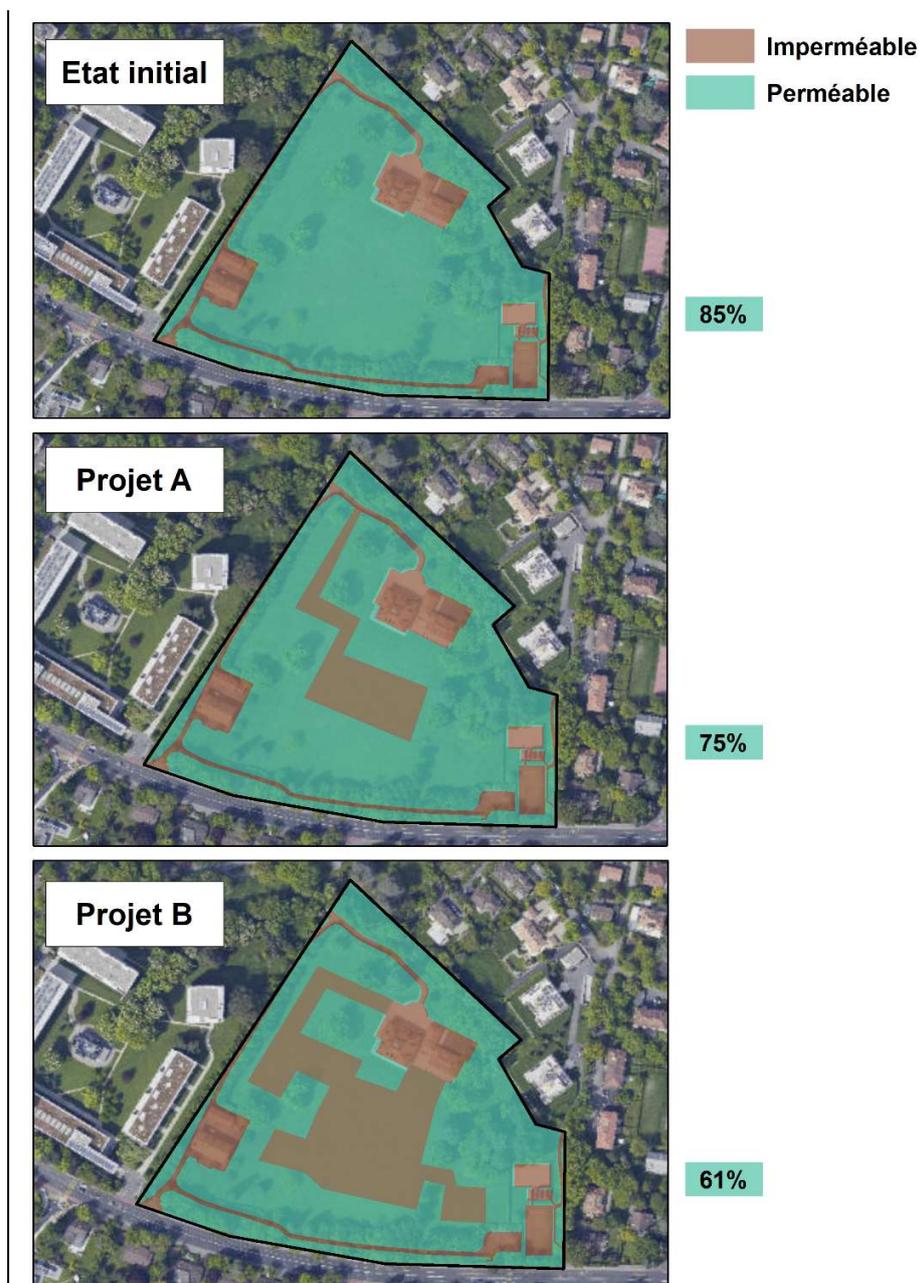


Figure 3: Comparaison de la part de surface perméable entre l'état initial et deux variantes de projet.

Référence

OCEau (2020). Eau en Ville. Gestion des eaux pluviales : vers un changement de pratiques ? Office cantonal de l'eau, République et Canton de Genève, version 1.0, 9 p.

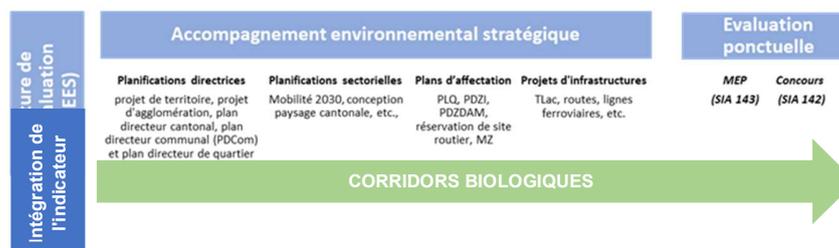
Pour toute question relative à l'indicateur, contacter martin.schlaepfer@ge21.ch.

PROJET SE-EES – CORRIDORS BIOLOGIQUES

Nom de l'indicateur

Corridors biologiques

Domaine d'application



Type d'évaluation

Cet indicateur permet d'identifier des périmètres de corridors biologiques essentiels à éviter (« NO-GO »), et la comparaison de variantes de projet (ex : tracés de route).

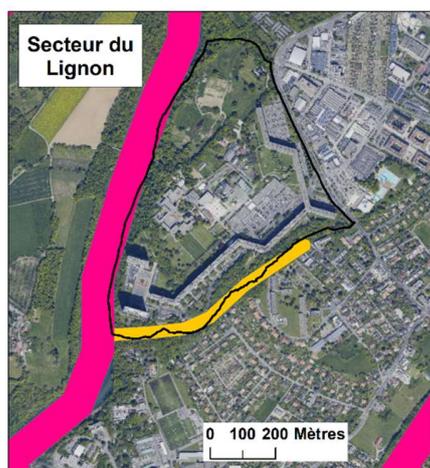
Objectif

Préserver, améliorer la fonctionnalité des corridors biologiques établis par le REG 14 ou la créer lorsque cela est possible.

Description

Les corridors biologiques représentent des surfaces nécessaires à la connectivité biologique pour la faune dans le canton et le Grand Genève. Ils jouent des rôles à divers niveaux (du local au suprarégional). Les tracés ne sont pas toujours exacts et doivent servir de repères approximatifs. Par conséquent il est recommandé de considérer qu'une zone perméable et peu fragmentée à proximité du tracé peut être considérée comme faisant partie du corridor, mais aussi de considérer une zone d'influence (tampon) autour d'un projet.

*Illustrations
cartographiques
de l'objectif*



Corridors biologiques (REG 2014)

- Bretelle
- Régional

Figure 1: Le secteur du Lignon, encadré par un corridor régional (le Rhône) et une bretelle longeant une zone villas, qu'il s'agit de préserver même en cas de développement.

Interprétation

Le tracé des corridors biologiques du REG 2014 (Réseau Ecologique Genevois) est fondé sur la notion de réseau écologique (prise en compte de la dynamique des populations et de l'interconnexion entre biotopes). Les corridors sont donc soit utilisés ou ont une vocation à être utilisés pour la connectivité de la faune.

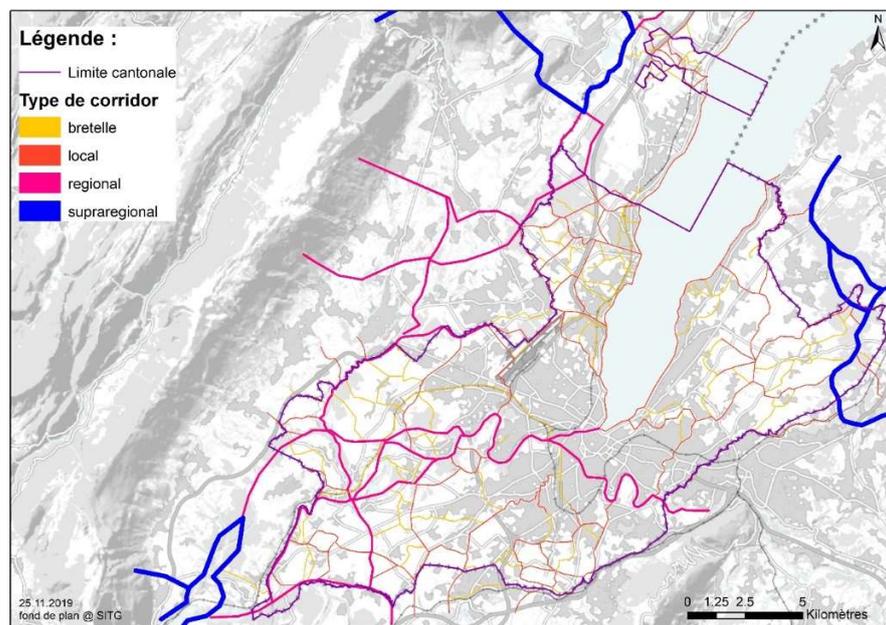


Figure 2: Corridors biologiques du REG 2014, classés par type.

Il est supposé que pour rester (ou redevenir) fonctionnel, un corridor doit être préservé des nuisances (constructions, bruits, lumières, trafic, etc.) pouvant entraver la mobilité de la faune. Il s'agit donc de protéger les

milieux et les structures naturelles en place durant le déroulement du projet (phase de chantier incluse).

Si le nouveau projet se situe sur un tracé non fonctionnel, il devient alors pertinent de réfléchir à l'amélioration de la connectivité à travers ce projet (par exemple, supprimer des éléments faisant barrière, comme des murs, routes ou bâtiments).

L'information fournie par les corridors du REG 2014 est indicative et doit être interprétée et complétée par le mandataire en charge de l'évaluation en fonction des données disponibles sur les milieux, les structures végétales ainsi que les espèces animales.

Source de donnée

La carte des corridors du REG 2014 est disponible en libre-service sur le SITG (<https://ge.ch/sitg/fiche/9532>). Cette couche a été constituée à l'aide de données d'observation, d'avis d'experts et de modélisations.

Exemple

Tout projet pourra calculer son empiètement potentiel sur les corridors existants par intersection du projet (+100m tampon) avec la couche du REG.

Dans l'exemple potentiel ci-dessous, le périmètre du projet empiète sur un pan de cordon boisé faisant partie intégrante d'un corridor dont il ne faudra pas altérer la fonctionnalité.



Figure 3: Exemple fictif d'un projet empiétant sur un pan de corridor.

Références

- Brink, M., Schäffer, B., Vienneau, D., Foraster, M., Pieren, R., Eze, I. C., ... Wunderli, J.-M.** (2019). A survey on exposure-response relationships for road, rail, and aircraft noise annoyance: Differences between continuous and intermittent noise. *Environment International*, 125, pp.277-290.
- Etat de Vaud, SEVEN & SR** (2007). *Bruit du trafic routier – Assainissement. Références légales, constat et mesures de protection*. Canton de Vaud, 47 pages.
- Nilsson, M. E. & Berglund, B.** (2006). Soundscape quality in suburban green areas and city parks. *Acta Acustica united with Acustica*, 92, pp.903-911.
- Öhrström, E., Skånberg, A., Svensson, H. & Gidlöf-Gunnarsson, A.** (2006). Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. *Journal of Sound and Vibration*, 295, pp.40-59.

Pour toute question relative à l'indicateur, contacter martin.schlaepfer@ge21.ch.

PROJET SE-EES – INFRASTRUCTURE ÉCOLOGIQUE

Nom de l'indicateur

Infrastructure écologique (IE)

Domaine d'application



Type d'évaluation

Cet indicateur indique des périmètres de très hautes valeurs à éviter. Il peut aussi servir dans la comparaison de variantes.

Objectif

L'IE représente les « meilleurs » 30% de la surface de la surface terrestre cantonale en matière de biodiversité, connectivité biologique et les services écosystémiques. Ces surfaces doivent être conservés afin de respecter la Convention sur la Diversité Biologique (signée par la Suisse). Aucun nouveau projet ne devrait empiéter sur ces surfaces.

Description

L'infrastructure écologique (IE) quantifie la valeur « biodiversité » de toute la surface cantonale. Le choix a été fait de ne représenter que les meilleurs 30% des surfaces les plus importantes du territoire genevois (hors cours d'eau et lac). C'est donc un indicateur qui signale où se situent les « meilleures » surfaces naturelles du canton, qu'il s'agit de préserver.

*Illustrations
cartographiques
de l'objectif*

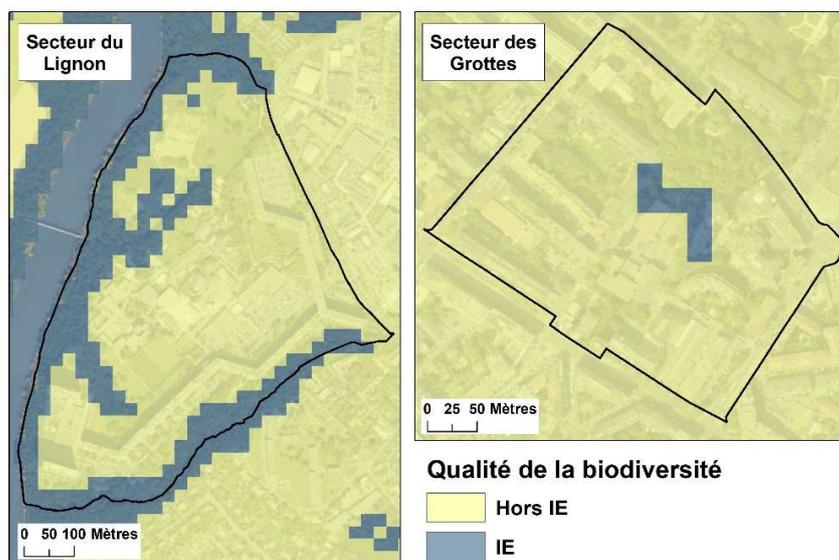


Figure 1: Emprise de l'infrastructure écologique (IE) sur les secteurs du Lignon et des Grottes.

Interprétation

Le concept de l'infrastructure écologique est complémentaire à l'approche de conservation consistant à se fonder sur les inventaires fédéraux, cantonaux et locaux relatifs aux réserves et habitats d'importance particulière, qui ne sauraient représenter à eux seuls l'ensemble des surfaces essentielles à la préservation de la biodiversité et des services écosystémiques du canton.

Zonation, un outil de priorisation spatiale de données, a été utilisé pour classer chaque pixel (25 m de résolution) du moins important au plus important pour l'infrastructure écologique. Les meilleurs 17 % ont ensuite été sélectionnés pour répondre à l'objectif 11 d'Aichi défini dans le Plan stratégique mondial pour la diversité biologique (CBD, 2010). De plus, selon le Forum Biodiversité Suisse, 13 % sont encore nécessaires pour une mise en réseau cohérente (Guntern et al., 2013). La supposition est faite que 30% de la surface du canton est requise pour une infrastructure écologique, et que celle-ci doit se situer sur les meilleures surfaces selon la pondération utilisée.

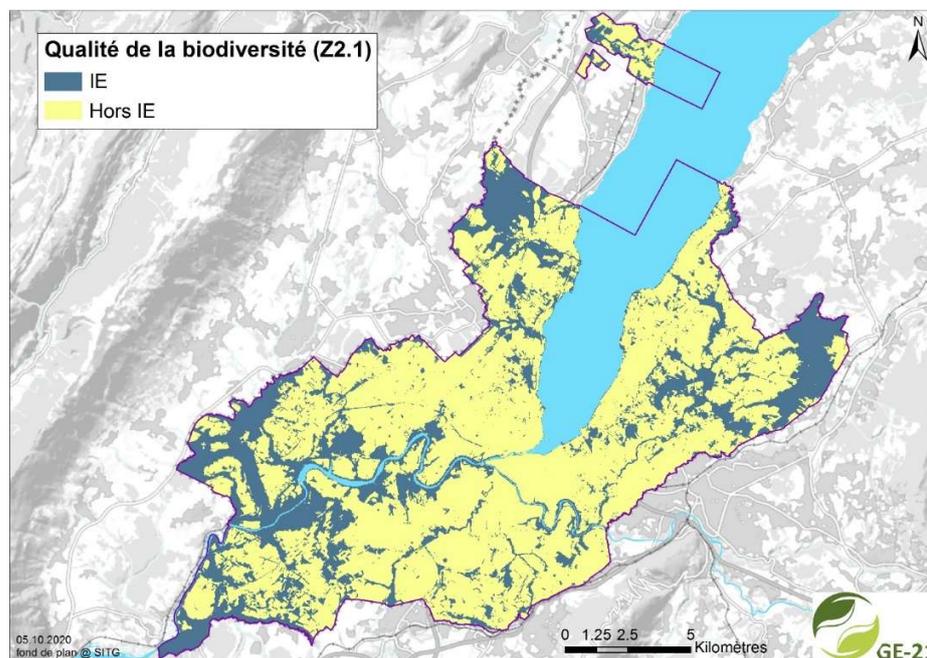


Figure 2: Diagnostic de la qualité biologique du canton fondé sur une démarche de priorisation du territoire (Version 2.1). Les zones bleues correspondent aux 30% de la surface du canton les plus importants pour la biodiversité, composés des réservoirs de biodiversité et des corridors biologiques.

Une zone classée dans l'IE (en bleu sur la carte) est considérée comme particulièrement importante pour la biodiversité car elle abrite des espèces, offre des services écosystémiques (SE) et participe à la fonctionnalité des écosystèmes. Elle doit donc être préservée en priorité.

Les surfaces hors IE comportent évidemment aussi une diversité de valeurs (biodiversité et SE) qu'il s'agit de conserver, compenser et restaurer. Cependant, l'objectif de cet indicateur IE est de mettre en exergue les surfaces considérées comme essentielles.

De plus amples informations sur le concept et l'infrastructure écologique genevoise sont présentées sous la forme d'une Story map, accessible [ici](#). La couche d'Infrastructure écologique est disponible en téléchargement sur le [site de GE-21](#) (format raster). Elle a été construite sur trois sources d'information principales :

Sources de donnée

- Une modélisation de la distribution spatiale de la biodiversité, à savoir la distribution d'espèces floristiques et faunistiques, dont les sources sont principalement Info Flora, Faune Genève et Faune France. La distribution des habitats est également incluse par le biais de la carte des milieux naturels (MN).

- Une modélisation de la distribution spatiale des services écosystémiques via des données satellitaires, LIDAR, ainsi que des données fédérales et l'utilisation d'outils comme InVEST.
- Une modélisation de la fonctionnalité des écosystèmes à travers des mesures de naturalité, connectivité et fragmentation, diversité de milieux naturels, perméabilité et trame nocturne.

Cette carte a été produite de manière participative pour l'Office cantonal de l'Agriculture et de la Nature (OCAN), et elle est donc fortement pondérée en faveur de la conservation de la biodiversité.

L'infrastructure écologique intègre 850 sources d'information. Un document qui décrit la méthodologie des calculs est disponible sur demande auprès de martin.schlaepfer@ge21.ch.

Exemple

L'infrastructure écologique est utilisée principalement pour des diagnostics au niveau cantonal, mais aussi au niveau cantonal et pour des périmètres d'une taille conséquente, par exemple pour des projets d'infrastructures tels que des routes ou voies ferrées.

L'IE permet d'identifier les surfaces prioritaires pour la « nature ». Si l'Etat souhaite comparer l'incidence de la requalification de zones (par ex. de zone résidentielle en zone bâtie dense), il pourra mesurer et comparer la superposition de périmètres de projets avec les surfaces bleues correspondant aux 30% les plus importants pour la biodiversité et les services écosystémiques.

Références

CBD (2010). Decision adopted by the conference of the parties to the convention on biological diversity at its tenth meeting. X/2. The Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets.

Guntern J., Lachat T., Pauli D. & Fischer M. (2013). Surface requise pour la sauvegarde de la biodiversité en Suisse. Version courte. Edit: Forum Biodiversité Suisse de l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT), Berne.

Pour toute question relative à l'indicateur, contacter martin.schlaepfer@ge21.ch.

9.3. TABLEAU SYNERGIES EIE ET SE

EES / EIE	Services écosystémiques																							
	Champs d'application	Soutien					Régulation					Approvisionnement				Culture								
		Production d'oxygène	Stockage du dioxyde de carbone	Macroclimat	Cycle des nutriments	Fertilité des sols	Qualité de l'air	Microclimat	Qualité de l'eau	Rétention eau (protection contre crues)	Réduction de l'érosion	Pollinisation	Prévention des maladies et indésirables	Eau potable	Alimentation	Ressources médicinales	Engrais	Bois	Énergie	Détente et bien-être	Loisirs et écotourisme	Valeur scientifique	Valeur esthétique	Valeur spirituelle, identification
Mobilité																								
Énergie																								
Protection de l'air																								
Climat (émissions de CO2, gaz à effet de serre, adaptation aux changements climatiques, ...)																								
Bruit																								
Vibrations/bruit solide propagé																								
Rayonnement non ionisant																								
Eaux souterraines																								
Eaux de surface et écosystèmes aquatiques	5. Cours d'eau et lac	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X
Evacuation des eaux																								
Sols (utilisation des surfaces – quantitative et qualitative, imperméabilisation ...) et sous-sol	6. Aire Agricole																							
Sites contaminés																								
Déchets																								
Organismes dangereux pour l'environnement (notamment néophytes, organismes pathogènes et génétiquement modifiés)																								
Prévention des accidents majeurs																								
Forêts	3. Forêts	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Flore/faune/biotopes (biodiversité)	1. Infrastructure écologique																							
	4. Arbres	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X
	8. Faune et flore																							
Paysages et sites (y. c. immissions de lumière)	2. Sites protégés et réserves naturelles	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							X	X	X	X	X	
Monuments historiques, sites archéologiques et voies de communication historiques																								
	Services écosystémiques	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Sur 12 champs d'application identifiés dans la SBG-2030 :

<p>7 trouvent une correspondance avec les chapitres de l'EES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Infrastructure écologique du territoire 2. Sites protégés et réserves naturelles 3. Forêts 4. Arbres 5. Cours d'eau et lac 6. Aire agricole 8. Faune et flore 	<p>5 abordent des thèmes connexes</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Espace bâti 9. Sensibilisation et information 10. Formation et activité dans le cadre scolaire 11. Outils analytiques et de suivi 12. Outils administratifs et politiques
---	--

En intégrant les 7 champs d'application, la totalité des services sont traités dans l'EES.

9.4. REVUE DE LITTÉRATURE – UNIGE

**Revue sur l'intégration des services écosystémiques dans les évaluations
environnementales stratégiques**

Rodrigue Castro Gbedomon
Martin A. Schlaepfer

Université de Genève

Mars 2019

Préambule

Le canton de Genève s'est doté d'un outil d'évaluation environnementale stratégique qui vise à orienter les grands projets vers des variantes qui minimisent les impacts environnementaux. L'application de l'outil Evaluation Environnementale Stratégique (EES) a montré ses limites, notamment dans plusieurs projets d'infrastructures routières dans le canton (exemples : TLac, Genève Sud). Ces projets, sur le plan environnemental, ont souffert de l'absence d'une véritable analyse prospective qui mette en perspective des options environnementales claires ainsi que des aides à la décision sur les plans techniques et politiques : quelle plus-value, quelles pertes, quelles opportunités ?

La méthode des services écosystémiques a été développée parallèlement dans le but de mettre en lumière les liens entre la « nature » et le bien-être humain. Il existe certains points communs, mais l'historique unique de chaque outil fait que le cadre et la grille de lecture restent propres. Il apparaît intuitivement que l'intégration des services écosystémiques (SE) rendus par la biodiversité (espèces et écosystèmes) dans l'outil EES permettrait d'apprécier des dimensions environnementales supplémentaires, voire nouvelles car non-traitées classiquement jusqu'ici dans l'analyse des projets tel que par exemple les valeurs culturelles et immatérielles liées à la biodiversité et au paysage.

L'adoption de la Stratégie Biodiversité Genève 2030 (SBG – 2030) par le Conseil d'Etat le 21 février 2018 et le plan d'actions qui doit en résulter d'ici la fin 2019, puis sa mise en œuvre d'ici la fin de la législature (2023) sont l'occasion d'interroger l'outil EES, voire l'étude d'impact environnemental (EIE), pour clarifier en quoi ces derniers pourraient être optimisés, et comment ils pourraient, à l'avenir, intégrer une analyse des SE.

Différences et similitudes entre approches

Les services écosystémiques (SEs) décrivent les fonctions écologiques et les aspects paysagers qui contribuent au bien être humain (Haines-Young and Potschin, 2010; Wu, 2013; Bennett et al., 2015; Sandifer et al., 2015). En mettant en évidence l'interconnexion entre les écosystèmes et le bien-être humain, les SEs constituent un indicateur indirect de l'état de l'environnement, en tout cas du point de vue anthropocentrique.

Les ambitions de développement humain traduites sous forme de politiques, plans et programmes (PPP) peuvent avoir des effets négatifs sur l'environnement et donc sur la fourniture des SEs et in fine sur le bien-être humain. Par conséquent, la prise en compte des SEs dans les évaluations environnementales stratégiques (EES) est justifiée (Partidario and Gomes, 2013). En effet, les SEs et l'EES sont deux concepts assez proches qui ont en commun plusieurs objets d'études (Baker et al., 2013), font intervenir presque les mêmes catégories d'acteurs, convergent vers les mêmes finalités (ou presque), mais qui utilisent des approches et méthodes d'analyses différentes (Tableau 1).

Tableau 1. Similarités et différences entre les approches SEs et EES (analyse des auteurs).

	EES	SEs
But		
– Garantir un niveau élevé de protection de l'environnement	x	
– Optimiser suffisamment tôt et proposer des solutions de remplacement	x	x
– Fournir des bases de décision aux autorités politiques	x	x
– Associer le public et les autorités concernées	(x)	x
– Mettre en lumière les valeurs cachées (non-marchandes) de la nature		x
– Eviter les externalités négatives liées à une décision	x	x
Caractéristiques		
– Caractère de processus, analyse liée à une procédure de projet	x	
– Instrument informatif et participatif	x	x
– Transparence	x	x
– Instrument d'optimisation	x	x
– Ethique et justice sociale		x
Questions clé		
– Quel est l'impact des PPP sur l'environnement ?	x	x
– Quel est la valeur de l'environnement ?		x
– Quel est l'impact des PPP sur les fonctions et services fournis par l'environnement à différentes parties prenantes ?		x
– Quel est l'impact de l'environnement sur les PPP ?		x
Acteurs engagés dans le processus		
– Les experts (chercheurs et consultants)	x	x
– Les décideurs politiques	x	x
– Les communautés (Public)	(x)	x
– Les organismes de financement	(x)	
Approches et méthodes d'étude		
– Analyse participative du champ d'évaluation	(x)	x
– Analyse des parties prenantes et de leurs intérêts (bénéficiaires et perdants)	(x)	x

– Analyse des risques et des alternatives	x	x
– Analyse coûts-bénéfices	(x)	(x)
– Evaluation monétaire de l’environnement		(x)

(x) « optionnel » ou « n’est pas toujours observé »

Depuis environ une décennie, l’intégration des services écosystémiques (SEs) dans les évaluations environnementales stratégiques (EES) est devenue une réalité dans plusieurs pays à travers le monde et dans plusieurs contextes (Slootweg *et al.*, 2009; Barral and Oscar, 2012; Baker *et al.*, 2013; Broekx *et al.*, 2013; Geneletti, 2013; Karjalainen *et al.*, 2013; Partidario and Gomes, 2013; Mascarenhas *et al.*, 2015b; Rozas-Vasquez *et al.*, 2018). Le tableau 2 présente quelques exemples d’intégration des SEs dans les EES

Tableau 2. Quelques exemples de l’intégration des SEs aux EES dans le monde

Les cas d’intégration des SEs aux EES	Comment les SEs ont été utilisés	Références
EES du Plan de gestion intégrée de la zone côtière du Portugal	<i>Le EES a identifié les SEs et les parties prenantes et puis a comparé les options politiques en termes de risques ou de bénéfices pour les SEs</i>	(Partidário, 2010)
Développement de la méthodologie EES pour la commune de eThekwin en Afrique du Sud	<i>La méthodologie EES a adopté les méthodes de quantification et d’évaluation d’estimation monétaires des SEs pour construire les indicateurs</i>	(eThekwin Municipality 2012) (eThekwin Municipality 2018) (Baker <i>et al.</i> , 2013)
Les infrastructures écologiques dans le EES : réalignement de Wareham, Royaume Uni	<i>L’analyse coût-bénéfice des EES a été renforcée par une évaluation de la valeur économique des SEs fournis par les infrastructures écologiques</i>	EEA 2011
Intégration des SEs dans les EES pour la planification spatiale en Chili	<i>Les EES ont adopté la philosophie (y compris les termes) et les méthodes des SEs depuis la définition des objectifs, la quantification et les évaluations, l’analyse des alternatives et le suivi des indicateurs</i>	(Rozas-Vasquez <i>et al.</i> , 2018)
Intégration des SEs aux EES du plan directeur de la municipalité de Alcochete Portugal	<i>Le EES a utilisé l’approche des SEs dans le processus d’évaluation de l’environnement y compris l’identification des SEs, des parties prenantes et de leurs intérêts l’évaluation des valeurs des SEs fournis</i>	(Partidario and Gomes, 2013)

De ces différents cas, l’intégration des SEs aux EES s’est fait soit dans une approche utilitaire et pratique dans laquelle les SEs – dans leurs dimensions structurelles et/ou fonctionnelles– servent de base d’évaluation (identification, quantification, etc.), soit dans une approche moins concrète dans laquelle la philosophie des SEs guide l’évaluation environnementale (WRI, 2011; Baker *et al.*, 2013; Partidario and Gomes, 2013; WRI, 2013; UNEP, 2014). Des guides pratiques et approches méthodologiques sont développés pour soutenir cette intégration des ES aux EES (WRI, 2011; Partidario and Gomes, 2013; WRI, 2013; UNEP, 2014).

Cette revue de littérature fait le point des connaissances existantes sur (i) comment les SEs pourraient optimiser les EES et (ii) les avantages et inconvénients de l’intégration de SEs aux EES.

En quoi les SEs pourraient compléter et étoffer les EESs?

La philosophie et les attributs de l'approche SEs sont d'un atout important pour optimiser les EES.

L'approche SEs pourrait étoffer les EES par une meilleure délimitation en amont des objectifs de l'évaluation environnementale. En effet, l'approche SEs pourraient être utilisés pour corriger l'imprécision du cadre traditionnel d'analyse des EES en identifiant et en priorisant en amont les services et les parties prenantes (bénéficiaires et perdants) susceptibles d'être affectés par un PPP (Geneletti, 2011; Baker *et al.*, 2013). Cette valeur ajoutée des SEs a été valorisée par exemple dans le plan de gestion intégré des zones côtières au Portugal (Partidário, 2011).

L'approche SEs pourrait également améliorer les EES par une meilleure structuration de l'information pour communiquer des phénomènes complexes avec des indicateurs simples à l'attention des décideurs. En effet, les indicateurs actuellement utilisées dans les EES ne sont pas formellement structurés (Diehl *et al.*, 2016). L'intégration des SEs aux EES pourrait aider à diversifier, structurer et standardiser les indicateurs pour faciliter leur interprétation, leur utilisation et leur communication aux décideurs et au grand public. Par exemple la municipalité de Ethekwini en Afrique du Sud (Ethekwini municipality 2012, 2018) a basé le processus de son EES sur une approche multi-critères normalisée basée sur les données de quantification et d'évaluation monétaire des SEs. Par ailleurs, les méthodes de modélisation des SEs comme InVEST pourrait permettre de générer des données prêtes-à-usage comme les scénarii et les cartes pour une gamme variée de SEs pertinents pour les EES (control de l'érosion, séquestration du carbone, pollinisation des cultures, la qualité et l'intégrité de l'habitat etc.).

L'approche SEs pourrait mettre à la disposition des EES une gamme de méthodes et d'approches d'analyse pour une évaluation environnementale plus complète, plus participative, plus précise et plus concrète. En effet, l'approche SEs est caractérisée par une démarche holistique avec une gamme variée de méthodes pour évaluer l'état et la capacité d'un écosystème, identifier, quantifier et estimer la valeur des SEs fournis. A travers la quantification et l'évaluation monétaires des SEs (Kumar *et al.*, 2013), l'approche SEs pourrait élargir le champ d'analyse des EES en quantifiant les impacts environnementaux. Par ailleurs, la philosophie anthropocentrique des SEs – présentant l'environnement en termes de bénéfices et d'utilités au profit de l'homme – permet d'avoir une meilleure compréhension des relations complexes entre les systèmes écologiques et sociétaux et donc d'élargir le champ de compréhension des effets cumulés et des externalités (positives et négatives) qu'engendreraient les options politiques sur les composantes de l'environnement et de la société (Baker *et al.*, 2013). Par exemple dans le cadre de l'EES pour le plan de drainage des eaux de surface à Glasgow en Ecosse, l'approche SEs a permis de prendre en compte les impacts des options en débat aussi bien sur les fonctions de l'écosystème que les différents SEs délivrés (Baker *et al.*, 2013).

En outre, les modèles et analyses basées sur les scénarii de l'approche SEs sont un atout pour les EES (Geneletti, 2011). Ils complètent l'analyse des risques des EES et offrent un cadre d'analyse globale des facteurs, leur évolution dans le temps et dans l'espace permettant aux EES de disposer des options alternatives qui maximisent et garantissent la fiabilité et la durabilité des politiques développées.

Enfin, les SEs pourraient apporter aux EES de l'innovation, de la flexibilité dans un contexte caractérisé par une rigidité du cadre méthodologique des évaluations environnementales (Baker *et al.*, 2013). Par exemple l'approche SEs offre la possibilité d'analyser aussi bien l'impact des PPP sur l'environnement que l'impact de l'environnement sur les PPP (Baker *et al.*, 2013). Dès lors, l'EES plutôt que de se focaliser sur comment réduire l'impact négatif des PPP, pourra analyser la résilience et les options de conservation de l'environnement qui pourraient contribuer à réaliser les objectifs des PPP (Eales *et al.*, 2011; Kumar *et al.*, 2013).

Dans le débat de l'intégration des SEs aux EES certains auteurs pensent que l'approche SEs a plus besoin de l'approche EES que le contraire (Baker *et al.*, 2013). En effet, les EES offriraient aux SEs un cadre légal, une visibilité et une plateforme stratégique pour leur prise dans les décisions politiques (Slootweg and Van Beukering, 2008; Geneletti, 2011; Partidario and Gomes, 2013). Au-delà de ce débat, il faut retenir que les deux approches visent la protection de l'environnement et la promotion du bien-être. A ce titre leur intégration valorisera la complémentarité et les synergies pour l'atteinte de l'objectif commun.

Les avantages et inconvénients de l'intégration de SEs aux EES

La philosophie et les méthodes des SEs permettent de pallier partiellement certaines insuffisances inhérentes aux EES (Baker *et al.*, 2013), améliorant in fine la qualité globale des EES (Geneletti, 2011). Ainsi l'intégration des SEs aux EES permet :

Une meilleure appropriation des bénéfices de la nature, un meilleur engagement des parties prenantes et une légitimité des décisions basées sur les EES. En effet la démarche participative des SEs garantit l'identification et la consultation des parties prenantes et donc permettent d'emporter plus facilement l'adhésion et l'engagement du grand public (et donc plus de légitimité) dont les aspirations et la participation sont restées jusque-là très peu ou pas suffisamment prises en compte dans les EES (APFM¹ 2013). Par ailleurs la participation des parties prenantes garantit in fine une meilleure appropriation des options politiques, facilitant l'arbitrage entre la conservation de la nature et les ambitions de développement territoriales (Rozas-Vasquez *et al.*, 2017). Cette participation et cet engagement sont essentiels dans le processus d'intégration des SEs aux EES et constituent une bonne motivation pour les autorités politiques pour le maintien de l'écosystème qui fait l'objet d'attention (Partidario and Gomes, 2013).

Un cadre d'analyse et de communication plus concret pour les décideurs politiques. L'intégration des SEs aux EES permet de traduire l'environnement en termes et valeurs plus concrets (Baker *et al.*, 2013). Par exemple les insectes ne seront justes des insectes mais des pollinisateurs qui garantissent la sécurité alimentaire et dont la disparition coûterait des milliards pour maintenir le même niveau de sécurité alimentaire. Une forêt n'est plus vue juste un ensemble d'arbres (abritant ou pas des animaux) mais comme une source de biens et services, un lieu récréatif, une attraction touristique, un héritage culturel donc la disparition équivaldrait à des milliards de manque à gagner et à un héritage perdu à jamais. Dès lors les SEs permettent aux EES d'une part de se montrer davantage comme un outil d'aide à la prise de décision et non un cadre coercitif et contraignant pour les décideurs.

¹ Associated Programme on Flood Management

Un cadre d'analyse orienté davantage vers les opportunités pour maintenir et améliorer l'environnement, et moins vers la mitigation de l'impact négatif. En effet, l'intégration des SEs aux EES permet d'analyser aussi bien l'impact des PPP sur l'environnement que l'impact de l'environnement sur les PPP (Baker et al., 2013). Dès lors, l'EES plutôt que de se focaliser sur comment réduire l'impact négatif des PPP, analyse la résilience et les options de conservation de l'environnement qui pourraient contribuer à réaliser les objectifs des PPP (Eales et al., 2011). L'EES soulèverait ainsi indirectement une question fondamentale de durabilité d'une région en analysant sa bio-capacité à soutenir la réalisation des ambitions de développement basé sur ses écosystèmes (Slootweg, 2016).

Une planification multifonctionnelle et multi-usage du territoire. Contrairement à l'approche traditionnelle des EES qui assigne une fonction à un mode d'occupation des terres (ex. zone agricole, zone forestière, zone industrielle, etc.), l'approche des SEs associe plusieurs services à un écosystème, permettant ainsi aux EES de promouvoir une planification multifonctionnelle et multi-usage (Slootweg, 2016).

Une meilleure compréhension de la distribution des effets des PPP pour une meilleure équité des politiques. L'échelle d'analyse de l'EES est généralement régionale (Ex. Canton), voire nationale, se focalisant sur les bénéficiaires et perdants localisés dans cette aire géographique. Cependant, la zone de consommation des SEs peut parfois être différente de la zone de production de ces SEs. L'échelle d'analyse des SEs permet alors aux EES d'avoir un cadre d'analyse des effets plus global, et donc de garantir l'équité et la justice dans les traitements (par exemple, en cas de compensation) entre les régions et les groupes sociaux (Slootweg and Van Beukering, 2008; Helming et al., 2013; Slootweg, 2016).

Malgré ces avantages, l'intégration des SEs aux EES présentent quelques inconvénients qui apparaissent plutôt comme des défis à relever pour une pleine intégration des SEs aux EES. Au nombre de ces inconvénients :

Le concept SE est nouveau et le vocabulaire encore peu répandu dans le public. En effet la science des SEs est relativement jeune (moins de deux décennies) et le public n'est pas encore suffisamment habitué au vocabulaire « services écosystémiques» (Baker et al., 2013; Mascarenhas et al., 2015a).

La complexité du concept SE pourrait alourdir les EES et coûter en ressources (humaines et financières). L'intégration des SEs aux EES apparaît comme une source supplémentaire de travail et de ressources. Ces derniers facteurs expliqueraient le gap entre les avancées théoriques sur l'approche de l'intégration ES-EES et sa mise en application dans les politiques d'évaluation environnementales (Baker et al., 2013; Diehl et al., 2016; Hansen et al., 2018).

Les controverses sur le concept et l'incertitude des méthodes d'évaluation monétaires ne cadrent pas avec la dimension légale de l'évaluation environnementale. Pour certains auteurs les processus de cascade entre la biodiversité et les SEs restent ambiguës, avec des liens non-linéaires, incertains, voire des méthodes d'évaluation monétaire subjectives et controversées (Baker et al., 2013; Partidario and Gomes, 2013; Slootweg, 2016). Il se pose dès lors le poids légal que peut revêtir une décision politique basée sur une approche subjective ou controversée d'évaluation des SEs.

Le concept des SEs n'est pas toujours adapté et adaptable à tous les contextes des EES

En effet, la nature (e.g écosystème naturel) étant un élément de l'environnement, l'intégration des SEs aux EES n'est pertinent que dans certains contextes notamment lorsque les EES impliquent un écosystème naturel. Les autres dimensions de l'environnement qui ne sont que partiellement ou indirectement basés sur les SEs seraient donc omises dans une approche d'intégration des SEs aux EES.

La différence d'échelle entre les SEs et les EES qui peut engendrer un problème d'équité. En effet, les EES se focalisent sur une zone géographique bien délimitée des PPP (e.g canton, bassin versant). Quant aux SEs, l'échelle de production peut être différent de l'échelle de consommation et parfois plus large que l'échelle d'analyse des EES (Geneletti, 2011), compliquant la prédiction des effets. Par ailleurs, cette différence d'échelle peut entraîner des problèmes d'équité entre les régions et les groupes sociales lorsque les SEs consommés sont produits dans une région autre que celles qui les consomment.

L'applicabilité des concepts de « atténuation » et de « compromis » restent encore ambiguë avec l'intégration des SEs aux EES. En effet, la notion d'atténuation est difficilement applicable aux SEs dont l'approche s'apparente davantage à un « évitement » plus tôt qu'à une réduction ou une compensation, notamment dans le cas des services de provision (Baker et al., 2013). Par ailleurs les effets des compromis entre SEs (ex. augmentation d'un service par la diminution d'un autre) sur les bénéficiaires de ces SEs sont encore peu connus (Geneletti, 2011).

Conclusion et recommandations préliminaires

L'intégration des SEs aux EES est d'une valeur ajoutée notamment à travers une vision plus holistique et intégrée des systèmes écologiques et sociétaux, un cadre de communication plus concret pour les décideurs politiques, une meilleure légitimité, une équité et une justice dans les options politiques. Dans le canton de Genève, cette intégration bénéficie d'un ancrage législatif² (GE 2011) des EES et d'une vision politique pro-SEs avec la Stratégie Biodiversité Genève 2030. Prenant en compte d'une part les directives de l'OFEV pour les EES (OFEV 2013), et d'autres part les forces et faiblesses des SEs, l'intégration de ces derniers aux EES est recommandée sous les formes suivantes :

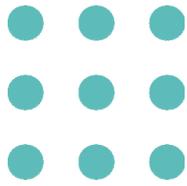
- adopter la philosophie de l'approche SEs mais pas son vocabulaire qui reste peu connu et toujours objet de débat;
- adopter l'approche participative des SEs pour concourir davantage à la vision des EES dans le canton de Genève, axée plus sur le processus et la participation du public et des représentants des milieux politiques (OFEV 2014);
- adopter les méthodes et outils de quantification des services (ex. InVEST) ;
- Eviter ou utiliser au cas par cas les méthodes de monétarisation des SEs en raison des incertitudes qui y sont liées;
- adopter les approches de scénarii pour comparer les options et alternatives de PPP et simuler les mesures de mitigation.

² l'art. 3 du Règlement cantonal d'application de l'ordonnance fédérale relative à l'étude de l'impact sur l'environnement (ROEIE).

References

- Baker, J., Sheate, W., Phillips, P., Eales, R., 2013. Ecosystem services in environmental assessment—help or hindrance? *Environmental Impact Assessment Review* 40, 3-13.
- Barral, M.P., Oscar, M.N., 2012. Land-use planning based on ecosystem service assessment: A case study in the Southeast Pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 154, 34-43.
- Bennett, E.M., Cramer, W., Begossi, A., Cundill, G., Díaz, S., Egoh, B.N., Geijzendorffer, I.R., Krug, C.B., Lavorel, S., Lazos, E., 2015. Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 76-85.
- Broekx, S., Liekens, I., Peelaerts, W., De Nocker, L., Staes, J., Meire, P., Landuyt, D., Schaafsma, M., Van Reeth, W., Van den Kerckhove, O., 2013. Ecosystem services in environmental impact assessment and strategic environmental assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 40, 1-2.
- Diehl, K., Burkhard, B., Jacob, K., 2016. Should the ecosystem services concept be used in European Commission impact assessment? *Ecological Indicators* 61, 6-17.
- Eales, R., Baker, J., Sheate, W., 2011. Integrating a resilience approach into strategic environmental assessment. Proceedings of the Conference of International Association for Impact Assessment, Prague, Czech Republic.
- Geneletti, D., 2011. Reasons and options for integrating ecosystem services in strategic environmental assessment of spatial planning. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 7, 143-149.
- Geneletti, D., 2013. Assessing the impact of alternative land-use zoning policies on future ecosystem services. *Environmental Impact Assessment Review* 40, 25-35.
- Haines-Young, R., Potschin, M., 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. *Ecosystem Ecology: a new synthesis* 1, 110-139.
- Hansen, K., Malmaeus, M., Hasselstrom, L., Lindblom, E., Noren, K., Olshammar, M., Soderqvist, T., Soutukorva, A., 2018. Integrating ecosystem services in Swedish environmental assessments: an empirical analysis. *Impact Assessment and Project Appraisal* 36, 253-264.
- Helming, K., Diehl, K., Geneletti, D., Wiggering, H., 2013. Mainstreaming ecosystem services in European policy impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 40, 82-87.
- GE 2011. Règlement d'application de l'ordonnance fédérale relative à l'étude de l'impact sur l'environnement (ROEIE); disponible sur https://www.ge.ch/legislation/rsg/f/s/rsg_K1_70p05.html
- Karjalainen, T.P., Marttunen, M., Sarkki, S., Rytönen, A.-M., 2013. Integrating ecosystem services into environmental impact assessment: an analytic-deliberative approach. *Environmental Impact Assessment Review* 40, 54-64.
- Kumar, P., Esen, S.E., Yashiro, M., 2013. Linking ecosystem services to strategic environmental assessment in development policies. *Environmental Impact Assessment Review* 40, 75-81.
- Mascarenhas, A., Ramos, T.B., Haase, D., Santos, R., 2015a. Ecosystem services in spatial planning and strategic environmental assessment—A European and Portuguese profile. *Land Use Policy* 48, 158-169.
- Mascarenhas, A., Ramos, T.B., Haase, D., Santos, R., 2015b. Ecosystem services in spatial planning and strategic environmental assessment—A European and Portuguese profile. *Land Use Policy* 48, 158-169.
- Partidário, M.R., 2010. TEEB case: SEA for including ecosystem services in coastal management, Portugal. Available from www.TEEBweb.org
- OFEV 2013. Evaluation environnementale stratégique (EES) pour les plans et programmes. Document de base (état: mai 2013). Disponible sur https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/uvp/fachinfo-daten/strategische_umweltpruefungsupferplaeneundprogramme.pdf.download.pdf/evaluation_envirionnementalestrategiqueespourlesplansetprogramme.pdf
- OFEV 2014. L'évaluation environnementale stratégique (ees) : expériences en Suisse et dans les pays voisins. Disponible sur https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/uvp/externe-studien-berichte/strategische_umweltpruefungsuperfahrungeninderschweizundinnachba.pdf.download.pdf/1_evaluati-on_envirionnementalestrategiqueeesexperiencesensuisseet.pdf

- Partidário, M.R., 2011. Including ecosystem services in coastal management by using Strategic Environmental Assessment, Portugal. *Environmental Impact Assessment Review* Volume 40, April 2013, Pages 36-46
- Partidario, M.R., Gomes, R.C., 2013. Ecosystem services inclusive strategic environmental assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 40, 36-46.
- Rozas-Vasquez, D., Furst, C., Geneletti, D., Almendra, O., 2018. Integration of ecosystem services in strategic environmental assessment across spatial planning scales. *Land Use Policy* 71, 303-310.
- Rozas-Vasquez, D., Furst, C., Geneletti, D., Munoz, F., 2017. Multi-actor involvement for integrating ecosystem services in strategic environmental assessment of spatial plans. *Environmental Impact Assessment Review* 62, 135-146.
- Sandifer, P.A., Sutton-Grier, A.E., Ward, B.P., 2015. Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem Services* 12, 1-15.
- Slootweg, R., 2016. Ecosystem services in SEA: are we missing the point of a simple concept? *Impact Assessment and Project Appraisal* 34, 79-86.
- Slootweg, R., Rajvanshi, A., Mathur, V.B., Kolhoff, A., 2009. Biodiversity in environmental assessment: enhancing ecosystem services for human well-being. Cambridge University Press.
- Slootweg, R., Van Beukering, P., 2008. Valuation of ecosystem services and strategic environmental assessment-Lessons from influential cases. Netherlands Commission for Environmental Assessment (NER).
- UNEP, 2014. Integrating ecosystem services in strategic environmental assessment: A guide for practitioners?. A report of Proecoserv, UNEP.
- WRI, 2011. Ecosystem services review for impact assessment. World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute. Available at <http://www.wri.org/publication/ecosystem-services-review-for-impact-assessment>.
- WRI, 2013. Weaving ecosystem services into impact assessment. A Step-By-Step Method, Version 1, 34.
- Wu, J., 2013. Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape ecology* 28, 999-1023.



WWW.GE.CH

Département du territoire
Office cantonal de l'environnement — Service de l'environnement et des risques majeurs
Quai du Rhône 12 – 1205 Genève
T +41 (0) 22 388 80 30 — serma@etat.ge.ch — www.ge.ch