

TFE 2020 – [LBARC2200] – LOCI Bruxelles

Titre: Le maillage noir : manifeste pour un paysage moins anthropocentré

Etudiant : FORTON Killian

Copromoteur-expert : CAPRON Jean-Luc

Copromoteur 2 : DE VISSCHER Jean-Philippe

Copromoteur 3 : DESCHEEMAEKER Basil

Copromoteur 4 : CAVALIERI Chiara

Date de présentation : 26 juin

RÉSUMÉ :

La Région de Bruxelles-Capitale possède une biodiversité et un écosystème d'une grande richesse. Cela est rendu possible grâce à la multiplicité des espaces verts qui parcourent et composent le territoire, faisant de Bruxelles une des villes les plus vertes d'Europe. Cette biodiversité a alors un rôle très important, car elle assure de nombreux services écologiques et vitaux. Néanmoins, cette vie est de plus en plus menacée par la réduction et la disparition des espaces verts due à l'urbanisation croissante des villes, fragmentant les écosystèmes et entraînant la raréfaction de la biodiversité. Pour cela, la région a mis en place un dispositif de maillage permettant de reconstituer des espaces verts et d'en assurer la liaison. Malheureusement, ce maillage se retrouve réfréné par la pollution lumineuse causée par l'éclairage public. De l'échelle macro à l'échelle micro, il s'agit ici de questionner l'emprise de la lumière sur le paysage naturel de la région et d'inspirer un regard moins anthropocentré du territoire en sollicitant l'imaginaire d'architectes.

MOTS-CLEFS

Ville

Nature

Ecosystème

Environnement

Pollution

Lumière

Le maillage noir : manifeste pour un paysage moins anthropocentré



Le maillage noir : manifeste pour un paysage moins anthropocentré.

Travail de fin d'étude de

Killian Forton

Co-promoteurs

Jean-Philippe De Visscher

Chiara Cavalieri

Basil Descheemaeker

Expert

Jean-Luc Capron

Parrain

Natagora

Université catholique de Louvain
Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (Site de Bruxelles)

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	9
1.1	Préface	
1.2	Indice	
1.3	Méthodologie	
1.4	Communication et valorisation	17
2	LE TERRITOIRE FRAGMENTÉ DE BRUXELLES	21
2.1	Le paysage naturel	
2.2	Le paysage lumineux	35
3	LA POLLUTION LUMINEUSE	39
3.1	Origine	
3.2	Causes	
3.3	Impacts environnementaux	
3.4	Écologie comportementale et population	
3.5	Impacts sanitaires	55
4	CONTRASTE ENTRE PAYSAGE NATUREL ET TRACÉ LUMINEUX	59
4.1	Une série de corridors écologique	
4.2	Une série de points névralgiques	
4.3	Un maillage noir	73
5	OPPORTUNITÉS DES ENCLAVES NOCTURNES	77
5.1	Changement des modèles : stratégie « Deep Ecology »	
5.2	Éclairage et dispositifs de franchissement : stratégie « Comprehensive Technology »	113
6	CONCLUSION	117
7	BIBLIOGRAPHIE	123
8	ANNEXE	131

*« L'homme a conquis toute l'étendue habitable : la terre, la mer, l'air
et la nuit lui appartient [...] »*

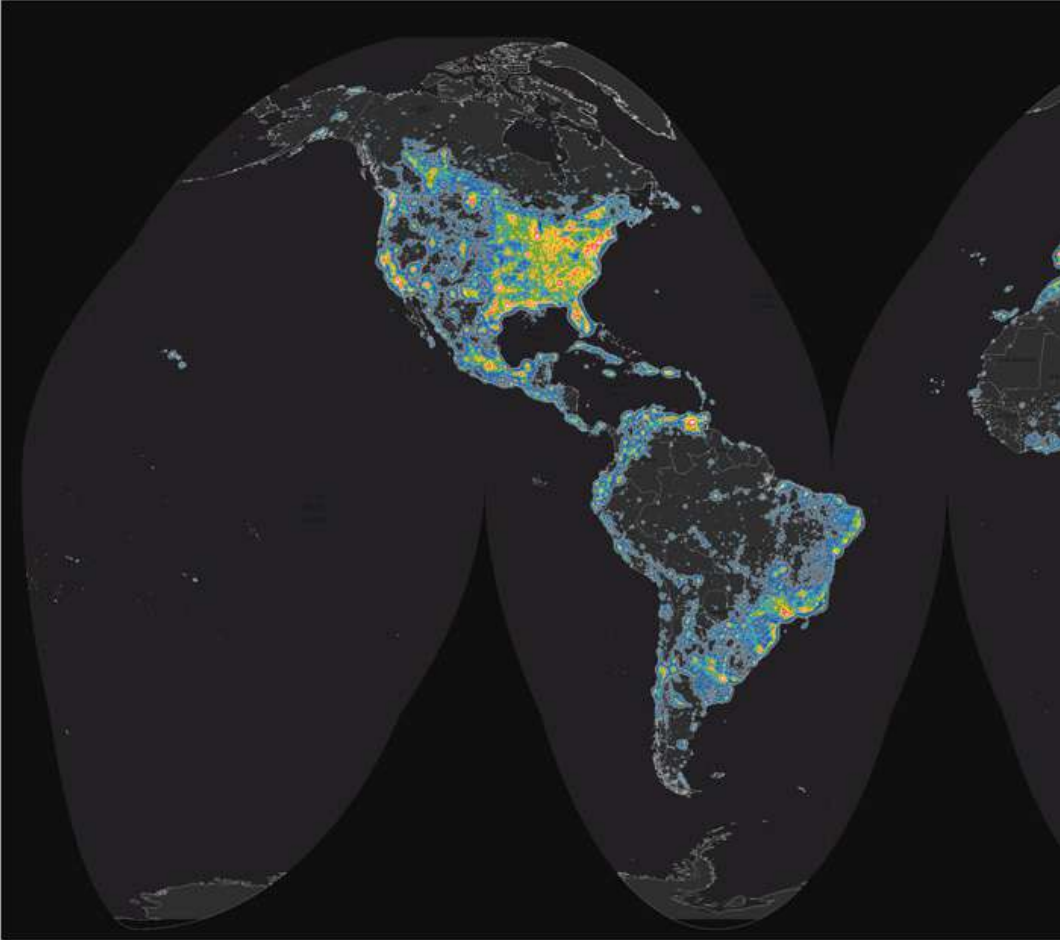
Regard sur le monde actuel, 1931, Paul Valéry.

1 Introduction

1.1 Préface

Au cours de mes années d'études, j'ai pu m'intéresser à différentes thématiques et étendre ma pratique de l'architecture par le biais de la photographie. Au début de mon master, j'eus la chance de pouvoir m'offrir un appareil et ainsi parcourir la ville de Bruxelles, cette ville où j'ai grandi, en vue de l'immortaliser. Dans cette recherche de la ville, ma pratique photographique s'allia tout naturellement avec celle de l'architecture et mon intérêt se tourna plus particulièrement vers la ville de nuit. J'ai toujours été attiré par la nuit. Dans la nuit, je pouvais photographier l'architecture dans toute la quiétude que celle-ci reflétait, loin des activités humaines. Ainsi je redécouvrais Bruxelles et son architecture, ses bâtiments, ses rues, ses croisements, ses places et ses boulevards. Tout un Nouveau Monde venait à moi. Malheureusement, chacune des photos fut peu convaincante et je constatais la présence d'un dégradé jaune plus ou moins fort partant du sol vers le ciel, masquant alors les étoiles. Particulièrement déçu de l'expérience, je m'attelai à comprendre pourquoi chacune de mes photos contenait ce défaut, et après quelques recherches, je compris très vite qu'elle en était la cause : la pollution lumineuse. Cet événement me mit face à une problématique et ses enjeux climatiques qui m'étaient alors inconnus, et dont il me semblait impossible d'agir contre. De là, j'ai éprouvé le besoin de questionner l'emprise de la lumière sur le paysage et de savoir comment je pourrais agir. Dans le même état d'esprit, c'est pour moi l'occasion d'inspirer un regard sur le territoire nocturne en réalité peu considéré en sollicitant l'imaginaire d'architectes.

Je remercie les personnes qui m'ont guidé et aidé dans cette réflexion : mes co-promoteurs, Monsieur Jean-Philippe De Visscher et Basil Descheemaeker, ainsi que Madame Chiara Cavalieri, pour leurs précieux suivis ; mon expert : Jean-Luc Capron pour l'intérêt porté à mes projets ; et enfin ma famille et amis pour leur indéfectible soutien.



1.2 Indice

Aujourd'hui, les problèmes climatiques sont devenus un véritable enjeu pour l'humanité, et sa survie, faisant alors partie intégrante de l'actualité, des consciences, des revendications et des politiques. Néanmoins, dans un contexte médiatique où la question de la pollution et des changements climatiques sont particulièrement mis en avant, le problème climatique le plus méconnu et le moins médiatisé est celui de la pollution lumineuse.

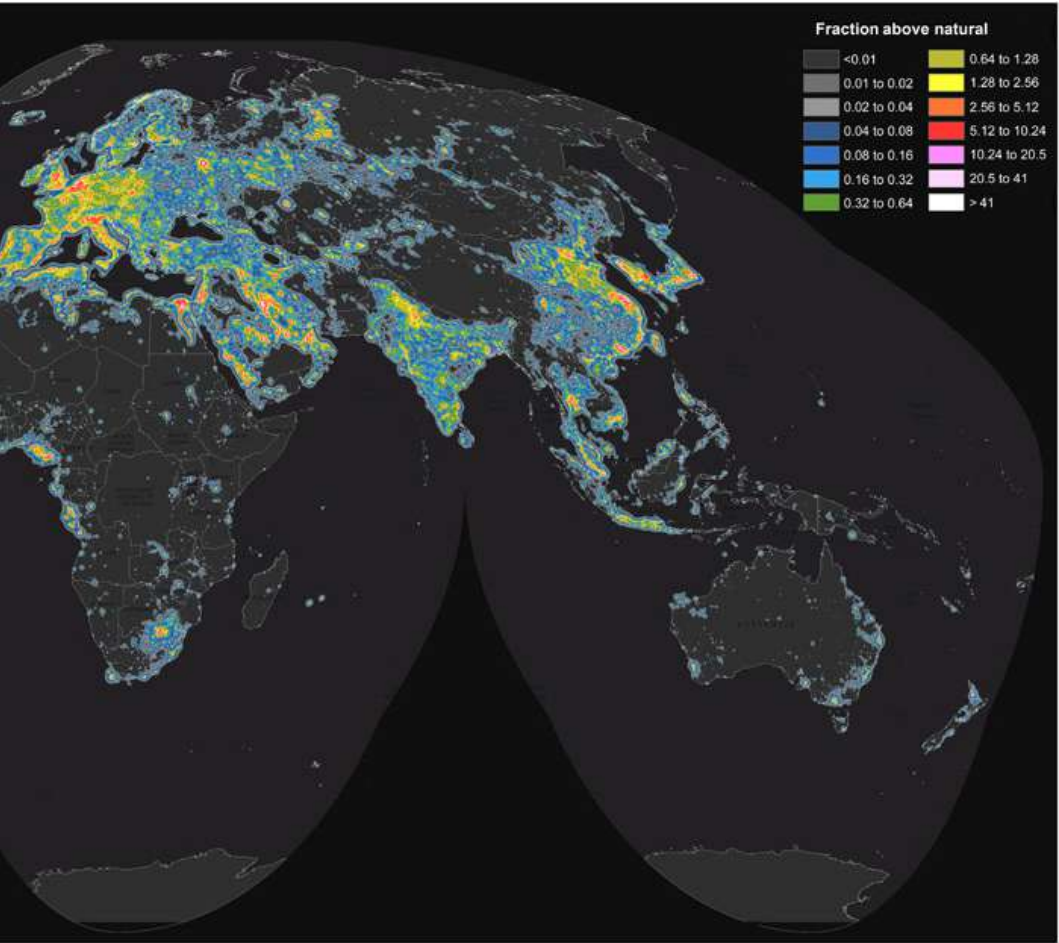
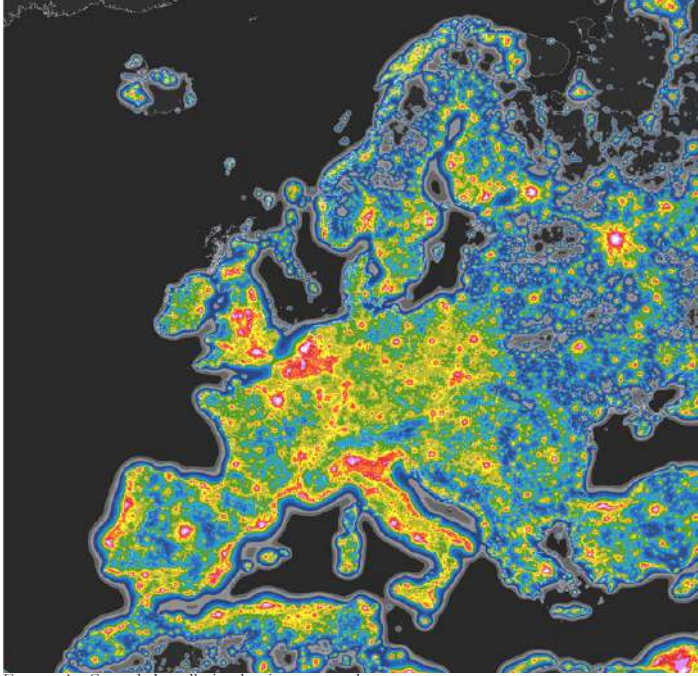
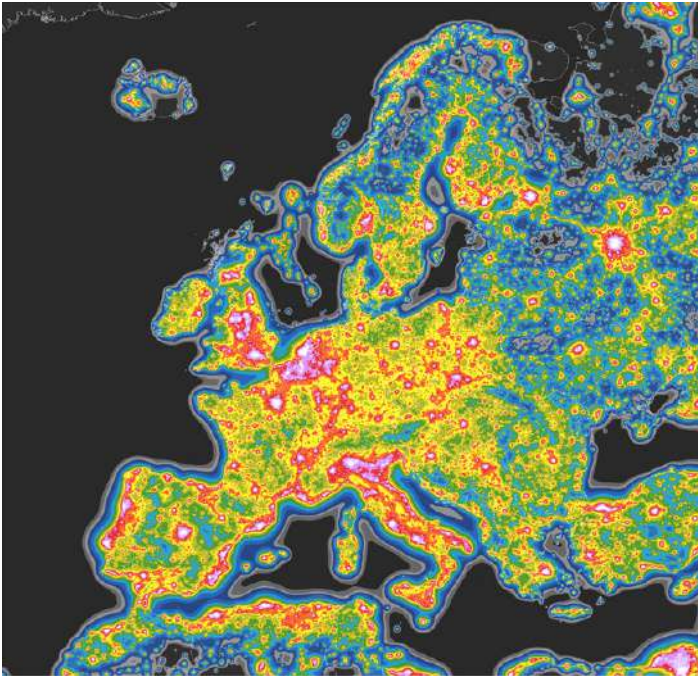


figure 1 : *World map of artificial sky brightness*
F.Falchi, P. Cinzano, D. Duriscoe, C.C.M. Kyba, C.D. Elvidge, K. Baugh, B.A. Portnov, N.A. Rybnikova et R. Furgoni,
10 Juin(2016)



Europe A : Carte de la pollution lumineuse actuel



Europe B : Carte de prevision de la pollution lumineuse sous éclairage de type LED

figure 2: *Maps of Europe's artificial sky brightness*
F. Falchi, P. Cinzano, D. Duriscoe, C.C.M. Kyba, C.D. Elvidge, K. Baugh, B.A. Portnov, N. A. Rybnikova and R.Furgoni,
10 Juin(2016)

Pourtant, il semblerait également important d’y porter toute son attention. En atteste cette étude réalisée par différents chercheurs, « nous avons constaté qu’environ 83% de la population mondiale et plus de 99% des populations américaine et européenne vivent sous un ciel pollué par la lumière[...]. De plus, 23% des surfaces terrestres du monde [...], 46,9% des États-Unis et 88% de l’Europe connaissent des nuits polluées par la lumière.»¹. D’après ces mêmes chercheurs, la Belgique est l’un des pays les plus touchés, où « la Voie lactée est masquée sur 51% de son territoire ».

Dans cette même étude, ils ont aussi démontré l’impact de la transition actuel de l’éclairage public vers la technologie LED, et il en résulte « une augmentation de la pollution lumineuse de 2,5 fois supérieures par rapport à celle enregistrée actuellement ». Bien qu’aujourd’hui, cela porte encore à débat dans la communauté scientifique, ces résultats inquiétants semblent être prouvés par une autre étude menée par des chercheurs du centre GFZ de recherche géophysique de Potsdam en Allemagne qui a « [...] montrer que de 2012 à 2016, la zone éclairée artificiellement de la Terre a augmenté de 2,2% par an [...] »². Ces chiffres posent alors un constat qui est d’autant plus inquiétant : la transition énergétique de l’éclairage public vers le LED amorcé par de nombreux pays va accroître ce problème de pollution lumineuse déjà fort présent.

Enfin, d’autres études démontrent et alarment quant aux conséquences de cette surexposition à un ciel pollué, impactant alors la santé humaine, et déséquilibrant les écosystèmes en fragilisant l’habitat et en modifiant les comportements de la faune et de la flore.³ Ces modifications comportementales seront plus détaillées dans le chapitre de la pollution lumineuse⁴, mais cela peut se résumer en des modifications des comportements d’attractions ou de répulsions dus à l’illumination ambiante d’un lieu, ainsi qu’à l’altération de l’orientation due aux sources lumineuses elles-mêmes.

Ainsi, ces bouleversements des écosystèmes et les changements climatiques actuels ont un impact néfaste, car « il devrait accroître la portée géographique des maladies infectieuses [...] propagées par des vecteurs comme les tiques ou les moustiques »⁵, et dans ce contexte particulier de pandémie du COVID-19 de ce début d’année 2020 où je réalise ce travail, il me semble alors plus que nécessaire de questionner la place de l’éclairage public, de son utilité, de son coût, ainsi que de son impact sur nos écosystèmes et nos structures urbaines.

1 F. Falchi, P. Cinzano, D. Duriscoe, C. C. M. Kyba, C. D. Elvidge, K. Baugh, B. A. Portnov, N. A. Rybnikova and R. Furgoni, *World map of artificial sky brightness*, Science Advances Vol. 2 no. 6, 10 Juin 2016

2 C.C.M. Kyba, T. Kuester, A.S. de Miguel, K. Baugh, A. Jechow, F. Hölker, J. Bennie, C.D. Elvidge, K.J. Gaston and L. Guanter, *Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent*, Science Advances Vol. 3 no. 11, 22 Novembre 2017:

3 Le Tallec Thomas, *Quel est l’impact écologique de la pollution lumineuse ?*, Encyclopédie de l’Environnement, , 2020.

4 Voir chapitre 3

5 Hayhoe Katharine, climatologue et directrice du Centre des sciences du climat à la Texas Tech University, Twitter, 2020

1.3 Méthodologie et résultats attendus

La méthode de travail consiste à une exploration en et sur l'architecture, dans le cadre d'une recherche approfondie de l'enjeu soulevé dans l'indice. L'étude du territoire permettra de mettre en évidence une multitude de constatations qui une fois mise en relation, feront émerger des tensions territoriales. Ces points stratégiques seront support de projet sur lequel je proposerai différentes hypothèses qui auront pour but, par l'exploration, de répondre à ces problématiques soulevées. Pour cela, ce travail se compose de 3 points.

Tout d'abord, le travail débutera sur une analyse territoriale en vue de développer un état des lieux du territoire métropolitain de la ville de Bruxelles grâce à l'étude de la morphologie sur base du Metropolitan Landscape et du Plan Lumière en vue de pouvoir en tirer des premières constatations. En second temps, il s'agira de comprendre les concepts et problèmes que pose l'éclairage public, de la pollution lumineuse et de ces conséquences à travers des recherches scientifiques, afin de restituer les informations nécessaires, utiles et importantes en vue d'une compréhension globale de la problématique, permettant alors d'être des leviers d'analyses territoriales pour la suite du travail. Ces informations étant sélectionnées sous le regard d'un jeune architecte, les recherches étant assez récentes et la science pouvant évoluer et s'ajuster avec le temps, je conseille aux lecteurs de faire preuve de curiosité et d'aller regarder les diverses sources utilisées lors de l'élaboration de ce chapitre afin d'en apprendre plus et d'en vérifier la contemporanéité. Par la suite, en superposant les constatations soulevées auparavant, cela permettra de mettre en lumière des contradictions et des tensions sur le territoire observé. Ces différentes fractures territoriales seront répertoriées et catégorisées formant ainsi les points stratégiques d'actions. Enfin, dans la dernière partie de l'écrit, un tronçon territorial constitué d'une morphologie représentative du paysage bruxellois et contenant ces différents points stratégiques d'action sera sélectionné. Les différents enjeux du paysage seront alors mis en évidence et des hypothèses d'actions suivant deux stratégies seront mises à l'épreuve à l'aide du projet exploratoire.

1.3.1 Résultats attendus

Les résultats attendus lors de ce travail sont tout d'abord d'acquérir une connaissance suffisante et juste de la problématique afin de l'englober dans un processus de pensée et de projet architectural. Ensuite, de constituer un ensemble de documents graphiques et schématiques permettant une meilleure compréhension et une meilleure présentation des tensions et enjeu observé sur le territoire. Enfin, élaborer différents projets pilotes qui permettraient de proposer une solution durable et pertinente pour la mise en lumière du territoire.

1.4 Médiatisation et valorisation

1.4.1 Prise de conscience de la pollution lumineuse

Bien que la pollution lumineuse constitue une forme extrêmement répandue de dégradation environnementale, elle bénéficie d'une couverture médiatique bien moindre auprès du grand public que d'autres formes de pollution. Il suffit de faire une recherche google pour s'en rendre compte : 4 360 000 résultats quand on recherche la « pollution de l'air », et 3 650 000 quand on tape « pollution de l'eau », mais seulement 438 000 résultats quand on recherche « pollution lumineuse ». Pourtant, lorsqu'on la compare aux autres pollutions, elle n'a pas moins de conséquences néfastes sur la santé humaine, ou les écosystèmes. Déjà au 19^e siècle, certains chroniqueurs rapportent que des essaims de papillons nocturnes et de nombreux oiseaux sont attirés de façon anormale par la lumière des réverbères à gaz. Dans les années 40, ce sont les astronomes qui ont commencé à attirer l'attention sur les vastes halos lumineux, produits par l'éclairage public, englobant les villes et entravant leurs observations du ciel au télescope, les obligeant à s'exiler dans les déserts ou au sommet des montagnes. Le terme de « pollution lumineuse » n'apparaît qu'au cours des années 80 et il faudra encore attendre la décennie suivante pour que le monde scientifique prenne conscience de l'impact environnemental et des effets potentiels sur la santé humaine de l'éclairage intempestif. Ce n'est finalement qu'en 2010 que la première thèse de doctorat sera défendue sur le sujet⁶. Donc, la prise de conscience de l'excès d'éclairage est relativement récente et provient aujourd'hui des protecteurs de la nature qui ont constaté la disparition d'espèces vivantes du fait de la pollution lumineuse, mais aussi de la recherche d'économie d'énergie facile à réaliser en évitant d'éclairer le ciel et de gaspiller de l'électricité en pure perte.

1.4.2 Impact de l'architecte et de son travail

L'architecture a toujours offert cette possibilité d'agir concrètement sur son environnement en proposant des solutions construites à des problèmes donnés. En ce 21^e siècle, les enjeux liés à ceux du climat seront selon moi le point névralgique de la pratique de l'architecte, et je pense que mon travail offre de nouveaux regards de possibilité et d'opportunité que ceux donnés par la littérature et la recherche scientifique classique. Par exemple, en proposant mon écrit et mes documents à des associations de défenses d'animaux tels que Natagora et en imaginant une présentation à leur côté, cela permettrait à mon travail de dépasser le simple travail théorique de fin d'un cursus universitaire et de s'inscrire dans une stratégie et une démarche engagée de faire reconnaître l'obscurité comme une ressource, un droit et une considération envers la faune et la flore d'être aussi acteur d'un urbanisme qui lui est dédié. Cette démarche pourrait aboutir à des interactions et des avancées des consciences collectives sur ce sujet, car il me semble primordial de sensibiliser la population, mais aussi nos politiques de ce problème.

⁶ S. Challéat— *Sauver la Nuit. Empreinte lumineuse, urbanisme et gouvernance des territoires*, Thèse de l'université de Bourgogne, THEMA, Géographie et aménagement du territoire, 2010



Photo 1 : Canal de Bruxelles
Réalisé par l'auteur(2020)

2 Le territoire fragmenté de Bruxelles

« Chère amie, je suis tout ébloui de Bruxelles. [...] Je suis monté sur les clochers de Sainte-Gudule. C'était beau. Toute la ville sous mes pieds, les toits et volutes de Bruxelles à demi estompés par les fumées, le ciel orageux plein de nuages dorés et frisés par le haut, coupés ras comme marbre par le bas, au fond une grosse nuée lointaine d'où tombait la pluie comme du sable fin d'un sac qui se crève, le soleil jouant dans tout cela, la magnifique lanterne à jour du beffroi se détachant sombre sur les vapeurs blanches, et puis le bruit confus de la ville qui montait, et puis la verdure des belles collines de l'horizon, c'était vraiment beau. J'ai tout admiré comme un provincial de Paris que je suis, tout, jusqu'au maçon qui cognait sur une pierre et qui sifflait à côté de moi.»

Lettre à sa femme, Victor Hugo, 1837

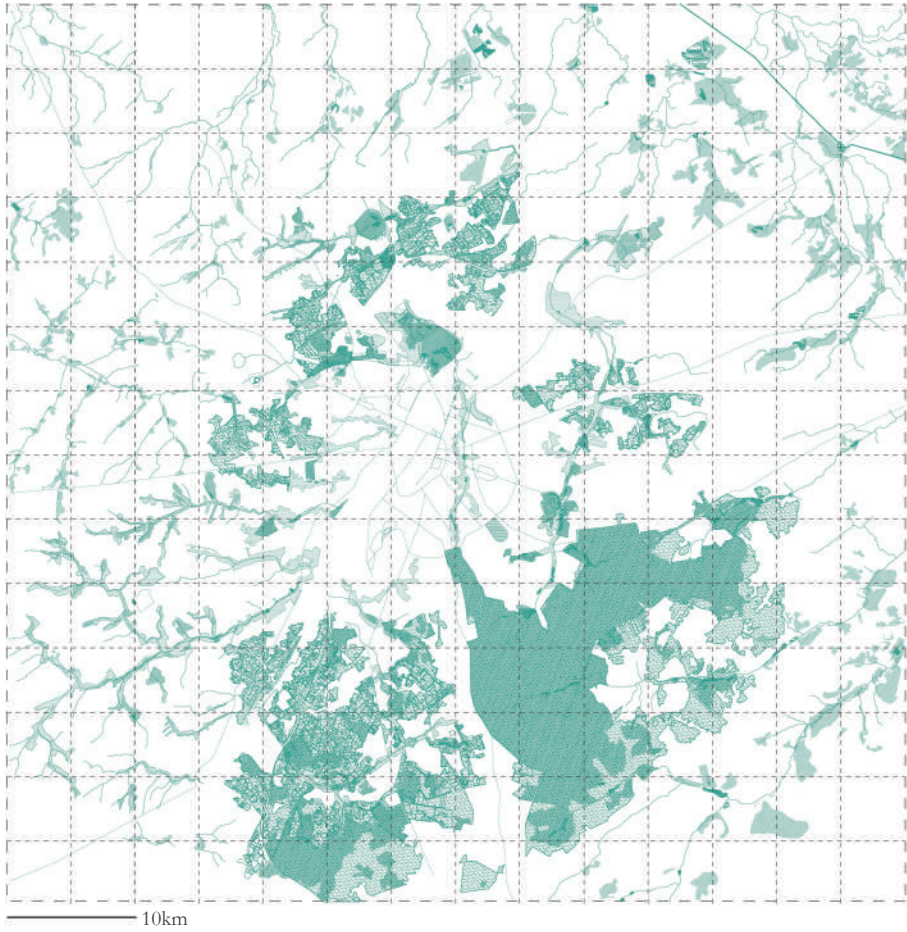
Dans ce chapitre, nous allons parcourir le territoire de Bruxelles et développer un état des lieux de la région par l'analyse de son territoire naturel et lumineux. Pour ce faire, nous observerons d'abord les structures paysagères naturelles existantes grâce à l'étude du Metropolitan Landscape⁷, que nous préciserons ensuite à l'aide du Plan régional de développement durable⁸. Après cela, nous analyserons les plans d'éclairages de la région grâce au Plan Lumière⁹. Grâce à ces deux analyses, nous constaterons que le territoire naturel bruxellois est fragmenté et que l'éclairage public joue un rôle important de barrière dans la reconnexion des espaces naturels. Enfin, nous superposerons les deux analyses afin de mettre en lumière des tensions sur le territoire observé, formant ainsi les points stratégiques d'actions.)

7 J. Mabilbe, E. Vanempen, S. Devoldere, C. Oosterlynck, A. Loeckx, E. Corijn, F. Persyn, I. Avissar et B. Smets, « *Métropolitan Landscape* », 2016

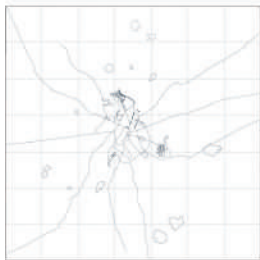
8 Perspective.brussels, « *Plan régional de Développement Durable* », 2016

9 Bruxelles Mobilité, « *Plan lumière 2018, Région Bruxelles-Capitale* », 2018

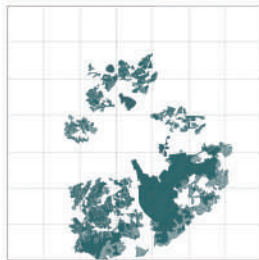
Espaces vert de la région de Bruxelles-Capitale



Parcs paysagés



Espaces naturels



Zones humides

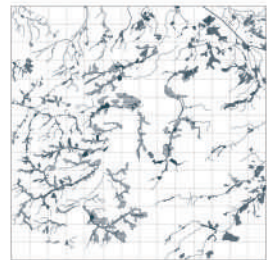


figure 3 : *Paysage naturel de la Région de Bruxelles-Capitale*
Réalisé par l'auteur, sur base du Métropolitain Landscape, (2020)

2.1 Le paysage naturel

2.1.1 Metropolitan Landscape

Pour commencer la recherche, il faut d'abord chercher à comprendre la structure paysagère de Bruxelles afin de se faire une première idée du territoire et d'avoir une base de travail. Pour m'aider dans cette recherche, et comme énoncé ci-dessus, l'étude du Metropolitan Landscape est utilisée comme première référence. En effet, l'étude a mis en évidence 4 structures formant le paysage de la région de Bruxelles : vallée des infrastructures, paysages construits, système de parc et système humide, et permettant alors d'établir une première lecture du territoire. Dans la recherche d'établir un document sur le territoire naturel, afin de déterminer la structure spatiale de celui-ci, il a fallu alors exclure la vallée des infrastructures, car celle-ci est d'origine humaine. Ainsi, cela me permet de représenter une première carte montrant l'ensemble des espaces verts de la région de Bruxelles, composé alors de 3 structures écologiques différentes : les parcs paysagés, les espaces verts naturels et les zones humides, me permettant d'établir des nuances dans ce territoire isotrope.

Le Metropolitan Landscape décrit à propos du paysage bruxellois : « L'aire métropolitaine bruxelloise ne possède pas d'identité paysagère forte, mais plusieurs conditions paysagères entremêlées. La faible topographie et le système hydrographique de minces affluents de la Senne n'ont pu empêcher une urbanisation massive désordonnée du territoire. [...] On observe ainsi plusieurs types de paysages entremêlés : de nombreux paysages humides comme à Drogenbos, ou le long des affluents (Woluwe, Molenbeek, etc.), un ensemble de petites réserves naturelles, la forêt de Soignes, des vallées agricoles qualitatives (Pajottenland, Scheutbos), des corridors verts (bois du Laerbeek, Poelbos), ou, encore, des petites poches agricoles en pleine ville (Kraainem, Wezembeek).»¹⁰

Ces paysages, en plus de caractériser la structure verte de la région de Bruxelles, ont une grande valeur écologique, car ils révèlent un patrimoine biologique d'une grande diversité en milieu urbain. En effet selon Bruxelles Environnement, il existe « près de 44 espèces de mammifères indigènes, 92 espèces d'oiseaux nicheurs, 12 espèces d'amphibiens et reptiles et 841 espèces de plantes. À travers eux, on peut citer notamment la chauve-souris dont il existe 19 espèces présentes sur notre territoire, le lucane cerf-volant, le pic noir, le renard, l'anémone des bois, la jacinthe ainsi que l'iris des marais.»¹¹ Cette biodiversité est permise grâce à l'abondance d'espace vert, occupant alors près de la moitié de la surface de la région Bruxelles. Cette multitude d'espaces verts et la grande variété de milieux ou habitats pour la faune et la flore (jardins, parcs, prairies, forêts, friches, etc.) jouent un rôle primordial dans la préservation de la biodiversité bruxelloise.

10 J. Mabilbe, E. Vanempten, S. Devoldere, C. Oosterlynck, A. Loeckx, E. Corijn, F. Persyn, I. Avissar et B. Smets, « *Metropolitan Landscape* », p.45, 2016

11 Bruxelles Environnement, IBGE, « *La biodiversité à Bruxelles* », p. 2, 2015.

Maillage vert et bleu

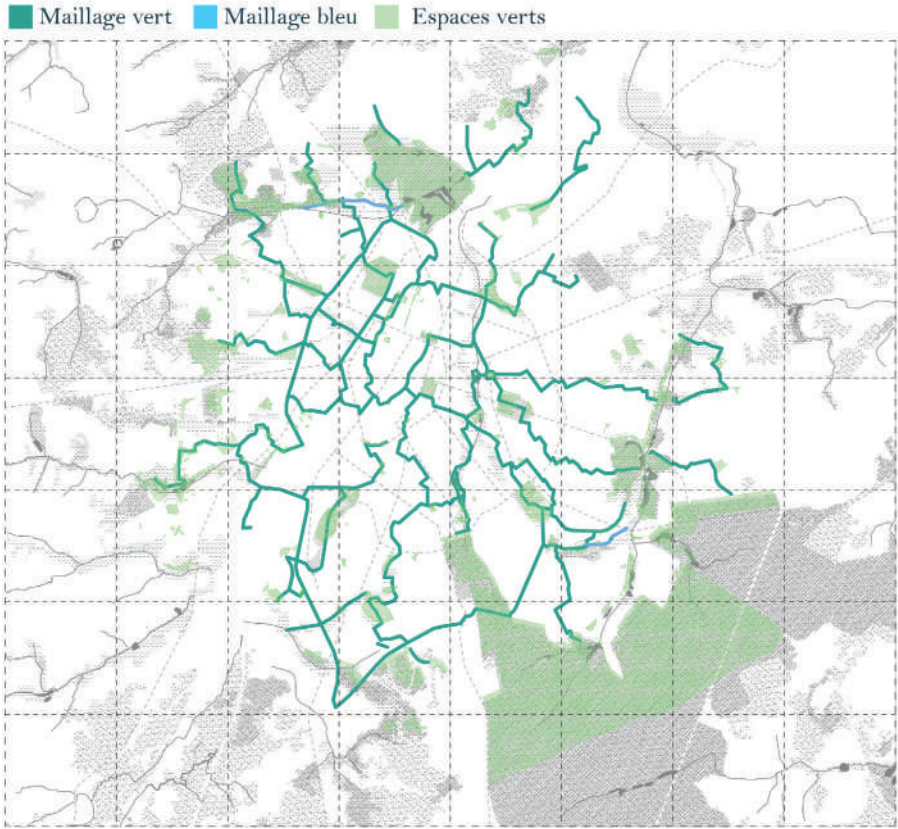


figure 4 : *Maillage vert et bleu*
Réalisé par l'auteur, sur base du PRDD, (2020)

2.1.2 Maillage vert et bleu

Malheureusement, comme partout dans le monde, cette biodiversité est menacée à cause des nombreux problèmes écologiques qui surviennent. Parmi les principales causes, on peut évidemment noter le changement climatique ainsi que l'exploitation agressive de certains espaces en vue d'en tirer les ressources primaires (exploitation forestière et agricole). Néanmoins dans le cadre de notre étude, nous nous intéresserons à la principale menace à Bruxelles qui est, comme dans la plupart des villes, la diminution des espaces verts. En effet, l'urbanisation croissante a provoqué une réduction des espaces verts (de 1980 à 2003, la superficie non bâtie a diminué de 17% en Région de Bruxelles-Capitale), entraînant alors avec elle une fragmentation des habitats et des écosystèmes, une diminution de la biodiversité et la raréfaction d'espèces.

Pourtant, cette biodiversité a un rôle très important, car elle assure de nombreux services écologiques ainsi que des besoins vitaux et il semble primordial de la conserver. Bruxelles Environnement explique que : «En effet, la nature nous fournit quantité de matières premières indispensables : aliments, médicaments, textiles, carburants, etc. Les arbres fournissent abri et nourriture aux oiseaux, insectes, autres plantes et animaux, champignons et microbe. La pollinisation des plantes par les insectes, notamment les abeilles, est indispensable à la production de fruits. De nombreux organismes, tels que les vers de terre et les bactéries, assurent le recyclage des déchets organiques et la fertilité du sol. L'émission d'oxygène par les végétaux rend notre air respirable. Les végétaux retiennent le gaz carbonique, ce qui freine l'effet de serre et contribue ainsi à la stabilisation du climat. Les zones humides réduisent l'impact des inondations en retenant de grandes quantités d'eau et purifient l'eau en la filtrant. La beauté des paysages et des formes de vie est source de bonheur et de plaisir. Les oiseaux, grenouilles, chauves-souris ... nous débarrassent des insectes. Enfin, les prédateurs éliminent les animaux les plus faibles ou ceux qui sont malades.»¹²

Cette fragmentation a été étudiée par Bruxelles Environnement¹³ et pour lutter contre celle-ci, la région de Bruxelles a élaboré et mis en place un plan de maillage vert et bleu. Le but de ce maillage est de créer des espaces verts afin de combler les lacunes dans les espaces où il en manque ainsi que de développer et d'assurer la liaison entre ces espaces. Le principe est alors de préserver et de développer la biodiversité en jouant un rôle écologique. En effet, en assurant la connexion entre les espaces verts, le maillage vert et bleu est une solution contre la fragmentation des écosystèmes en permettant à la flore de se disperser et à la faune de déplacer d'un espace vert à un autre. Néanmoins comme nous le verrons dans le chapitre suivant, ce maillage est mis à mal par l'éclairage public, car celui-ci crée de la pollution lumineuse qui dégrade les conditions de vie des espèces et accentue le phénomène de fragmentation et d'isolation spatial.¹⁴

12 Bruxelles Environnement, IBGE, « *La biodiversité à Bruxelles* », p. 6, 2015.

13 Voir annexe 1

14 Voir chapitre 3.4.1

Histoire de l'éclairage public



figure 5 : Différente phase de l'éclairage en fonction des dates
Réalisé par l'auteur, sur base des sources écrites, (2020)

2.2 Paysages lumineux

Afin de comprendre tout l'enjeu que représente l'éclairage artificiel nocturne sur le territoire, il me semble d'abord important d'avoir un aperçu de l'ensemble du parc lumineux sur le territoire de la ville de Bruxelles en passant par son histoire. Ensuite, nous déterminerons quel est l'état actuel du parc lumineux travers ses acteurs, sa gouvernance et sa gestion et grâce à l'étude du Plan Lumière proposé par Bruxelles Mobilité. Et enfin, afin de comprendre l'ampleur de la problématique, nous aborderons les problèmes liés à la pollution lumineuse.

2.2.1 L'histoire de l'éclairage à Bruxelles

L'histoire de l'éclairage remonte assez loin, par exemple c'est au début du 14^e siècle que le roi Philippe V lança les prémises et les bases de l'éclairage sécuritaires. Néanmoins pour voir l'éclairage tel que nous le connaissons aujourd'hui, il faudra attendre le 18^e siècle où l'apparition des réverbères à huile et l'éclairage au gaz vont être le véritable essor dans le développement de l'éclairage public. Ainsi en 1817, Bruxelles devint la première ville européenne dont les rues sont éclairées aux gaz de houille.¹⁵

Tout d'abord, ce fut en premier les places comme le Théâtre de la Monnaie, le Théâtre du Parc et la place Rogier qui accueillent les premiers essais d'éclairage et par la suite, le centre de Bruxelles et ses rues suivirent. Par la suite, l'éclairage à l'électricité arrivera dans la capitale belge en 1882, plus tard que dans les capitales voisines, car Londres éclairait ses rues ont l'électricité en 1881. Vers 1900 se voient apparaître les premières lanternes sur consoles des entrées des établissements, ensuite aux mitoyennetés des maisons dans les cités. De plus, on recense la présence d'éclairage sécuritaire aux croisements des routes. En 1905, lors de la fête nationale, les grandes artères sont éclairées. Ainsi, l'éclairage public des voiries n'est présent que sur quelques grands axes, implanté en axial, profitant de l'alimentation des câbles électriques des tramways.¹⁶ À partir des années 1950, l'utilisation effrénée de la voiture va réorienter le débat sur l'éclairage public. On élabore alors des critères basés sur la visibilité optimale et sur la sécurité automobile et cela aura pour conséquence de créer un paysage nocturne fonctionnel avec mobilier d'éclairage de type autoroutier. Enfin, vers le milieu des années 80, l'éclairage devient un moyen de mise en valeur d'une ville et est donc penser et utiliser comme outil de lecture et de mise en valeur du paysage urbain.¹⁷ Enfin, de nos jours, les analyses et planifications urbanistiques basées uniquement sur des notions de patrimoine se voient remplacées par des études plus globales prenant alors en compte la complexité de la ville, mais aussi en apportant des réflexions sur le durable.

15 S. Paquier, J-P Williot (dir), « *L'industrie du gaz en Europe aux XIX^e et XX^e siècles: l'innovation entre marchés privés et collectivités publiques* », P.I.E Peter Lang, p. 197, 2005.

16 L. Clerbois, « *Histoire de l'éclairage public à Bruxelles* », 1910

17 Administration de la commune d'Uccle, « *Histoire de l'éclairage public* », lien : « <http://www.uccle.be/administration/travaux/brochure03> », consulté le 14/04/2020

Gouvernance

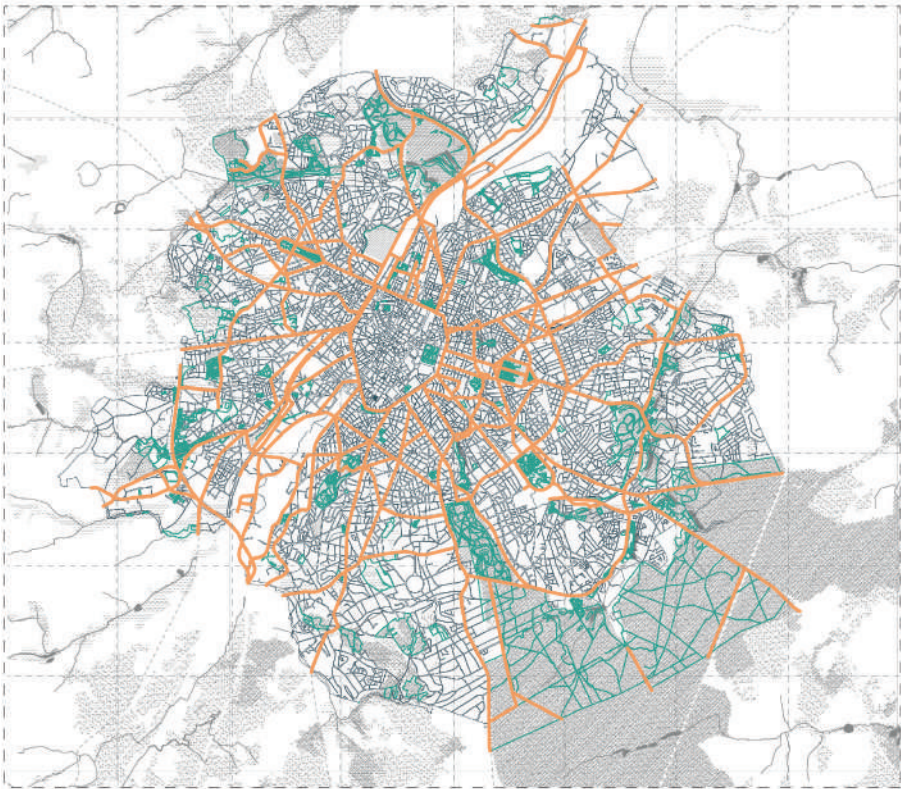
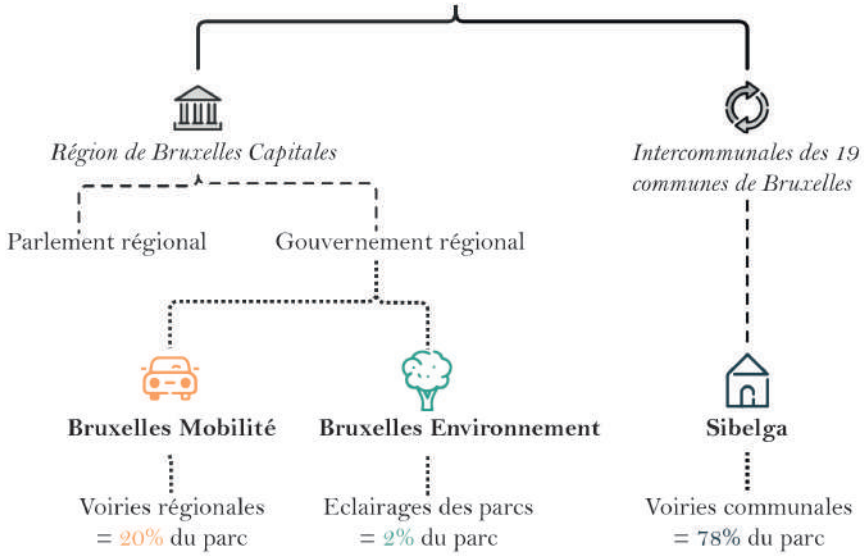


figure 6 : Schéma et carte de la gouvernance de l'éclairage public à Bruxelles, Réalisé par l'auteur, sur base du Plan Lumière (2020)

2.2.2 Les acteurs et la gouvernance

Dans ce chapitre, nous aborderons la question du fonctionnement et de la gouvernance de l'ensemble du parc lumineux de la région de Bruxelles Capital.

Tout d'abord, en Belgique, ce sont les régions qui sont compétentes pour les matières liées au territoire (par ex. aménagement du territoire, transports, environnement, etc.). Chaque région est ainsi pourvue d'un organe législatif appelé parlement régional et dont les membres sont élus tous les 5 ans. À Bruxelles donc, le parlement bruxellois élabore, discute et vote des textes législatifs (ordonnances et règlements) dans les domaines qui relèvent des compétences de la Région bruxelloise. Il contribue donc au financement des grands axes de la politique régionale, ainsi que du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale. En effet, le gouvernement régional est l'organe exécutif de la région et ces membres gèrent alors les matières définies par les compétences régionales. Afin de les aider, la région a créé une série d'institution d'utilité publique et d'associations sans but lucratif en vue de traduire sa politique et ses compétences en actions concrètes nommées les organismes régionaux.¹⁸

En matière d'éclairage donc, le premier acteur n'est d'autre que Bruxelles mobilité qui élabore le plan de lumière régional, assure la gestion et la maintenance des voiries régionales qui couvre 20% du parc. La seconde institution est Bruxelles Environnement qui s'occupe de la gestion de l'éclairage des parcs et jardins qui relèvent de sa responsabilité. Enfin, nous avons l'éclairage communal, couvrant alors près de 79% du parc qui est géré de manière plus particulière, car malgré des directives régionales, chaque commune a un pouvoir décisionnel sur son parc. De plus, sa gestion est assurée par le dernier acteur important : Sibelga, qui est le gestionnaire des réseaux de distribution d'électricité et de gaz naturel de la Région de Bruxelles-Capitale. Sa mission est de construire, d'entretenir et de renouveler les installations d'éclairage public sur les voiries communales et dans les espaces publics communaux, ainsi que d'alimenter en électricité ces installations. Enfin, elle participe en tant que conseil dans l'élaboration des plans lumière, en collaboration avec Bruxelles Environnement et Perspective.Bruxelles.¹⁹

Enfin, il est important de noter que malgré quelques collaborations entre les acteurs lors de projet précis à cheval sur des espaces communaux et régionaux, il n'existe donc aucune synergie structurelle entre chacun des acteurs et Bruxelles environnement n'a presque contact avec Sibelga.²⁰ Ainsi, le territoire lumineux se retrouve fragmenté et comme l'évoque le Plan Lumière 2017 de la Région de Bruxelles-Capitale, une vision globale de la gestion de l'éclairage public à l'échelle bruxelloise serait une plus-value.

18 Région de Bruxelles-Capitale, « *À propos de la Région* », lien : <https://be.brussels/a-propos-de-la-region/les-competences-regionales>, consulté le 15/04/2020

19 Brugel, « *Commission de régulation de l'énergie en région de Bruxelles-Capitale* », 2018

20 Brugel, « *Commission de régulation de l'énergie en région de Bruxelles-Capitale* », p.12, 2018



figure 7 : Allumeur du réverbère de la cathédrale Saint-Michel, allumant les rares réverbères au gaz restant dans la Capitale.
Auteur inconnu, (1951)

2.2.3 État actuel du parc et coût

Dans ce chapitre, nous aborderons une grande partie du parc lumineux de la région de Bruxelles Capital par le biais de différents chiffres et éléments de comparaison. Comme montré dans le chapitre précédent, la gouvernance de l'éclairage bruxellois est assez fragmentée et il n'a pas été possible de recueillir l'ensemble des informations de tout le parc lumineux. En effet, seul Sibelga, dans sa qualité de complète transparence, transmet ses informations et c'est par l'intermédiaire de Brugel, la commission de régulation de l'énergie en région Bruxelloise que nous avons pu accéder à ces chiffres. Néanmoins, on peut vraisemblablement supposer qu'une connaissance de 79% du parc est suffisante pour approximer l'ensemble du parc lumineux.

Pour commencer, il faut savoir que Sibelga a sous sa charge la gestion de plus de 85 542 luminaires. Ceux-ci sont distancés entre eux d'environ 25-30m²¹ ce qui équivaut à de plus de 1553 km de route qui sont éclairés, ce qui est plus que l'entièreté de la frontière belge, qui s'étale, elle, sur une distance de 1385 km²². Bien que la consommation électrique diminue, avec une diminution estimée à environ 14,4% de 2007 à 2017 grâce à un changement annuel de 2% du parc vers la technologie LED, le nombre de luminaires quand à lui a augmenté de 7% (voir figure 2) et l'éclairage public a consommé en 2019 environ 48.085 [MWh] (= 48.000.000kWh). Comme le chiffre est relativement important, je propose une comparaison afin de mieux cerner toute l'énergie que cela représente. Si l'on considère qu'un foyer consomme par an 3.900 kWh par an²³, alors l'énergie consommée par l'éclairage public aurait pu alimenter 12.300 foyers durant une année. De plus, cet éclairage à un coût relativement important. En effet, sur l'année 2019, le coût en électricité s'élève à 6.856.652 €. À ce chiffre s'ajoute 15.023.839 € de construction et de remplacement d'éclairage LED, et enfin on ajoute encore 5.337.198€ d'entretien. Le coût total de l'éclairage public communal s'élève donc à 27.217.689 € pour l'année 2019. Ce qui est d'autant plus étonnant, c'est que le coût total lié à l'éclairage public a augmenté de 8,46%, et ce malgré la diminution de la consommation électrique relevée auparavant.²⁴

L'ensemble de ces données montrent l'ampleur que représente l'éclairage public dans la région bruxelloise et permettent de mettre en exergue différents points qui permettraient de justifier une diminution ou un nouveau projet d'éclairage. En effet si nous imaginons de manière utopique qu'on éteindrait tous les lampadaires, il serait alors possible d'utiliser ces millions d'euros en mettant en place d'autres modèles plus durables dans l'aménagement, qui serait alors respectueux des écosystèmes et de l'environnement.²⁵

21 Code de bonne pratique sur le site : <https://www.belgium.be/fr>

22 Chiffre obtenu sur Wikipédia : https://fr.wikipedia.org/wiki/Fronti%C3%A8re_de_la_Belgique

23 Chiffre obtenu sur le site de Engie : <https://www.engie.be/fr/blog/solutions-pour-la-maison/consommation-electricite-moyenne-belge/>

24 Brugel, « *Commission de régulation de l'énergie en région de Bruxelles-Capitale* », p.25-35, 2018

25 Voir chap. 5 Scénarios

Implantations et hauteurs

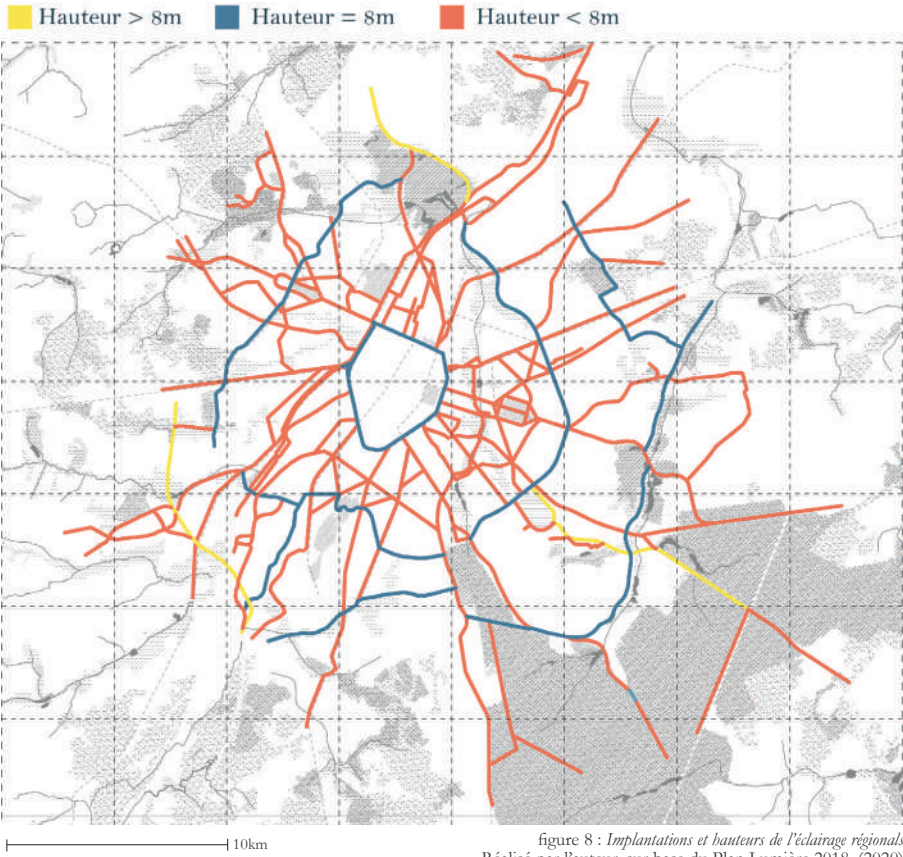


figure 8 : *Implantations et hauteurs de l'éclairage régionals*
Réalisé par l'auteur, sur base du Plan Lumière 2018, (2020)

2.2.4 Le Plan Lumière régional de 2018

Pour commencer, bien qu'il est intéressant de prendre connaissance de l'ensemble du plan lumière qui, par bien des aspects, propose une vision rassurante pour l'ensemble de la Région Bruxelles-Capitale en ce qui concerne l'aspect économique, social et sécuritaire de l'éclairage, nous aborderons celui-ci uniquement du point de vue de l'aspect écologique. Nous observerons alors ses plans directeurs (plan des ombres, plan des hauteurs et plans des tonalités) et ses caractéristiques d'éclairage qu'il met en place afin de faire un état des lieux de l'ensemble du parc lumineux vis-à-vis des espaces verts. Nous pourrions alors les contraster et nous assurer que celui-ci n'est pas une menace pour la biodiversité et les écosystèmes présents dans la région.

Tout d'abord, le plan lumière est défini par Bruxelles Mobilité comme étant un « document de synthèse qui [...] représente le contenu de la politique globale de lumière de la collectivité.[...] Il définit les caractéristiques techniques de l'éclairage projeté avec la conscience d'éviter de ne définir la mise en lumière que comme une simple réponse fonctionnelle aux seules exigences de sécurité liées à la circulation des véhicules. Le plan présente, en termes d'éclairage [...] des réponses aux fonctions et besoins de chaque espace et composant urbain, tels que : les niveaux de lumière en fonction des types de voies et des espaces particuliers à éclairer, les orientations lumière, les couleurs de sources lumineuses, les effets de lumière, les hauteurs de sources de lumière et la mise en valeur de certains sites par l'éclairage.»²⁶

Donc, dans l'ensemble du plan lumière on constate une volonté de créer un éclairage adapté aux usages, par exemple un plan des ombres²⁷. Ce plan se caractérise par une volonté de laisser des zones éteintes (tel que les réserves naturelles) ainsi qu'une volonté de diminuer l'intensité d'éclairage public dans certaines zones commerciales et industrielles en fonction des heures de la nuit grâce à un système de dimming. Néanmoins, le plan des ombres s'avère en réalité insuffisant, car sa proposition ne permet pas de lutter efficacement contre la fragmentation des espaces verts et de plus, l'aspect économique et social vient contrebalancer l'aspect écologique rendant alors celui-ci caduc par instant de par la volonté de scénographier par la lumière certains parcs, ou par l'utilisation de lumière blanche proche des espaces verts.²⁸

Ensuite, le plan lumière aborde le plan des implantations et des hauteurs. Il peut être résumé comme tel : le Ring et les accès routiers : hauteur 8 mètres, les trois Ceintures (Petite/Moyenne/Grande) : hauteur égale à 8 mètres ; le reste du tissu urbain : hauteur inférieure à 8 mètres.²⁹

26 Bruxelles Mobilité, « *Plan lumière 2018, Région Bruxelles-Capitale* », p.3, 2018

27 Bruxelles Mobilité, « *Plan lumière 2018, Région Bruxelles-Capitale* », p.35, 2018 - Voir annexe 2

28 Bruxelles Mobilité, « *Plan lumière 2018, Région Bruxelles-Capitale* », p.70, 2018

29 Bruxelles Mobilité, « *Plan lumière 2018, Région Bruxelles-Capitale* », p.39, 2018

Tonalité de la source lumineuse

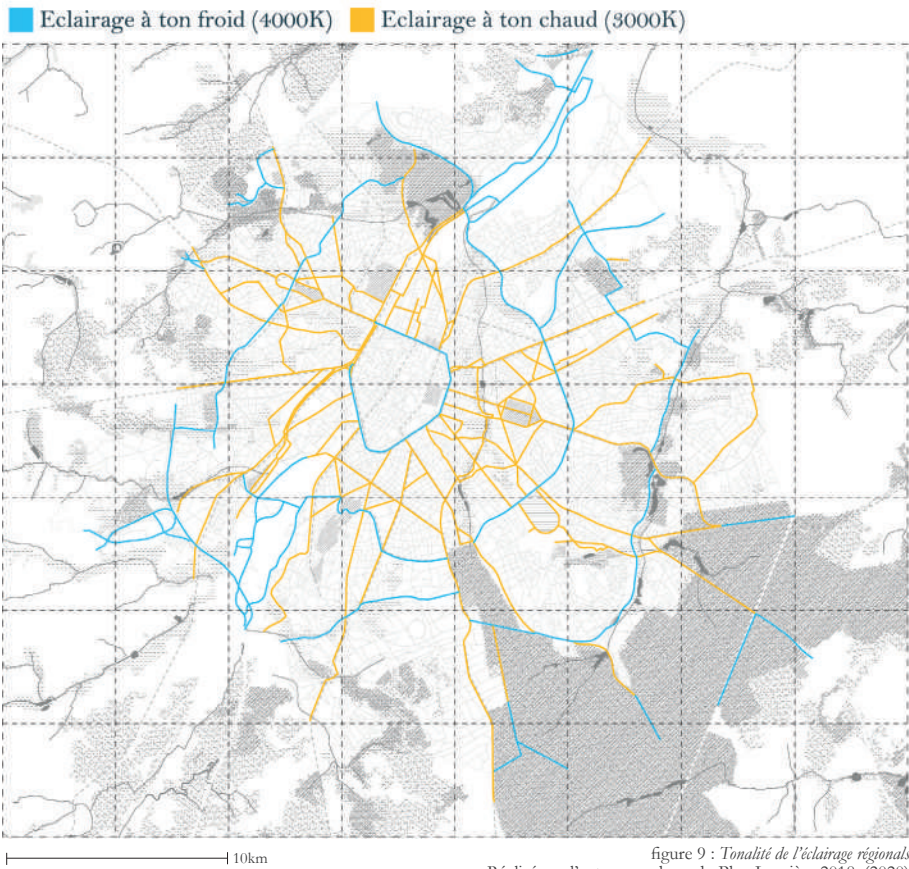


figure 9 : Tonalité de l'éclairage régionals
Réalisé par l'auteur, sur base du Plan Lumière 2018, (2020)

Cette implantation est choisie en fonction des catégories de voiries, et comme la réalité est souvent plus complexe due aux bandes de circulation secondaires ou aux pistes cyclables, le plan lumière préconise de seconder cet éclairage principal par un éclairage plus bas.³⁰

Enfin, le dernier plan proposé est celui des tonalités des sources lumineuses à installer sur l'ensemble des voiries régionales. Bruxelles Mobilité argumente son choix en expliquant que le but est de couvrir, l'ensemble du territoire par de la lumière blanche, au très bon indice de rendu des couleurs (IRC), contrairement aux anciennes sources jaunes ou orangées (sodium haute et basse pression). Ainsi, le principe général de composition est d'utiliser un blanc chaud (+/- 3000 K), pour l'ensemble du territoire habité : en effet, cette tonalité est généralement reconnue pour procurer un éclairage confortable pour tous les types d'usagers en zone urbaine. Cependant, pour certaines voiries, un blanc plus froid peut être utilisé afin de les différencier légèrement en soulignant une certaine dynamique au sein du territoire (mais aussi parce que leur usage est plus automobile que piéton) : il s'agit du blanc neutre (+/- 4000 K), recommandé pour les trois ceintures (Petite/Moyenne/Grande), mais aussi pour les voiries plus fonctionnelles (zones d'activités, industrielles, etc)³¹.

Ainsi, le plan lumière se révèle être un document très important, nous permettant de comprendre le territoire lumineux de la Région de Bruxelles-Capitale. Étant donné que les plans lumière de chaque commune de la région de Bruxelles sont compliqués à obtenir (il faut pour cela passer par le service de l'urbanisme de chacune d'entre-elle) et comme chacune d'elles possède une certaine liberté en ce qui concerne son parc lumineux, ils nous auraient été compliqué de tirer une vision commune du territoire en vue de l'intégrer dans des analyses globales. Ainsi, Grâce à l'étude du plan lumière et plus particulièrement de 3 plans : le plan des ombres, le plan des implantations et le plan des tonalités, nous pouvons comprendre la logique de planification régionale en matière d'éclairage et ces plans seront d'une importance capitale, car ils serviront de base pour de futures analyses et permettront alors l'élaboration de scénario impliquant la modification de l'éclairage.³²

Avant de continuer plus loin mon analyse territoriale ou je procéderai à une superposition des 2 couches territoriales, c'est à dire au contraste du parc lumineux et ses implantations vis-à-vis du territoire naturel et de son maillage, afin d'en extraire des premiers constats, il me semble d'abord important de comprendre et d'explicitier la problématique liée à l'éclairage public, quels en sont ses origines, les causes et ses conséquences, et comment celui peut nuire à nos écosystèmes. En effet, une compréhension de la pollution lumineuse et de ses effets nous permettra d'avoir un regard critique et objectif dans notre démarche d'analyse territoriale ainsi qu'une meilleure intégration de la problématique dans la recherche par le projet.

30 Voir annexe 3

31 Bruxelles Mobilité, « *Plan lumière 2018, Région Bruxelles-Capitale* », p.40, 2018

32 voir chap. 5.2 - p.83



Photo 2 : Place Poelaert
Réalisé par l'auteur(2020)

3 La pollution lumineuse

D'après le dictionnaire Larousse, une pollution se qualifie comme étant : « la dégradation de l'environnement par des substances (naturelles, chimiques ou radioactives), des déchets (ménagers ou industriels) ou des nuisances diverses (sonores, lumineuses, thermiques, biologiques, etc.) » et d'après le CNRTL, la pollution se caractérise par « une infection due à la présence (dans l'eau, dans l'atmosphère) d'agents chimiques, biologiques ou physiques. »³³; à travers ces définitions, la pollution lumineuse peut être donc définie comme étant une dégradation de l'environnement nocturne due à la présence gênante et anormale de l'éclairage artificiel. Ainsi, toutes sources de lumière artificielle, leurs nombres, leurs positions, leur temps d'éclairement et leurs présences nuisent alors à l'obscurité habituelle de la nuit. Nous verrons qu'il faut différencier cette pollution en parlant de « pollution lumineuse astronomique » ou encore de « pollution lumineuse écologique ».

3.1 Origines

Dans la revue médicale de Liège, on peut lire : « Parmi les facteurs qui ont été à l'origine de l'apparition et du développement du phénomène de la pollution lumineuse, on peut certainement citer l'augmentation progressive de la production d'électricité, inhérente aux différentes percées technologiques, ainsi que celle de l'offre en éclairage. Il faut également considérer le moindre coût de l'énergie électrique nocturne produite par les centrales nucléaires qui fonctionnent en permanence. Enfin, on considère généralement que la volonté politique de répondre au désir de sécurité de la population a également joué un rôle important, notamment en ce qui concerne le développement de l'éclairage public. »³⁴

³³ Dictionnaire le Larousse, 2019 - Centre Nationale des Ressources textuelles et lexicales, 2012

³⁴ H. Jedidi, F. Depierreux, Z. Jedidi, A. Beckers, « *La pollution lumineuse, entre santé et écologie* », Rev Med Liège, Vol 70, n° 11, p557-562, 2015.

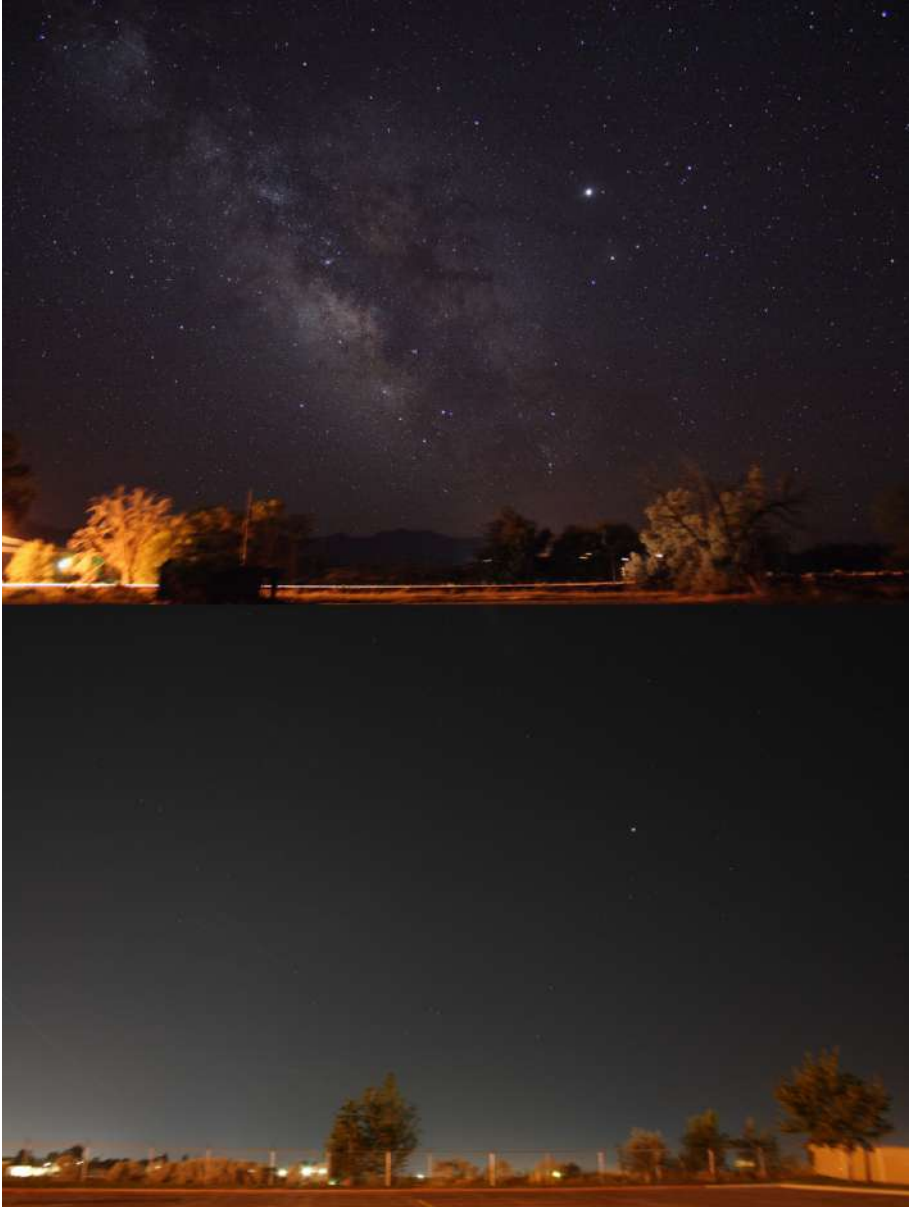


figure 10 : Comparaison montrant les effets de la pollution lumineuse sur l'observation du ciel la nuit.
Jeremy Stanley , 6 août (2007)

3.2 Causes

« La lumière jaillissant de l'électricité a servi d'abord à éclairer les galeries souterraines des mines ; le lendemain, les places publiques, les rues ; le surlendemain, les usines, les ateliers, les magasins, les spectacles, les casernes ; le jour d'après, l'intérieur de la famille. Les yeux, en présence de ce radieux ennemi, ont fait bonne contenance, mais, par degrés, est survenu l'éblouissement, éphémère au début, puis périodique, puis en fin de compte opiniâtre. »

Paris en songe, 1863, Jacques Fabien

Les principales causes de la pollution lumineuse sont, comme décrites dans la citation ci-dessus, en premier temps l'éclairage public, urbain (façade de monument ou de bâtiment) et routier, qui bien trop souvent sont trop puissant, inadapté et mal conçu, favorisant la dispersion multidirectionnelle (en particulier vers le ciel) et la réflexion des rayons lumineux. Cependant, il faut aussi prendre en compte l'éclairage domestique et les phares de voitures qui ont aussi une grande part quand aux nuisances qu'elles entraînent. Enfin, on peut aussi citer l'excès d'éclairage publicitaire ainsi que dans une moindre mesure aujourd'hui, l'éclairage lié aux canons à lumière ou skytracer.

3.3 Impacts environnementaux

« Si vous avez jamais passé la nuit à la belle étoile, vous savez qu'à l'heure où nous dormons, un monde mystérieux s'éveille dans la solitude et le silence. Alors les sources chantent bien plus clair, et les étangs allument des petites flammes. »

Les étoiles, 1873, Alphonse Daudet

Comme précisé dans la méthodologie, le but de ce chapitre est de lister l'ensemble des conséquences de la pollution lumineuse et pour ce faire, nous reprendrons ici les travaux de Longcore et Rich³⁵ basés sur une approche transversale de type et de conséquences. Approche assez nouvelle, car avant ces travaux, les études scientifiques sur les potentiels effets de l'éclairage artificiel sur la faune et la flore ont été menées de manière distincte en fonction de chaque écosystème ou de chaque famille taxonomique³⁶.

35 T. Longcore et C. Rich, « *Ecological light pollution* », *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 2, n° 4, p. 191-198, 2004

36 Health Council of the Netherlands, « *Impact of outdoor lighting on man and nature* », The Hague, Health Council of the Netherlands, Publication No. 2000/25E., 2000.

D. Hill, « The impact of noise and artificial light on waterfowl behaviour: a review and synthesis of the available literature », *British Trust for Ornithology Report* n° 61, Norfolk, United Kingdom, 1990.

A.R. Outen, « *The ecological effects of road lighting* », B. Sherwood, D. Culter et J.A. Burton (sous la dir. de), *Wildlife and roads : the ecological impact*, p. 133-155, 2002.

London, Imperial College Press. J. Schmiedel, « Effects of artificial lighting on the animal world - an overview », *Schriftenreihe Landschaftspflege und Naturschutz*, n° 67, p. 19-51, 2001.

E.J. Verheijen, « *Photopollution: artificial light optic spatial control systems fail to cope with. Incidents, causations, remedies* », *Journal of Experimental Biology*, n° 44, p. 1-18, 1985.

3.3.1 Pollution lumineuse écologique : échelle

Le terme de «pollution lumineuse» lumineuse fait référence, la plupart du temps, à la dégradation du ciel nocturne pour la vue humaine. Cependant, pour être plus juste, les scientifiques parlent alors de «pollution lumineuse astronomique», due au fait que les étoiles disparaissent à cause de la lumière qui est dirigée, réfléchiée et diffusée vers le ciel. Il faut alors distinguer la « pollution lumineuse écologique » qui elle, modifie les niveaux naturels d'intensité la lumière et d'obscurité dans les écosystèmes. Cette nomination semble plus juste, car elle exclut alors la vue humaine, abordant les variations et fluctuations momentanées de la lumière à un endroit donné (comme les phares d'une voiture par exemple), rendant alors les sources de pollution lumineuse écologique nombreuse, pouvant perturber à certains niveaux les écosystèmes à travers une grande gamme d'échelles spatiales et temporelles. En effet à l'échelle spatiale, comme montrée dans l'indice à l'aide de la carte mondiale de la luminosité artificielle de F. Falchi³⁷, l'ampleur de la pollution lumineuse écologique est mondiale, impactant alors un large éventail d'écosystème, jusqu'aux océans avec les bateaux de croisières et plateforme pétrolière. Enfin quand aux échelles temporelles, les écosystèmes très réguliers comme les zones tropicales sont considérablement sensibles aux altérations du rythme d'alternance jour/nuit.³⁸ En effet, une prolongation du jour par l'effet d'un éclairage artificiel affectera particulièrement les espèces tropicales, alors inadapté à des variations saisonnières de grande amplitude.

3.3.2 Problème de mesures et d'unités

Afin de mesurer la pollution lumineuse écologique, on s'emploie à déterminer l'illumination à un endroit donné. L'illumination est la quantité de lumière incidente par unité de surface, elle est souvent quantifiée en lux et est la mesure la plus communément utilisée, exprimant l'intensité lumineuse comme perçue par l'œil humain. En effet, les luxmètres, les appareils de mesures de l'éclairage lumineux, sont constitués de cellule photosensible correspondant aux caractéristiques de la vision photopique humaine. Cette unité est donc employée par les concepteurs d'éclairages, ingénieurs, et indicateur environnementaux. Néanmoins, les scientifiques devraient mesurer l'illumination en photons par mètre carré et par seconde, avec une mesure spectrale simultanée. En effet, la faune et la flore perçoivent la lumière différemment, parfois dans des longueurs d'ondes indétectables à l'œil humain, il est donc impératif de sortir du lux afin d'identifier ces perceptions et mesurer la luminosité en fonction d'elle. Des essais en ce sens ont déjà eu lieu, comme par exemple Gal et al.³⁹ qui ont ajusté l'intensité lumineuse mesurée en lux à la sensibilité spectral de la crevette de Mysid.

37 F. Falchi, P. Cinzano, D. Duriscoe, C. C. M. Kyba, C. D. Elvidge, K. Baugh, B. A. Portnov, N. A. Rybnikova and R. Furgoni, *World map of artificial sky brightness*, Science Advances Vol. 2 no. 6, 10 Juin 2016

38 P. Cinzano, F. Falchi, C.D. Elvidge et K.E. Baugh, « *The artificial night sky brightness mapped from DMSP Operational Linescan System measurement* », Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, n° 318, p. 641-657, 2000.

39 G. Gal, E.R. Loew, L.G. Rudstam, et A.M. Mohammadian, « *Light and diel vertical migration : spectral sensitivity and light avoidance by *Mysis relicta** », Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, n° 56, p. 311- 322, 1999



figure 11 : Oiseaux migrateurs bloqués dans le faisceau lumineux du mémorial des deux tours du World Trade Center, Brian Tofté Schumacher, 11 septembre (2010)

3.4 Écologie comportementale et populations des écosystèmes

La pollution lumineuse écologique a des effets démontrables sur l'écologie comportementale et démographique des organismes en milieu naturel.⁴⁰ Dans l'ensemble, ces effets découlent de changements d'orientation, de désorientation ou d'attraction ou de répulsion de l'environnement lumineux modifié, qui peuvent à leur tour affecter la recherche de nourriture, la reproduction, la migration et la communication. De nombreuses études comportementales sur un large éventail d'espèces ont été réalisées, mais je vais ici lister l'ensemble des modifications comportementales de la biodiversité du territoire Bruxellois.⁴¹

3.4.1 Orientation/désorientation, attraction/répulsion

L'orientation et la désorientation sont les réponses à l'illumination ambiante (c'est-à-dire la quantité de lumière incidente sur des objets dans un environnement). En revanche, l'attraction et la répulsion se produisent en réponse aux sources lumineuses elles-mêmes et sont donc des réponses à l'éclat de la source de lumière.⁴²

Tout d'abord, l'illumination accrue peut rallonger des comportements journaliers ou crépusculaires dans l'environnement de nuit en améliorant la capacité d'un animal à s'orienter. Beaucoup d'espèces chassent sous les lumières artificielles. Cette prédation accrue semble être un bénéfice pour les espèces qui peuvent l'exploiter, mais pas pour leurs proies. En plus d'une prédation accrue, l'éclairage artificiel nocturne constant peut également désorienter des espèces habituées à la navigation dans un environnement sombre.

En effet, les oiseaux peuvent être désorientés, piégés et « enfermés » par des lumières artificielles. Un grand nombre d'oiseaux migrateurs sont donc affectés quand les conditions météorologiques les conduisent près des lumières. Par exemple, une partie des passereaux européens (oiseaux diurnes) migrent de nuit. Lors de leur migration nocturne, ils semblent attirés par la lumière. Dans une prison de lumière artificielle, ils peuvent alors se heurter les uns contre les autres, ou à une structure⁴³ ; ils s'épuisent et deviennent des proies faciles pour les rapaces diurnes qui profitent pour se nourrir ou meurent à la suite de collisions répétées contre les vitres comme s'ils essayaient, comme en plein jour, de s'échapper. En résultent une surmortalité directe, et une perturbation des itinéraires des migrations.

40 T. Longcore et C. Rich, « *Ecological light pollution* », *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 2, n° 4, p. 191-198, 2004

41 Bruxelles Environnement, « *La pollution lumineuse* », Info-fiche sur la biodiversité en Région de Bruxelles-Capitale, 2012.

42 Health Council of the Netherlands, « *Impact of outdoor lighting on man and nature* », The Hague, Health Council of the Netherlands, Publication No. 2000/25E., 2000.

43 L.J.E. Ogden, 1996, *Collision course: the hazards of lighted structures and windows to migrating birds*, Toronto, Canada

Ensuite, une partie des insectes, les mites par exemple⁴⁴ - sont eux aussi attirés par la lumière artificielle⁴⁵ : une source lumineuse peut ainsi attirer des insectes à plusieurs centaines de mètres de distance en fonction de ses caractéristiques spectrales, par exemple, cette attirance vers la lumière est d'autant plus forte que la lumière émet dans le bleu, le violet et l'ultraviolet. Les arthropodes ont des réactions variées à la lumière : quelques araignées nocturnes sont repoussées par la lumière, tandis que d'autres l'exploiteront quand elle sera disponible. Certains insectes sont attirés par la lumière de façon très forte, et d'autres sont fortement repoussés, quelles que soient les conditions⁴⁶, mais chez les arthropodes, ces comportements face à la lumière sont corrélés avec l'humidité et la température. Certains de ces insectes peuvent continuer à voler dans le rayon lumineux artificiel jusqu'à épuisement. Les individus de certaines espèces d'insectes aquatiques peuvent être, lors de leur vol nocturne, trompés par des surfaces mouillées éclairées qui font penser à la surface d'une rivière ou d'une mare. Une fois posés sur une route éclairée après une averse, ils risquent d'être la proie d'un prédateur attiré par la lumière. Enfin, un large éventail d'animaux autres que les oiseaux et insecte, tels que « les petits mammifères carnivores (renard, hermine, putois), les hérissons, les reptiles et batraciens semblent être attirés par la lumière »⁴⁷. Cette attraction, notamment sur le crapaud commun, peut jouer au moins jusqu'à 200 m du point lumineux. Une fois dans la zone éclairée, ils peuvent trouver quantité de proies attirées eux aussi par la lumière, mais là aussi, il y a un risque d'être victime de la circulation ou la proie d'un autre prédateur.

En opposition à cette attirance, une autre partie des animaux de nuit fuit la lumière. L'éclairage artificiel formant alors pour eux une véritable barrière infranchissable, c'est par exemple le cas pour une grande partie des chauves-souris belge. L'illumination d'une route ou du chemin emprunté par celle-ci peuvent alors les couper de leur zone de chasse. Un territoire de chasse éclairé est alors tout simplement abandonné. La lumière artificielle nocturne peut donc diviser et fragmenter les populations. En Belgique, des études ont démontré que « les colonies de chauves-souris dont les accès sont éclairés sortent en moyenne 45 minutes plus tard que quand ces mêmes accès ne sont pas éclairés. Ce retard peut obliger les chauves-souris à voler plus longtemps pour attraper la même quantité de proies, car c'est en tout début de nuit qu'il y a le plus d'insectes disponibles.»⁴⁸

44 K.D. Frank, « *Impact of outdoor lighting on moths: an assessment* », Journal of the Lepidopterists' Society, n° 42, p. 63-93, 1988

45 G. Eisenbeis et F. Hasself, « *Attraction of nocturnal insects to street lights – a study of municipal lighting systems in a rural area of Rheinhesen (Allemagne)* », Natur und Landschaft, n° 75, p. 145-156, 2000.

D. Kolligs, « *Ecological effects of artificial light sources on nocturnally active insects, in particular on moths (Lepidoptera)* », Faunistisch-Ökologische Mitteilungen, Supplement 28, p. 1-136, 2000.

46 C.G. Summers, « *Phototactic behavior of Bemisia argentifolii (Homoptera: Aleyrodidae) crawlers* », Annals of the Entomological Society of America, n° 90, p. 372-379, 1997.

47 Bruxelles Environnement, « *La pollution lumineuse* », Info-fiche sur la biodiversité, 2012

48 Bruxelles Environnement, « *La pollution lumineuse* », Info-fiche sur la biodiversité, 2012

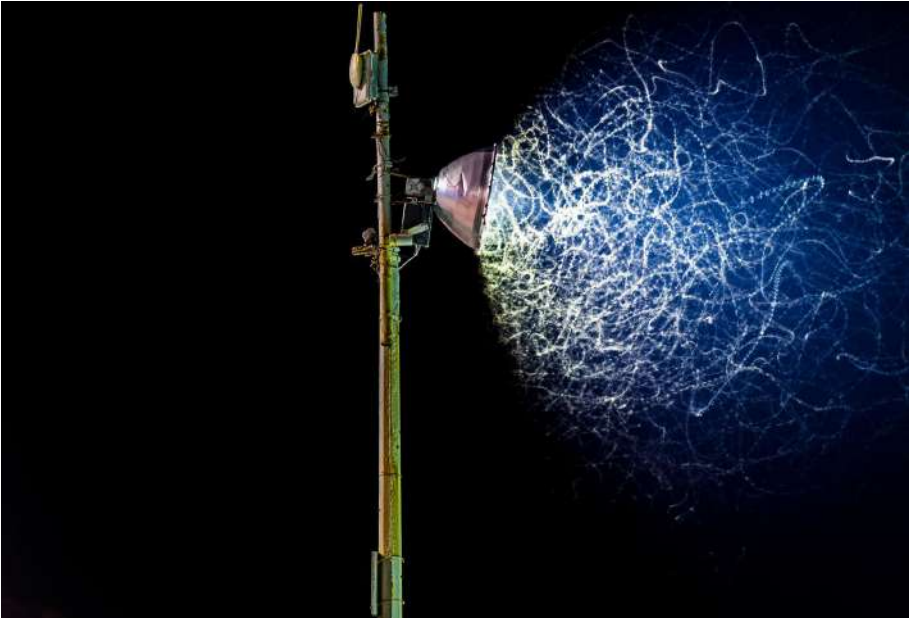


figure 12 : *Insectes attirés par la lumière d'un éclairages artificiel,*
Matt Mawson, (2016)

Dans les écosystèmes aquatiques, la lumière entraîne là encore, de nombreuses perturbations. En effet, les micro-organismes aquatiques remontent vers la surface de l'eau pendant la nuit pour se nourrir puis redescendent dans les profondeurs à la lumière du jour. Mais lorsque ces eaux sont éclairées artificiellement, ceux-ci remontent moins. Cette modification des comportements a des conséquences sur l'ensemble de la chaîne alimentaire aquatique et donc à long terme, sur la qualité de l'eau. Aux Pays-Bas, l'éclairage est employé pour éloigner les anguilles en migrations hors des zones de pompages d'eau pour l'alimentation des turbines, montrant là aussi l'impact de la lumière artificielle sur les poissons.

Enfin, bien que les adaptations anatomiques pour permettre la vision nocturne sont très différentes en fonctions des espèces, l'augmentation rapide de la lumière a souvent pour conséquences d'aveugler les animaux. Pour des grenouilles, une augmentation rapide de l'illumination cause une réduction des possibilités visuelles pour lesquelles le temps de rétablissement peut aller de quelques minutes à plusieurs heures. Comme vue auparavant, ces capacités d'orientation/désorientation des animaux offertes par la lumière artificielle sont parfois exploitées par l'homme dans différents domaines, et influencent aussi les interactions entre espèces, notamment la compétition et la prédation.

3.4.2 Reproduction et communication

Beaucoup d'espèces ont des comportements reproductifs qui peuvent être modifiés par l'exposition à l'éclairage artificiel. Par exemple, c'est le cas des comportements de « chants marqueur de territoire » chez les oiseaux. En effet, les mâles chantent les nuits de pleines lunes avant de s'accoupler, mais à cause la lumière artificielle et de la concurrence, ces comportements ont été modifiés et on peut entendre ces chants dans des zones artificiellement éclairées.⁴⁹ D'autres comportements chez les oiseaux (barge à queue noire, etc.) ont été remarqués tel que l'éclairage artificiel nocturne affecte le choix de l'emplacement du nid. En effet, ces oiseaux préfèrent les zones sombres, diminuant alors le choix de bon site de nidification sur le territoire.⁵⁰ Les chercheurs ont également noté que les oiseaux nichant plus tôt dans l'année choisissent des emplacements éloignés de l'éclairage artificiel, alors que ceux arrivant plus tardivement doivent se contenter d'emplacements plus près des lumières.⁵¹ Enfin, il a été observé que certaines grenouilles femelles sont moins sélectives sur le choix de leur compagnon quand la luminosité est augmentée, préférant vraisemblablement s'accoupler rapidement et ainsi éviter le risque accru de prédation durant l'accouplement.⁵²

49 K.C. Derrickson, « *Variation in repertoire presentation in northern mockingbirds* », Condor, n° 90, p. 592- 606, 1988

50 Bruxelles Environnement, « *La pollution lumineuse* », Info-fiche sur la biodiversité, 2012

51 J.G. De Molenaar, D.A. Jonkers, et M.E. Sanders, *Road illumination and nature. III. Local influence of road lights on a black-tailed godwit (Limosa l. limosa) population*, Wageningen, The Netherlands, Alterra, 2000.

52 A.S. Rand, M.E. Bridarolli, L. Dries et M.J. Ryan, « *Light levels influence female choice in Tungara frogs: predation risk assessment ?* », Copeia, p. 447-450, 1997

En ce qui concerne la communication, beaucoup de modes de communication dépendent des niveaux d'éclairage. En effet, la communication visuelle intra et inter espèces s'en retrouve influencé par l'éclairage artificiel nocturne. Par exemple, différentes espèces utilisent la lumière pour communiquer, comme la larve de mouche noir femelle qui attire le mâle jusqu'à 45 mètres grâce à des flashes bioluminescents ou encore le système complexe de communication visuelle utilisé par les lucioles, et sont donc particulièrement sensibles à des variations d'intensités lumineuses.⁵³

Enfin, l'éclairage artificiel peut également changer des modèles de communication de façon secondaire. Afin de faciliter la communication, certaines espèces utilisent davantage leurs cris sonores lors des nuits sombres afin de réduire le risque de prédation ou au contraire se rassembler.⁵⁴ Ainsi, le halo lumineux engendré par l'éclairage artificiel peut augmenter l'illumination ambiante et ainsi éliminer ces modes de communication. En raison du rôle central de la vision dans l'orientation et le comportement de la plupart des animaux, il n'est pas étonnant que l'éclairage artificiel change leur comportement de manière négative ou l'influence de sorte à sembler positif. Néanmoins, de tels effets « positifs » peuvent avoir des conséquences négatives dans un contexte plus vaste d'un écosystème tout entier.

3.4.3 Dérèglement de l'horloge biologique

Tout comme l'homme, les animaux possèdent une horloge biologique interne : l'horloge circadienne. Ces horloges (dont la découverte a été couronnée par l'attribution du Prix Nobel aux trois chercheurs à l'origine des travaux scientifiques)⁵⁵ servent à marquer le temps sur une période de 24 heures, et sont particulièrement dérangées du fait de l'éclairage artificiel nocturne.

Néanmoins, d'autres rythmes existent, comme le rythme infradien, qui sont tout autant perturbé par la lumière artificielle et touche les cycles menstruels, cycles de migration ou les cycles d'hibernations. Ainsi, certaines études démontrent par exemple que les animaux soumis à la lumière artificielle peuvent commencer leur hibernation plus tard, entraînant alors des complications de leur réserve alimentaire, car les quantités de nourriture sont moindres. Ainsi, des manques nutritionnels peuvent se faire sentir en fin d'hiver et début du printemps, entraînant chez les femelles un retard dans la reproduction, amenant alors toutes sortes de conséquences possibles pour les jeunes à naître. Selon l'IBGE, « Il semblerait que le choix du spectre lumineux est essentiel, car les effets sur l'horloge biologique interne sont d'autant plus grands que la lumière tend vers l'ultraviolet. »⁵⁶

53 J.E. Lloyd, « *Where are the lightningbugs ?* », Fireflyer Companion, n° 1, p. 1, 2, 5 et 10, 1994.

54 D.J. Bender, E.M. Bayne et R.M. Brigham, « *Lunar condition influences coyote (*Canis latrans*) howling* », American Midland Naturalist, n° 136, p. 413-417, 1996.

55 J.C. Hall et M.Rosbash, et M.W. Young récompensé par Le Prix Nobel de physiologie et médecine 2017

56 Bruxelles Environnement, « *La pollution lumineuse* », Info-fiche sur la biodiversité, 2012



figure 13 : *The Greenhouse Series*,
Tom Hegens, (2019)

3.4.4 Le cas de la flore

Les végétaux sont, comme les animaux, sensibles à la lumière, à sa couleur, à son intensité et à sa durée d'exposition. Afin de réaliser la photosynthèse, les végétaux ont besoin de la lumière, nécessitant alors de la lumière bleue et rouge de fortes intensités. Cette caractéristique est utilisée par l'homme ou aux Pays-Bas, comme on peut le constater sur les images de Tom Hegen's, des serres sont éclairées de nuit afin d'augmenter le rendement des productions alimentaires. Les lumières rouges et infrarouges de faibles intensités «régulent quant à elle les rythmes biologiques de la plante en contrôlant les processus tels que l'élongation des tiges, l'expansion des feuilles, la germination des graines et le développement des fleurs.»⁵⁷ Néanmoins, en cas d'éclairage constant, certaines espèces éprouveraient des difficultés à se développer normalement, mais d'autres ne seraient même plus en mesure de se développer. Ainsi, « s'il semblait bien qu'un arbre puisse garder ses feuilles plus longtemps dues à l'exposition de la lumière artificielle, cela peut entraîner des dégâts comme les gelées d'automnes.»⁵⁸ Enfin, en milieu urbain, il est possible d'observer un retard de la chute des feuilles pour les arbres situés à proximité des lampadaires. Ainsi, à New York, un retard de plus de 1 mois de la chute des feuilles peut être observé⁵⁹.

3.5 Impacts sanitaires

« Ô doux sommeil, ô nuit à moi heureuse! – Plaisant repos plein de tranquillité – continuez toutes les nuits mon songe. »

Sonnet, Louise Labé

Tout comme la plupart des espèces complexes, l'homme est particulièrement touché par la pollution lumineuse, néanmoins, il l'est dans une moindre mesure que les écosystèmes. Il est important de rappeler que mon travail vise avant tous à questionner le territoire du fait de sa faune et de sa flore, et que donc, ce chapitre sera moins élaborer et plus succinct que le précédent. Néanmoins, par différent aspect, ce chapitre viendra compléter celui de l'horloge biologique consacrée aux écosystèmes.

Enfin, les recherches et études scientifiques concernant les impacts négatifs de cette surexposition sur la santé humaine n'étant qu'à leurs débuts, et ne pouvant prétendre à aucune expertise médicale, je synthétise dans ce chapitre les effets de l'éclairage nocturne artificielle sur le corps humain repris dans les rapports d'expertises collectives de l'INSERM⁶⁰.

57 T. Longcore et C. Rich, « *Ecological consequences of artificial night lighting.* » Island Press, 4 novembre 2005

58 Bruxelles Environnement, « *La pollution lumineuse* », Info-fiche sur la biodiversité, 2012

59 W. Chaney, « *Does Night Lighting Harm Trees? Forestry and Natural Resources* », p1–4, 2002

60 INSERM, expertise collective, *Rythmes de l'enfant. De l'horloge biologique aux rythmes scolaires*, 2001.

INSERM, expertise collective, *Cancer : Approche méthodologique du lien avec l'environnement*, 2005.

INSERM, expertise collective, *Cancer et environnement*, 2008.

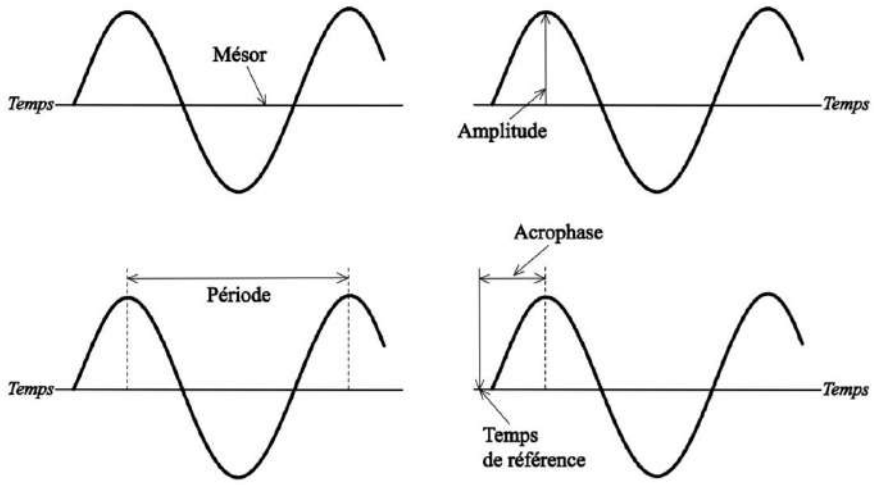


figure 14 : Paramètres caractéristiques d'une fonction rythmique.
 Toutiou et Haus, (1994)

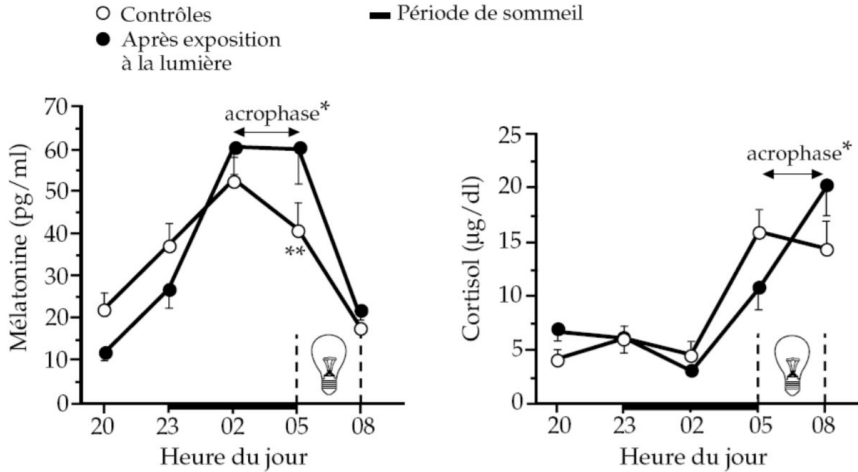


figure 15 : Effet de l'exposition à la lumière sur les profils de la mélatonine et du cortisol plasmatiques chez le sujet sain.
 Toutiou et Haus, (1994)

3.5.1 Désynchronisation du rythme biologique

Le rythme biologique se définit comme la variation périodique ou cyclique d'une fonction spécifique d'un être vivant, dont la représentation peut se faire sous formes graphique.⁶¹ (voir figure 1) Les caractéristiques sont les suivantes :

« La période représente la durée d'un cycle complet de la variation rythmique étudiée. En fonction de leur période, les rythmes sont appelés circadiens (du latin *circa diem*, environ un jour) si leur période est d'environ 24 heures (24 ± 4 heures). Ces rythmes ont été les plus étudiés chez l'homme. [...] Des rythmes de fréquence autre que circadienne ont pu être mis en évidence chez l'homme : les rythmes ultradiens sont ceux pour lesquels on détecte plus d'un cycle dans 24 heures ; les rythmes infradiens sont ceux dont la période est comprise entre 28 heures et un an, ou plus. Enfin, un rythme est dit circannuel si la variation se reproduit avec une fréquence d'environ 12 mois. Le MESOR (pour *Midline Estimating Statistic Of Rythm*) est le niveau moyen ajusté du rythme, correspondant à la moyenne arithmétique lorsque les données expérimentales sont équidistantes et couvrent un cycle complet. L'amplitude du rythme correspond à la moitié de sa variabilité totale qui est la différence entre le pic et le creux de la fonction. L'acrophase est la localisation du maximum de la fonction par rapport au temps de référence. Pour un rythme circadien, l'acrophase correspond à l'heure du pic dans l'échelle des 24 heures ; pour un rythme circannuel, l'acrophase est donnée par le jour et le mois de l'année. »⁶²

La rythmicité jour/nuit étant liée aux phases de veille et de sommeil, lorsque une personne est surexposée à l'éclairage artificiel nocturne (voir figure 2), cela occasionne des dérèglements dans la sécrétion d'un chronobiotique majeur, la mélatonine, communément appelée « hormone du sommeil », emmenant alors à une désynchronisation avec le rythme circadien et entraînant avec lui des problèmes divers comme des troubles immunitaires, d'humeur, de régulation de la température, cardiovasculaire, de sommeil d'attention, de mémoire, etc. ⁶³ De plus, l'éclairage artificiel ralentit la formation de cette hormone aux propriétés anticancéreuse important. Le dérèglement ou la suppression de la sécrétion de cette hormone par la lumière artificielle est la cause d'une augmentation très importante de cancer, par exemple le cancer des seins chez les femmes travaillant de nuit. Une augmentation similaire du taux de cancer dû à l'éclairage a été observée chez les animaux de laboratoire.⁶⁴ Ainsi, comme les écosystèmes, il est important de protéger l'homme des effets de la pollution lumineuse entraîné par l'éclairage artificiel nocturne.

61 Y. Tioutiouet E. Haus, « *Chronobiology in Laboratory Medicine* », *Biologic rhythms in clinical and laboratory medicine*, Springer-Verlag, Berlin, p. 673-708, 1994

62 INSERM, expertise collective, *Rythmes de l'enfant. De l'horloge biologique aux rythmes scolaire*, 2001

63 D.J. Dijk, J.F. Duffy, C.A. Czeisler, *Contribution of circadian physiology and sleep homeostasis to age-related changes in human sleep*. *Chronobiol Int* 17: 285–311. doi: 10.1081/cbi-100101049, 2000

64 Y. Tioutiou, O. Benoit, J. Foret, A. Aguirre et A. Bogdan, « *Effects of 2 hour early awakening and bright light exposure on plasma patterns of cortisol, melatonin, prolactin and testosterone in man* », *Acta Endocrinol*, n° 126, p. 201-205, 1992.



Photo 3 : *Eclairage de banlieue bruxelloise*
Réalisé par l'auteur(2019)

4 **Contraste entre paysage naturel et tracé lumineux**

Dans ce chapitre, après avoir observé le territoire de la Région de Bruxelles-Capitale du point de vue de ses espaces verts et de son parc lumineux et après avoir vu l'ensemble des conséquences amener par la pollution lumineuse, nous pouvons poursuivre notre analyse en superposant les deux facettes du territoire afin d'en tirer des premières constatations.

Grâce à l'étude globale de la pollution lumineuse et de ses effets, nous comprenons que pour qu'un écosystème fonctionne correctement, celui-ci doit alors être caractérisé par une certaine obscurité une fois la nuit tombée. En fonction de l'espèce observée et de ses caractéristiques de perception et d'acuité visuelles, on constate qu'une source lumineuse peut être détectée de 200 à 700 mètres. Ainsi, sur base de la carte du Metropolitan Landscape réalisé dans le chapitre 2 sur l'étude du territoire naturel, on peut entourer l'ensemble des structures naturelles d'une zone d'ombre⁶⁵. La distance de cette zone d'ombre autour d'un espace vert sera la moyenne des valeurs minimums et maximums et sera donc de 450 mètres. De plus, on peut appliquer le même principe et donc réaliser cette même zone d'ombre sur la carte du maillage vert⁶⁶. Une fois ces deux zones d'ombres réalisées, nous pouvons les superposer et obtenir une carte représentant le plan d'ombre idéal que devrait avoir la région de Bruxelles afin qu'aucune lumière ne vienne gêner la faune et la flore.

Néanmoins, on remarque d'emblée que ce territoire idéal d'ombre est impossible, car celui-ci a une emprise spatiale prenant plus de 80% de la surface de la région, mais de plus, en y apposant la carte du parc lumineux réalisé précédemment en négatif, on se rend compte que l'éclairage vient alors découper l'ensemble du territoire. Cette carte révèle l'étendue du problème que pose alors l'acte d'éclairer la ville.

65 Voir annexe 4

66 Voir annexe 5

Contraste entre zone d'ombre et zone éclairé

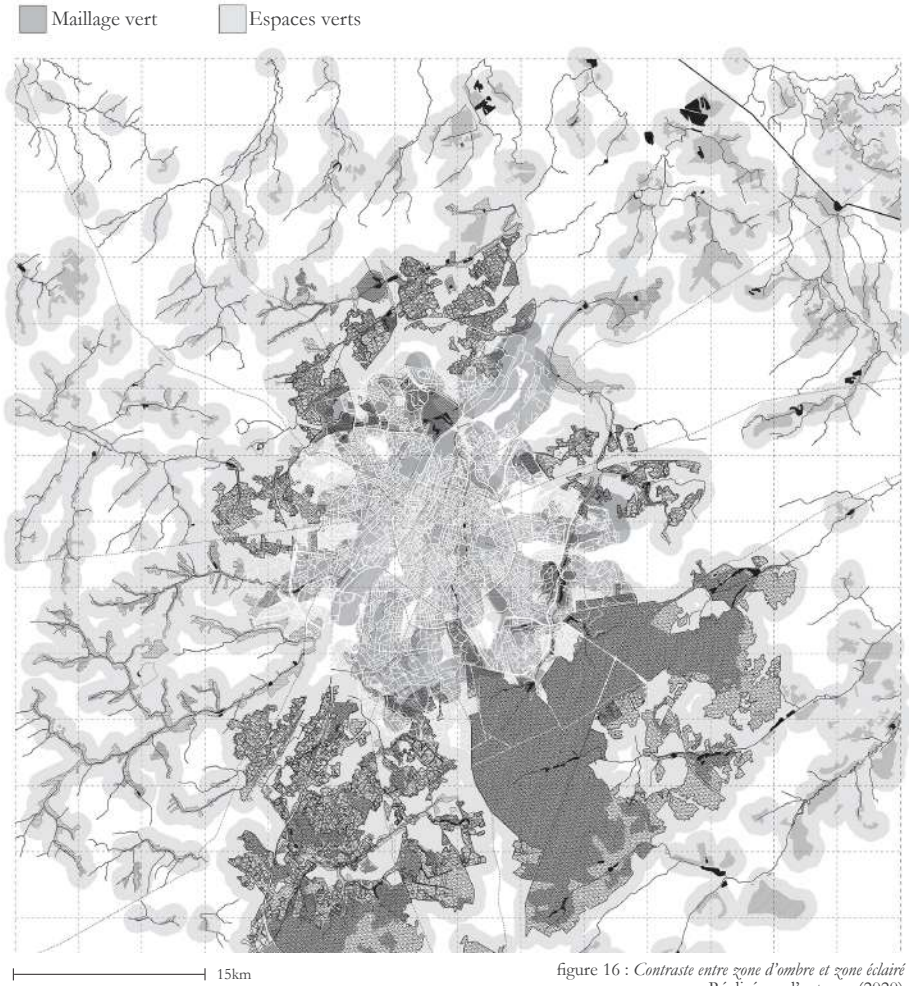
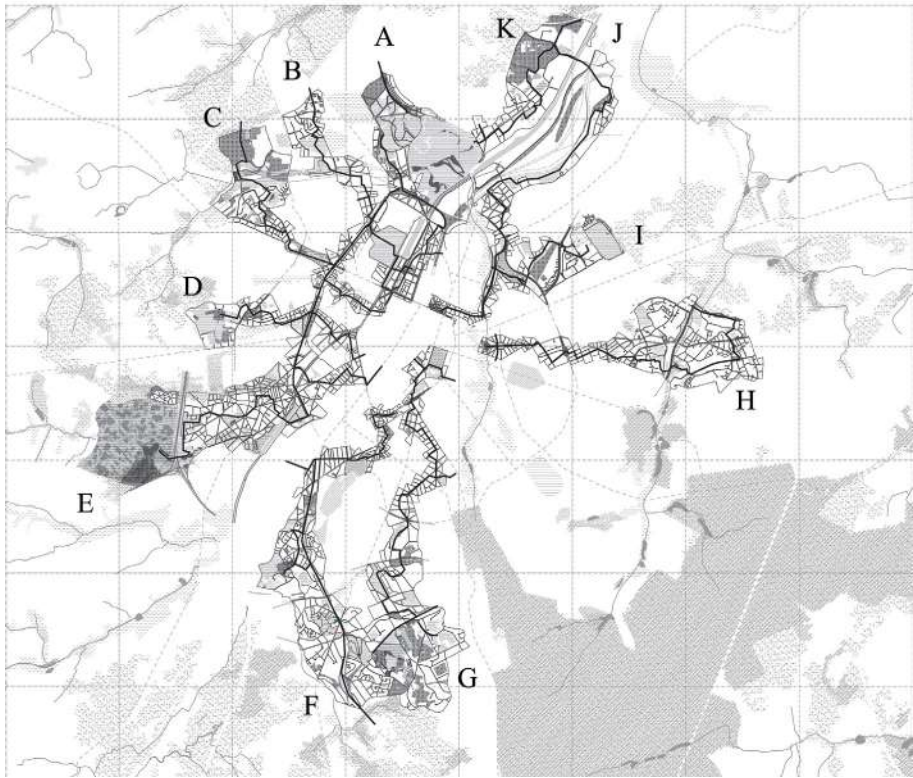


figure 16 : *Contraste entre zone d'ombre et zone éclairé*
Réalisé par l'auteur, (2020)

Tronçons écologiques



10km

figure 17 : Tronçons écologie de la région de Bruxelles-Capitale
Réalisé par l'auteur, (2020)

4.1 Le paysage naturel, une série de corridors écologiques

Afin d'approfondir plus précisément la recherche, il nous faut sortir de la vue macro, changer d'échelle et entrer plus en profondeur sur le territoire de la région de Bruxelles. Ainsi il faut approfondir la notion de maillage vert en parlant alors d'un corridor écologique. En effet, ces corridors permettent le déplacement des espèces, mais jouent en plus un rôle de barrière et de filtre. Ils agissent comme de véritables conducteurs de diversité et de dispersion des éléments paysagers.

Pour cela, une série de corridors écologiques permettant le déplacement de la faune et de la flore ont été sélectionnés. Ces tronçons ont été choisis selon différents critères, le premier étant qu'ils doivent suivre le point de départ des axes de liaisons végétales du PRDD⁶⁷ qui a marqué les principaux points d'entrée/sortie naturels entre Bruxelles et sa périphérie. Ensuite, le second est qu'au départ des points proposés par le PRDD, les corridors doivent suivre le tracé du maillage vert dont le but est de liaisonner l'ensemble des espaces verts de Bruxelles. Ainsi sur base de ce maillage, on constate que les axes sont en radiales (à l'exception de 2) vis-à-vis du pentagone. Il a donc été choisi de sélectionner des tronçons qui connectent le centre de Bruxelles à sa périphérie.

Ceux-ci sont multiples, on peut noter sur la partie ouest du canal par exemple l'axe **A**, de Laeken vers Yser, le **B** de Overbos vers Tour et Taxis, le **C** du Laerbeek jusqu'à Sainte-Catherine, le **D** du Potaarde vers la Porte de Ninove ou encore le **E** partant de la Neerpede jusqu'à Bruxelles-Midi. Dans la partie Sud de Bruxelles, on note principalement 2 axes fort proches: le **F** partant de Moensberg et allant à Porte de Hal, l'autre étant le **G**, l'axe reliant Verrewinkel au parc Royal. Enfin dans la partie nord-est de Bruxelles, l'axe **H** connectant Kraainem jusqu'au Parvis Marie Louise et enfin l'axe **I** partant de Haaren-Sud jusqu'à Botanique. En plus de ces tronçons en radiales, deux autres tronçons plus particuliers ont été ajoutés. En effet le premier, est l'axe **J** est celui partant de Haren et qui, en suivant la direction du canal, rejoint le parc Josaphat. Le deuxième axe, nommé **K**, est celui partant de Koningslo et qui en suivant la direction du canal traverse les différentes radiales déjà mentionnées et rejoint l'axe de la Neerpede. Enfin, dans la bordure sud-est de Bruxelles, bien que le tracé du maillage vert existe, cette portion n'a pas été sélectionnée dans les tronçons pour la suite du travail, car bien que ceux-ci présentent aussi un éclairage pouvant nuire fortement à la biodiversité, le territoire présente une densité végétale assez élevée par la présence de la forêt de soignes, une faible fragmentation des espaces verts entre eux ainsi qu'une bonne liaison existante par l'intermédiaire du maillage vert.⁶⁸

Ainsi nous retrouvons sur la carte, la représentation de l'ensemble des tronçons écologiques choisi en fonction des critères établis auparavant, et qui nous serviront de base dans une étude plus poussée des nous allons étudier plus en profondeur par la suite.

⁶⁷ Voir carte en annexe

⁶⁸ Voir annexe 6

Contraste entre maillage vert et plan lumière

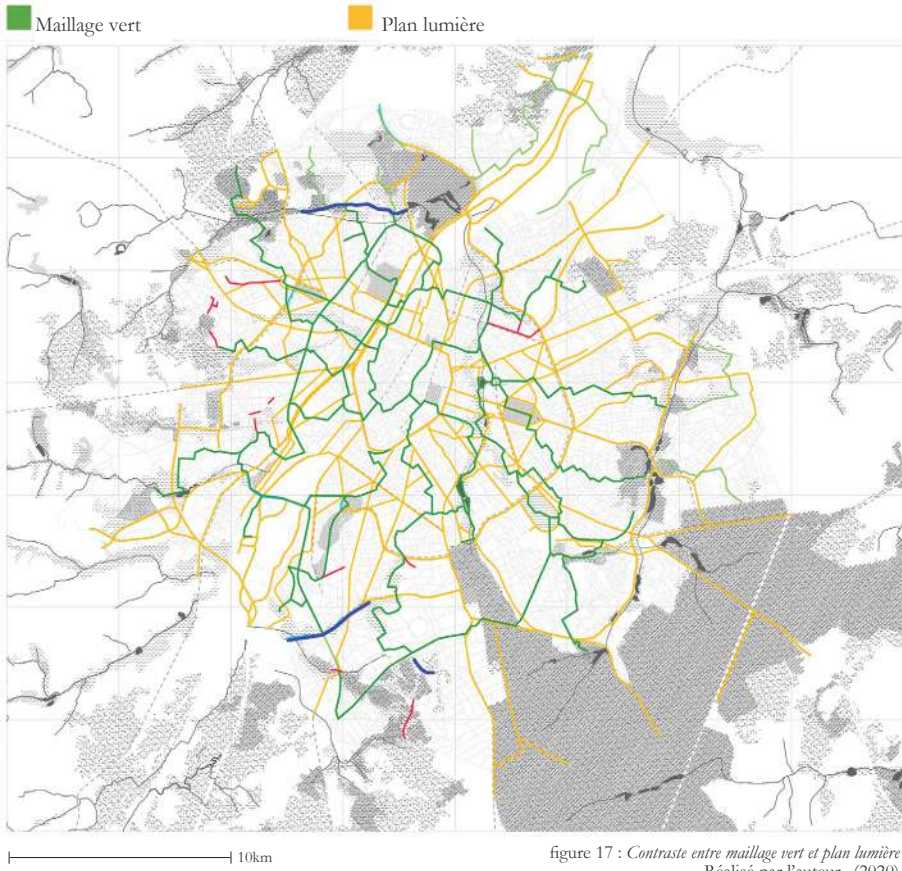


figure 17 : *Contraste entre maillage vert et plan lumière*
Réalisé par l'auteur, (2020)

4.2 Une série de points névralgiques

Afin de poursuivre la recherche, en nous appuyant sur les documents réalisés dans le chapitre 2, nous pouvons préciser l'analyse du territoire d'étude en déterminant plus en détail quelles sont les zones de conflit entre le maillage vert et le plan lumière. Cette étape nous permettra de comprendre ces zones de tension plus en profondeur et d'en tirer quelques constatations. Ainsi en s'appuyant sur la carte du contraste entre maillage vert et plan lumière, on remarque que le maillage vert est coupé de nombreuses fois par le plan lumière régional. Ces coupures créent alors une multitude de points sur la carte ou se révèlent des tensions territoriales entre différents usages. Le maillage vert, de par sa fonction de connexions entre les espaces verts de la région vient alors être interrompu par l'éclairage public qui, comme on la voit dans le chapitre sur la pollution lumineuse, a de nombreuses conséquences sur la faune et la flore, pouvant alors créer un véritable phénomène de barrière infranchissable pour ceux-ci.

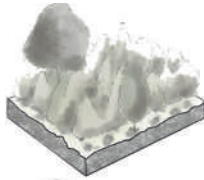
En réalité on peut considérer qu'il s'agit en réalité de l'ensemble du maillage vert qui est troublé par l'éclairage, car le plan de celui-ci s'aligne parfois aux tracés des rues communales qui sont éclairés. Néanmoins, l'idée est ici de déterminer les cas les plus critiques en prenant seulement en compte l'éclairage régional, car celui-ci, en raison de ses caractéristiques comme la hauteur et la tonalité, est plus nocif pour l'environnement. Ainsi en déterminant une série de points critiques, on peut imaginer que leur résolution par les différents scénarios proposés servirait d'exemple et pourrait alors être appliqué à l'ensemble du maillage vert ou du moins, sur certains points plus minimes, mais pas moins problématiques.

De plus, on pourrait ici faire un comparatif entre la pensée de Le Breton sur le silence, avec ses « enclaves de silence » dans la ville et ces points critiques qui une fois résolus créeraient des enclaves d'obscurité : « Les lieux de culte ou les jardins publics, les cimetières, forment dans les villes des enclaves de silence cernées par le bruit où il est loisible de chercher un repos, une brève retraite hors du tumulte ambiant. On vient y reprendre souffle, se recueillir, goûter le calme que berce le *genius loci*. Le silence installe dans le monde une dimension propre, une épaisseur qui enveloppe les choses. Le temps y passe sans hâte, à pas d'homme, appelant le repos, la méditation, la flânerie. Ces lieux serts de silence se détachent du paysage en se donnant d'emblée comme propice au rassemblement de soi. On y fait provision d'intériorité avant le retour aux agitations de la ville ou de sa propre existence. »⁶⁹

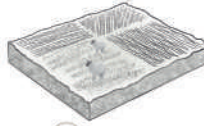
Ces points pourraient donc, en plus de résoudre la problématique de la pollution lumineuse sur l'ensemble du maillage, créer des enclaves d'obscurité pour la faune et la flore.

69 D. Le Breton, *«L'Adieu au corps»*, Paris, Métailié, 1999

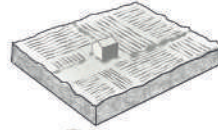
Typologie spatiale



① Forêt



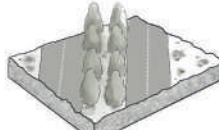
② Champ



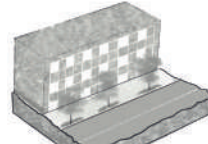
③ Potager



④ Parc

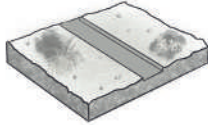


⑤ Résiduel

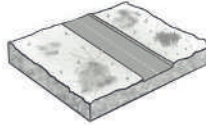


⑥ Bâti

Typologie des franchissements



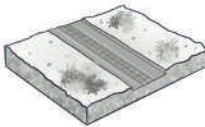
Ⓐ Rue simple



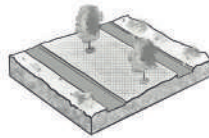
Ⓑ Rue double



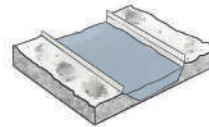
Ⓒ Avenue



Ⓓ Rue avec tram

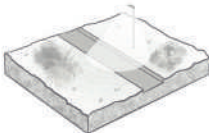


Ⓔ Place



Ⓕ Canal

Typologie des éclairages



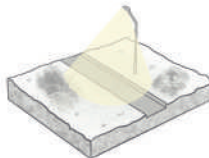
■ <8m



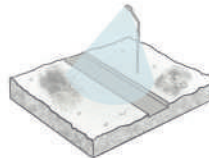
▲ =8m



● >8m



● 3000k



● 4000k

figure 18 : Typologie spatiale, de franchissement et d'éclairage; Réalisé par l'auteur sur base des documents graphiques présenté dans le Métropolitain Landscape p.87 et 88, (2020)

Après avoir constaté l'ensemble des points de tension territoriale, il nous faut les préciser afin de comprendre quelle est la nature de l'éclairage mis en place à ce point, mais aussi quelle est la nature de l'espace naturel qui s'y trouve, et quel type de franchissement la faune et la flore vont devoir franchir afin de passer d'un espace vert à un autre.

Tout d'abord, les typologies spatiales ont été déterminées grâce aux cartes du rapport sur la nature de l'IBGE⁷⁰. On peut résumer ici les différentes typologies allant d'une végétation très dense à une végétation quasi inexistante : la forêt, les champs, les potagers, les parcs, les espaces résiduels et enfin les espaces bâtis.

En ce qui concerne les typologies des franchissements, j'ai observé, à l'aide de google street view, l'ensemble des noeuds obtenus par la superposition des strates naturelles et lumineuses du territoire. Il est ressorti 6 types de franchissement, allant du plus simple à traversé au plus compliqué : la rue simple, la rue double, la rue avec tram, l'avenue, la place et le canal.

Enfin, les typologies d'éclairage ont-elles déjà été déterminées dans le chapitre 2.2.4 du plan lumière. On peut résumer celle-ci de par leur hauteur étant inférieure, égale ou supérieure à 8 mètres ainsi qu'à leur tonalité de la source lumineuse étant égal à 3000k (ton chaud) ou 4000k (ton froid) :

Une fois ces typologies déterminées, à l'aide de chiffre, de l'alphabet, de forme et de couleurs, nous pouvons établir la carte de l'ensemble des corridors écologiques ainsi que tous les points névralgiques de Bruxelles qui sont catégorisés.⁷¹ Cette carte nous permet alors d'avoir une vue d'ensemble de la problématique et de ses caractéristiques afin de pouvoir sélectionner un corridor écologique caractéristique et représentatif de Bruxellois.

Ainsi, en observant le document, nous constatons que le corridor **C**, le corridor allant du bois du Laerbeek, en passant par le marais de Jette-Ganshoren, divers espaces verts à Ganshoren jusqu'à la basilique de Koekelberg, traversant le parc Élisabeth pour rejoindre les espaces résiduels de la ligne de métro 6 et arrivé à Molenbeek-Saint-Jean où il traverse la commune par diverse rue et parc, passe par Étang noir et arrive au canal par la rue piétonne Sainte-Marie. En effet, c'est uniquement sur ce tronçon qu'on retrouve toutes les typologies spatiales, et une grande partie des typologies de franchissement et d'éclairages. Ainsi, si l'on propose des solutions par le projet en fonction des scénarios proposés pour chacun des types d'espaces, le principe de base pourra alors se projeter sur l'entièreté des noeuds des autres corridors écologiques de la Région de Bruxelles-Capitale, pour enfin couvrir et réaliser l'entièreté du maillage noir.

70 Voir annexe 7-8-9-10

71 voir page suivante.



figure 19 : Corridor écologique et typologie des points névralgiques; Réalisé par l'auteur, (2020)



5km

4.3 Le maillage noir

Comme constaté au chapitre précédant, le maillage vert se retrouve interrompu et coupé à plusieurs endroits à cause de l'éclairage. Ces points névralgiques serviront de base à l'élaboration d'enclave d'obscurité, mais son but est de pouvoir se projeter à l'ensemble d'un corridor écologique et par la suite, sur l'ensemble du maillage vert afin d'assurer sa fonction de liaison. Ainsi, l'idée à terme est que, à travers ces points, on puisse constituer un maillage noir qui se calque sur le maillage vert. En effet, au vu des analyses menées jusqu'ici, nous ne pouvons qu'acquiescer sur le fait que les deux maillages sont indissociables et qu'ils doivent alors ne faire qu'un. Le maillage vert et le maillage noir sont intimement liés et offrent chacune des qualités assurant une réelle liaison des espaces dans le territoire permettant ainsi aux espèces de le traverser. En ce qui concerne sa représentation, le tracé du maillage vert devient alors le tracé du maillage noir.

Pour autant, nous le verrons par la suite, il n'est pas question de simplement éteindre l'éclairage le long du tracé, car ces espaces révèlent une multitude d'usages et d'acteur . Le but est de conserver tous ces usages de l'espace public tout en permettant à la biodiversité de le traverser. Ainsi l'idée est d'instaurer un maillage noir sur base du tracé du maillage vert et celui-ci sera rendu possible par 2 stratégies différentes. Ces 2 stratégies ont comme base commune de devoir permettre une meilleure perméabilité de la ville pour la faune et la flore par l'élaboration d'un support végétal plus dense permettant de créer des zones d'ombre tous le long du tracé, mais aussi en ajustant l'éclairage actuel proposé par le plan lumière afin de lutter contre la pollution lumineuse. En effet même si nous nous attarderons sur ce support végétal, la principale cause de la problématique soulevée est la lumière en ville qui est contraignante pour une partie des espèces. Jean-Michel Deleuil exprime dans un journal de presse universitaire que la lumière en ville doit autoriser plutôt que contraindre : « Comme si, à force d'éclairer contre la nuit de la ville, on avait éclairé à la fois contre la nuit, et contre la ville. »⁷²

Ainsi, à travers un regard sur notre biodiversité , et également porté par de nombreux utilisateurs de la ville nocturne, je revendique ici la création d'un maillage noir. Celui-ci permettrait d'améliorer les conditions de vie de notre faune et flore en leur permettant de traverser un espace urbain plus perméable, un paysage alors éclairé moins brutalement et caractérisé par une certaine obscurité afin l'on puisse apprécier des zones relativement noires.⁷³

« Plus claire la lumière, plus sombre l'obscurité... Il est impossible d'apprécier correctement la lumière sans connaître les ténèbres. »

Jean-Paul Sartre.

72J.-M. Deleuil (sous la dir. de), *«Éclairer la ville autrement, innovations et expérimentations en éclairage public»*, Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2009

73 voir la carte à la page suivant

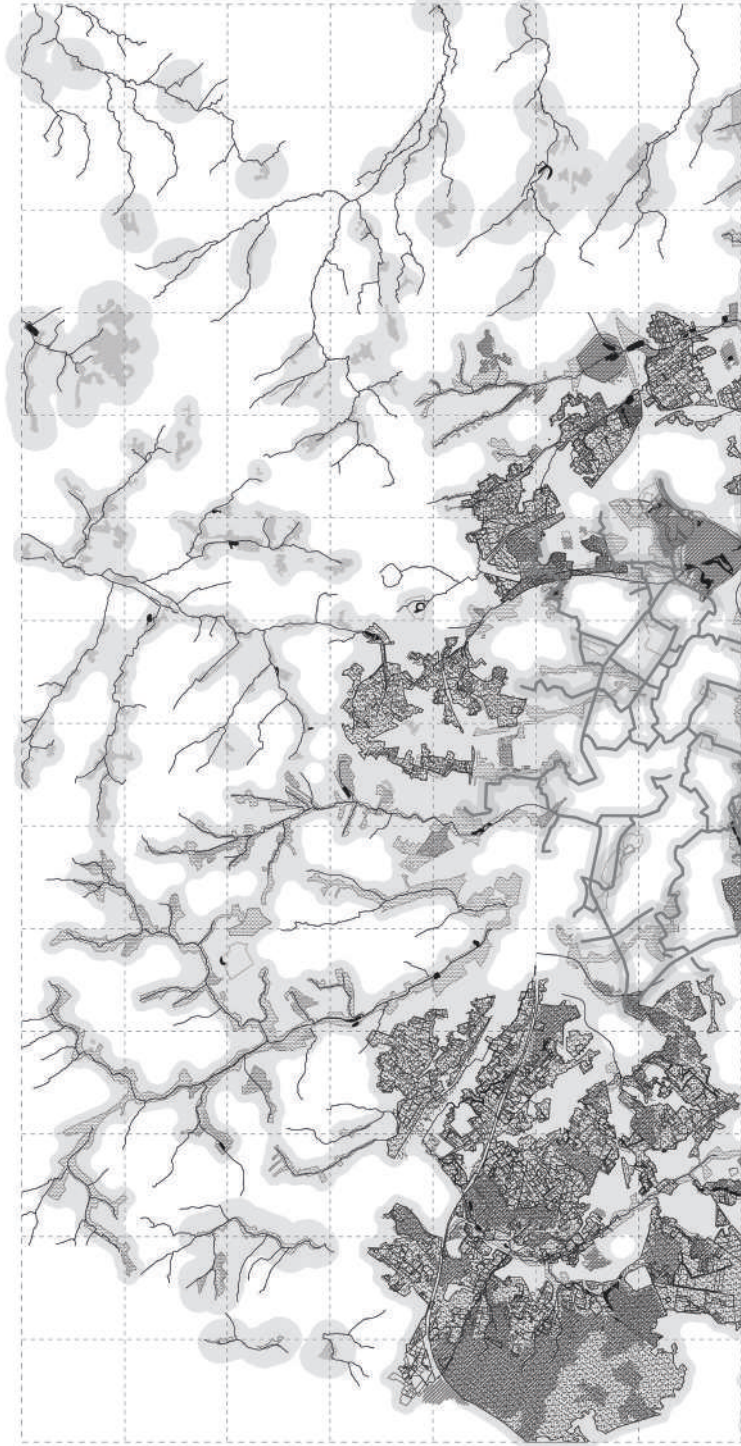


figure 20 : *Le maillage noir*, Réalisé par l'auteur, (2020)

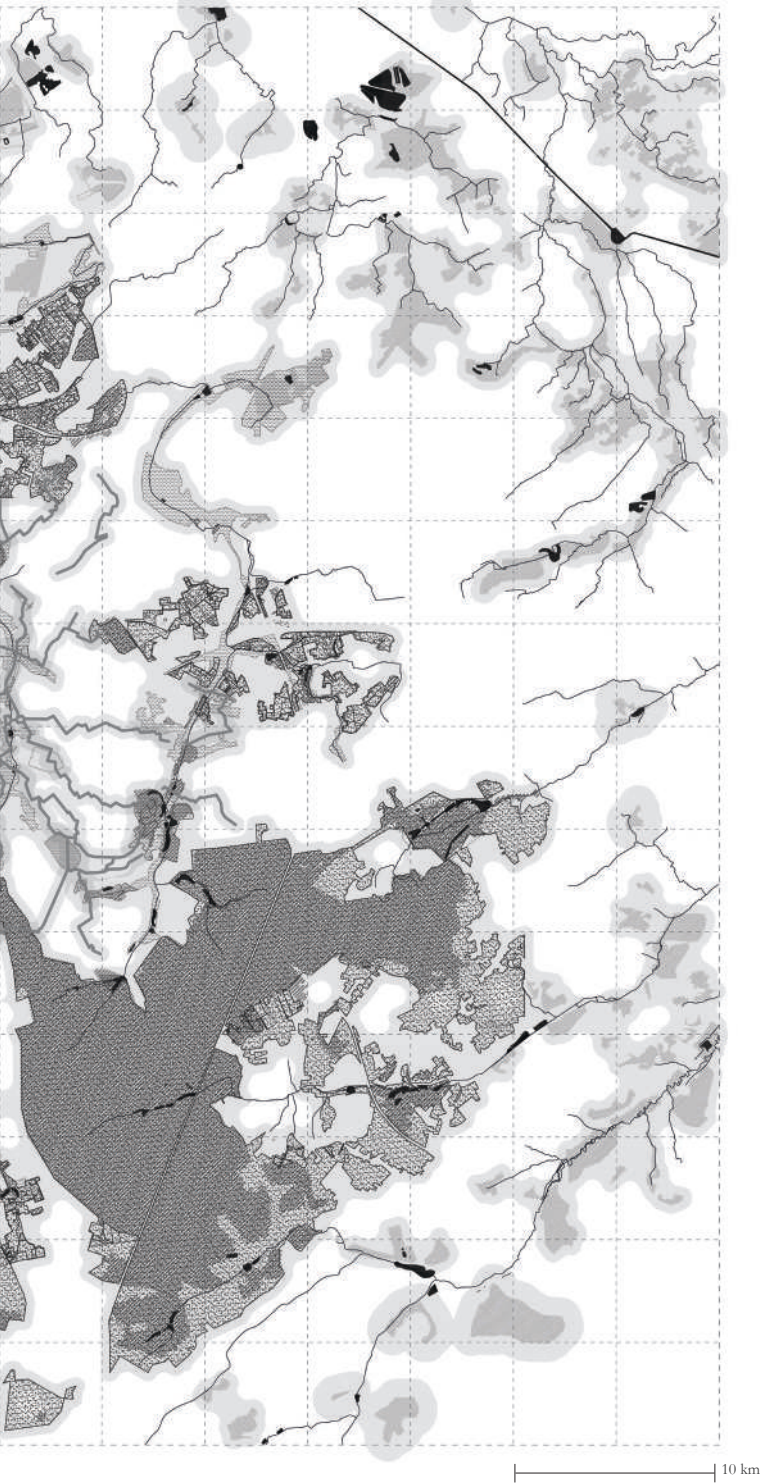




Photo 4 : *Ascenseur des Marolles*
Réalisé par l'auteur, (2020)

5 Opportunités des enclaves nocturnes

Dans cette dernière partie, il s'agit de faire basculer les points névralgiques du corridor écologique sélectionnés précédemment en utilisant des outils différents afin que ceux-ci deviennent des enclaves nocturnes. Ces enclaves révèlent un ensemble d'opportunité et d'action que nous mettrons en place à l'aide de 2 stratégies qui ont toutes les deux pour but de lutter contre la pollution lumineuse et la fragmentation des espaces verts.

Les écosystèmes, la biodiversité et nos structures urbains sont si riches qu'il est plus juste de parlé de stratégie, car : « La stratégie s'oppose au programme, elle établit comme lui des objectifs et des scénarios d'actions, mais contrairement à lui, elle modifie son action en fonction des informations recueillies et des hasards rencontrés. Elle porte en elle la conscience de l'incertitude qu'elle va affronter et comporte par là même un pari. »⁷⁴ Ainsi le but ici est d'établir des grandes lignes d'action à l'aide de scénario afin de les mettre en action sur les points mentionnés. Ceux-ci servent alors de base pour la réflexion et peuvent être perfectionnés ou modifiés en fonction des particularités d'un lieu, de ses besoins et usages, ainsi que des espèces y vivant et le traversant. Donc, en se basant sur les constats relevés ainsi que les enjeux soulevés, les actions vont répondre à la stratégie de lutte contre la pollution lumineuse en permettant la création d'enclaves nocturnes. Bien que ces actions soient appliquées sur une série de points critiques du corridor écologique, relevant alors d'une échelle très locale, elles doivent être pour autant perçues comme un ensemble interlocal et global pouvant alors répondre à d'autres corridors, et à long terme, à l'ensemble du maillage noir. Cette perception permet alors de mieux comprendre les propositions locales et leurs interactions afin de les inscrire dans un système territorial.

Ainsi nous poursuivons notre travail en proposant les 2 stratégies sur le corridor **C**, partant du bois du Laerbeek et rejoignant le canal à hauteur de Sainte-Catherine et qui comprend les 6 typologies d'espaces existant à Bruxelles.

⁷⁴ E. Morin, «*Comment vivre en temps de crise?*», Le temps d'une question, Bayard, 2010

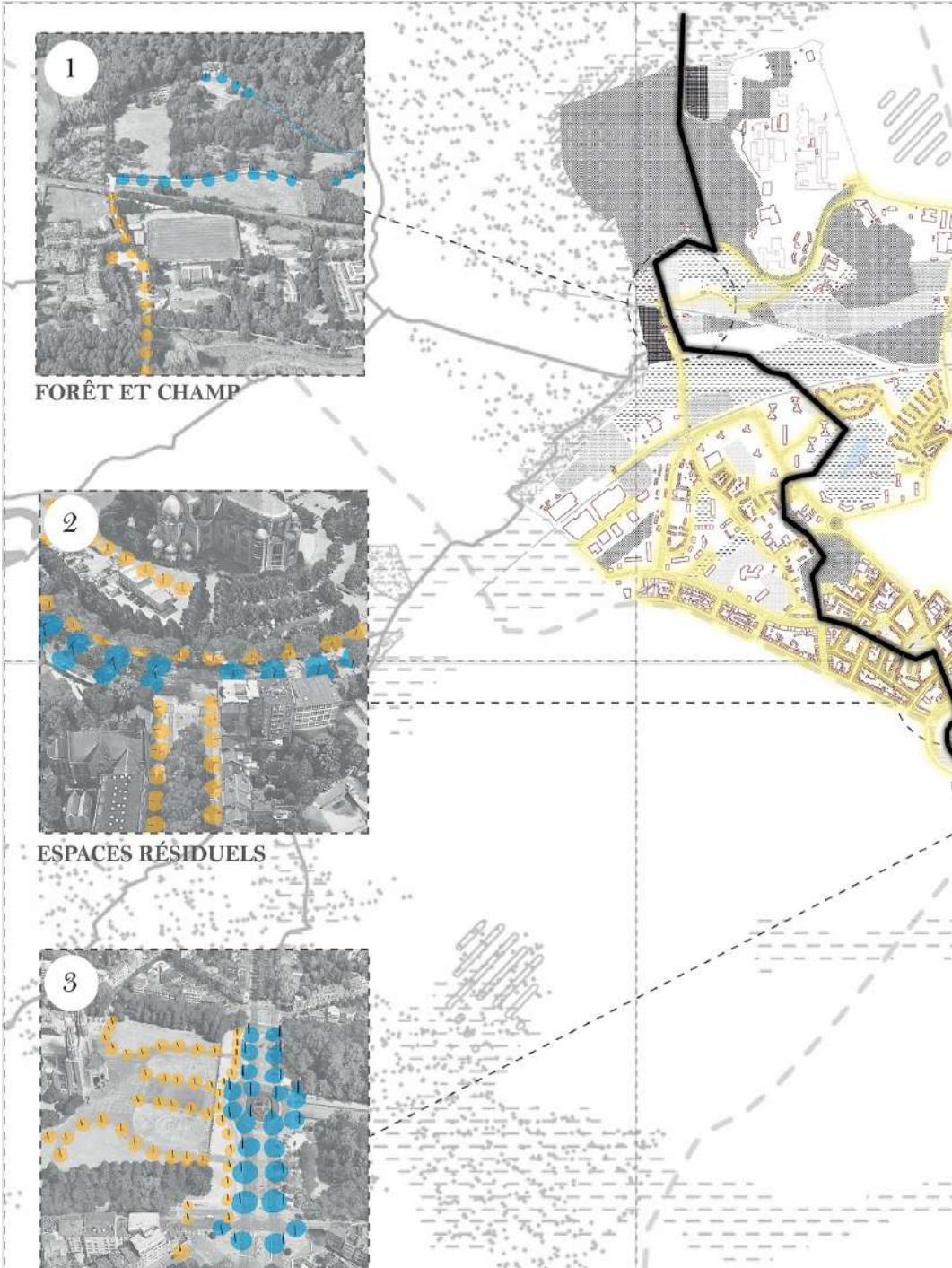
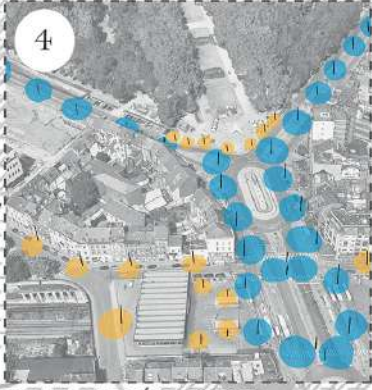
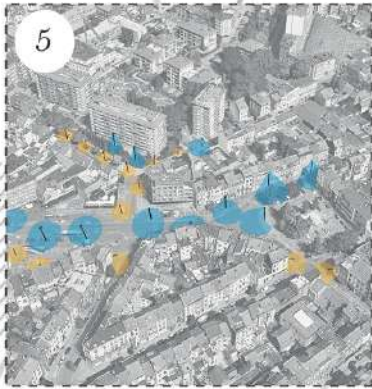


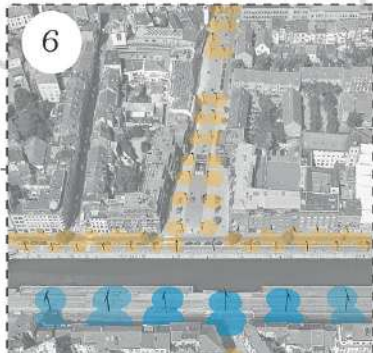
figure 21 : Le corridor écologique C, le maillage noir et ses 6 points névralgiques, Réalisé par l'auteur, (2020)



ESPACES RÉSIDUELS



ESPACE POTAGER URBAIN



5.1 Changement des modèles : stratégie «Deep Ecology»

La première stratégie que nous allons tenter d'appliquer à ce corridor écologique est celle nommée «Deep Ecology». Elle s'ancre dans une philosophie écologiste contemporaine dont elle tire son nom, et qui se caractérise par la défense de la valeur intrinsèque des êtres vivants et de la nature, c'est-à-dire une valeur indépendante de leur utilité pour les êtres humains.⁷⁵ L'écologie profonde réinscrit donc les finalités humaines dans une perspective plus large, celle du vivant afin de prendre en compte les besoins de l'ensemble de la biosphère.⁷⁶

De plus, cette stratégie se base aussi sur l'ensemble des constats soulevé dans le rapport «The Limits to Growth»⁷⁷. En effet, selon le rapport, le monde peut être perçu comme un ensemble dont chacune de ses parties est interdépendante. Ainsi, le développement économique est induit par la croissance, et celle-ci est stimulée par l'augmentation de l'exploitation de ressources naturelles ainsi que par l'accroissement démographique. Cette croissance économique provoque de la pollution qui entrainera une décroissance globale. Les auteurs ont alors envisagé plusieurs scénarios futurs. Le premier étant la hausse insupportable de la pollution et le deuxième étant la pénurie des matières premières. Selon les auteurs, le progrès technique ne ferait que retarder l'effondrement inéluctable de l'écosystème mondial, alors incapable de supporter cette croissance exponentielle. Ainsi ils constatent que les seuls scénarios sans effondrement sont ceux qui abandonnent la recherche d'une croissance exponentielle sans limites de la production.⁷⁸

Ainsi sur base d'une philosophie écologiste contemporaine et du constat soulevé par les auteurs de «The Limits to Growth», la stratégie «Deep Ecology» peut se résumer comme étant un changement radical des modèles actuels de l'espace public et de ses usages au moyen de l'engagement, de la co-construction et de la gestion citoyenne, qui aura alors pour but de renforcer le caractère végétal de l'espace public afin de créer une trame noir fortement végétalisée et ombragée pour lutter contre la pollution lumineuse et permettant le déplacement et le développement de la biosphère sur l'ensemble de la Région de Bruxelles-Capitale.

75 D. Jensen, L. Keith, A. McBay, *«Deep Green Resistance : Un mouvement pour sauver la planète.»* Herblay, Éditions Libre, 2018

76 R. Ribotto, *«L'Écologie profonde»*, éditions du Cygne, 2007

77 D. Meadows, D. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens III (du Massachusetts Institute of Technology), *«The Limits To Growth»*, 1972

78 *Divers scénarios, Les Limites à la croissance*, Wikipédia, sur le site : https://fr.wikipedia.org/wiki/Les_Limites_%C3%A0_la_croissance

Outil d'aménagement et d'évaluation de la biodiversité

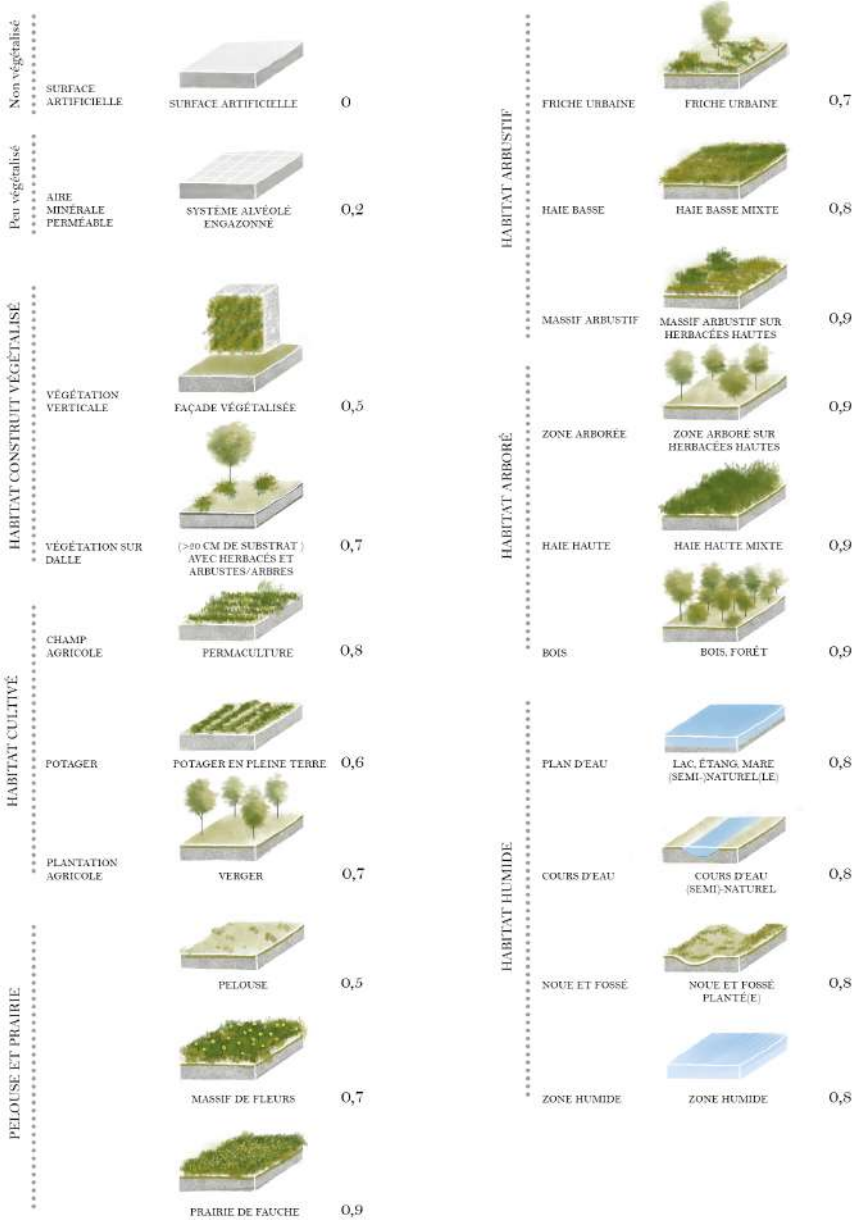


figure 22 : Illustration partielle de l'écopotential, catégorie les plus riches biologiquement, Réalisé par Juliette De Longueville, représentation modifiée l'auteur, (2019)

5.1.1 Participation citoyenne et outil d'aménagement

À l'aide de différents projets existants qui serviront d'exemple, l'idée est de proposer un projet type qui est représentatif de chaque typologie spatiale afin de les utiliser comme outils de base dans l'aménagement de l'espace public. Ceux-ci répondent alors aux enjeux de chaque point névralgique cité précédemment, mais sont adaptables en fonction des spécificités du lieu que vous souhaitez transformer. Pour cela, l'idée est de s'inspirer d'une série d'exploration et d'actions collectives existante. En effet, de nombreuses actions autour des mutations urbaines et des pratiques culturelles, sociales et politiques émergentes de la ville contemporaine existent.⁷⁹ On peut par exemple citer deux bureaux d'architecture/paysagiste/urbaniste/artistes qui ont à coeur de proposer ce genre d'action : l'atelier d'architecture autogérée (AAA) ainsi que Coloco.

Le premier point qui est primordial et commun à l'ensemble des projets, c'est la participation dans la création et la construction de l'espace public par ses habitants. En plus de changer les modèles, c'est là que réside la différence entre cette stratégie et la seconde qui elle, promeut alors un espace public pensé et réalisé par la région et dans l'indifférence de ses habitants⁸⁰. Pourtant cette participation a une réelle plus-value pour l'espace public, car comme l'explique Coloco : « L'invitation à l'oeuvre [...] S'engager physiquement dans la transformation du monde que nous habitons – même sur une petite parcelle – est essentiel [...]. Ensemble, nos mains s'efforcent de conformer la matière à nos intentions et de prendre soin du vivant : à travers le faire, nous pensons autrement. [...] Cette rencontre dans le faire en groupe permet de construire des liens et des visions communes, et petit à petit de les réaliser ensemble.»⁸¹

Selon Blondiaux et Sintomer, la participation citoyenne serait « source de légitimité, dans la mesure où elle favoriserait le respect de tous les acteurs et la prise en compte de leurs arguments » et encore que « cela pousserait en quelque sorte les acteurs à s'orienter vers le bien commun sans pour autant présupposer que leurs motivations seraient altruistes »⁸². Ainsi, on peut imaginer qu'en invitant les habitants à concevoir leurs espaces publics dans le but de créer un cadre de vie meilleur pour la biodiversité bruxelloise (et par conséquent meilleur pour eux), cela permet de conscientiser ceux-ci à la problématique soulevée et de responsabiliser les gens sur la question des écosystèmes de la région.

Le second point est la mise en place d'un outil simple permettant de choisir efficacement l'aménagement en fonction du potentiel de biodiversité que celui-ci peut accueillir, mais aussi par rapport aux strates végétales superposées que celui-ci possède afin de maximiser sa capacité à faire de l'ombre.

79 Présentation du bureau AAA sur leur site : <http://www.urbantactics.org/about/>

80 Voir chapitre 5.2 : Stratégie « comprehensive technology »

81 Activation, Manifeste de Coloco sur le site : <https://www.coloco.org/manifeste/>

82 L. Blondiaux & Y. Sintomer, « L'impératif délibératif », Rue Descartes, 1(63), p. 28-38, 2009

Outil d'analyse et de sélection d'aménagement du maillage noir

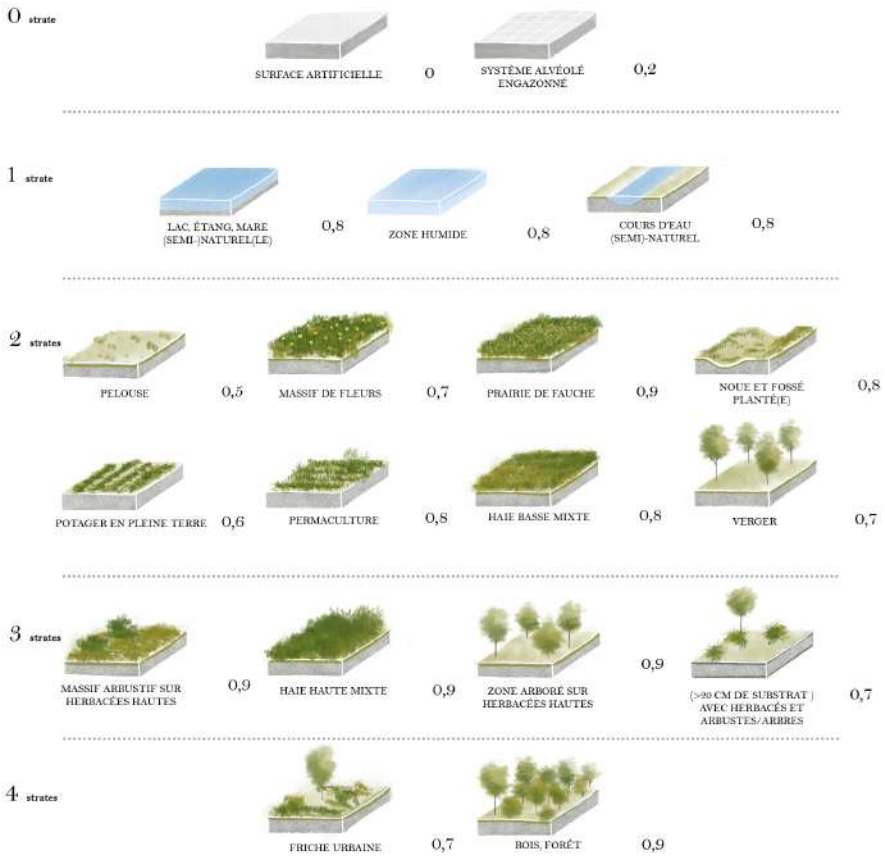


figure 23 : Outil d'analyse et de sélection d'aménagement du maillage noir , catégorie les plus riches biologiquement, Réalisé par l'auteur, sur base du travail de Juliette de Longueville, (2020)

Pour cela, j'ai choisi d'utiliser l'outil d'évaluation de la biodiversité en fonction de différent type d'habitat, appelé l'écopotentiel⁸³ et qui peut donc servir de base dans le choix de construction d'un aménagement. Le chiffre 0 équivaut à un potentiel de biodiversité inexistant, 0,3 est jugé bon et au plus il s'approche de 1, au plus l'aménagement est potentiellement porteur d'une biodiversité riche. Ainsi, chaque espace pourra être analysé sur base de cet outil et amélioré si possible en sélectionnant un aménagement qui possède un coefficient plus élevé.

Néanmoins, un aménagement comportant un grand potentiel de biodiversité n'est pas suffisant pour permettre de lutter contre la pollution lumineuse. En effet, il faut aussi que l'espace vert construit acquière une certaine obscurité et pour cela il faut jouer sur les strates végétales.⁸⁴ En effet, dans la nature, les espaces verts sont constitués de 5 strates végétales, dont 4 qui créent des zones d'ombres pour la biodiversité:

1. La strate cryptogamique ou muscinale caractérisée par la présence de lichens et mousses, jusqu'à quelques millimètres de hauteur ;
2. La strate herbacée constituée d'herbacées jusqu'à 1 m, 1,50 m de hauteur à maturité;
3. La strate arbustive constituée d'arbustes ou buissons (mesurant de 0,3 m à 2m à l'état adulte pour la strate arbustive basse, de 2 à 7m pour la strate arbustive haute);
4. La strate arborée constituée d'arbres dont la hauteur débute vers les 8 m.

Ainsi, afin de maximiser l'ombre apportée par ses strates, l'idéal serait qu'elles soient toutes présentes sur une même zone afin de masquer un maximum l'éclairage public. Ainsi on peut simplement noter de 1 à 4 le nombre de strates d'un aménagement, le chiffre 1 expliquant la présence d'une unique strate et ne présentant alors que peu d'ombre, le chiffre 2 étant le minimum et ne permettant pas de couvrir suffisamment, le chiffre 3 étant jugé alors comme bon, et enfin le chiffre 4 présentant alors l'entière des strates possibles et offrant le maximum d'ombre. En reprenant les aménagements de l'écopotentiel, on peut donc les classer à nouveau en fonction de leur possibilité de biodiversité et de couverture végétale. Il faut néanmoins rappeler que cela reste un outil simple permettant une compréhension et un choix facile d'espaces verts. Il faudrait dans l'absolu faire analyser le site par un écologue afin de préciser les analyses et de choisir au mieux l'aménagement. Enfin, bien que le facteur de strate soit suffisant, un autre facteur tout aussi important, mais qui n'a pas été pris en compte dans ce travail est la densité de végétation au mètre carré.

Ainsi grâce à cet outil, et à la participation citoyenne, chacun des habitants, techniciens, élus, et associations pourront travailler ensemble leurs espaces publics afin d'offrir à la fois un espace végétal apte à contenir une grande biodiversité, mais aussi caractérisé par une certaine obscurité permettant de les protéger de l'éclairage public.

83 J. De Longueville, « *Compenser et intensifier la biodiversité d'une friche par le projet d'architecture* », Mémoire de fin d'étude de l'université catholique de Louvain LOCI, 2019 - Voir annexe 11.

84 Voir annexe 12



figure 24 : Plan d'action potentiel du point 1 : forêt et champ du Laerbeek
Réalisé par l'auteur, sur base de google maps 2019, (2020)



figure 25 : Plan d'action potentiel du point 2 : Espace résiduel du nord de la basilique
de Koekelberg
Réalisé par l'auteur, sur base de google maps 2019, (2020)

5.1.2 Exemple par le projet sur les 6 points névralgiques

Ainsi à l'aide de cet outil, la stratégie revient à modifier l'espace public de façon particulière sur chacun des 6 points, en proposant des projets qui vont convoquer des espaces différents et donc des interventions différentes, mais qui auront comme base l'amélioration du caractère végétal afin d'offrir plus d'ombre pour la biodiversité, tout en incluant le citoyen dans le processus de conception, de construction et de gestion afin que cet espace lui soit aussi bénéfique.

Sur le point 1 : la forêt du Laerbeek. Comme on le voit sur l'image obtenue par Google Maps, il y a de nombreuses poches dans la bordure sud du bois du Laerbeek. De plus, le parc est traversé par 2 grandes lignes d'éclairages qui viennent alors couper la traversée de la biodiversité. L'idée ici est alors d'améliorer le caractère boisé de la forêt par la sylviculture. De nombreux potagers et une ferme pour enfants se trouvant assez proches du bois, il pourrait être donc compris dans le projet de sylviculture durable afin de discuter et de construire ensemble le bois du Laerbeek. Les nouveaux arbres plantés pourront permettre la densification de la végétation, et apporteront de l'ombre pour la faune et la flore. De plus, les arbres sélectionnés et coupés afin de permettre un meilleur développement de la forêt pourront être utilisés comme bois dans la création de mobilier pour le potager. En ce qui concerne les champs présents en lisière du bois, actuellement, ils sont utilisés à des fins agricoles et exploités en monoculture. Une bonne solution serait soit l'acquisition des terrains par la commune en vue de développer encore plus le bois du Laerbeek, soit, et ce sera la solution conservée ici, l'acquisition des terrains par l'association des potagers proche afin de réaliser soit des champs de pâturage soit des expérimentations de permaculture. Ainsi pour l'ensemble des changements, en utilisant l'outil imaginé précédemment, on passerait d'espaces pelouse à 2 strates et au coefficient de 0,5 à un bois à 4 strates au coefficient de 0,9. Les champs se retrouvent eux aussi bonifiés, car bien que le coefficient ne change pas, le nombre de strates augmente.

Sur le point 2 : espace résiduel du nord de la basilique de Koekelberg. Due à un important trafic routier, la transition entre l'Avenue Van Overbeke et le parc de la basilique semble compliquée. De plus, un éclairage de type routier éclaire ces voiries et bloque d'autant plus la faune et la flore. L'idée première est alors de réduire la circulation autoroutière par un l'élargissement des espaces résiduels et la création d'une piste cyclable. Ces espaces résiduels composés à la base de pelouse se voient alors transformés en zone végétale plus dense (3 ou 4 strates) afin d'offrir plus d'étape lors du franchissement et de zone plus ombragée. De plus, le petit bois situé en dessous de la basilique est constitué actuellement de parking et donc de surface entièrement artificiels. Sans pour autant supprimer les parkings, on pourrait néanmoins transformer la surface en une surface semi-alvéolée afin d'offrir plus de biodiversité, mais aussi en assurant une couverture complète du bois en replantant des arbres là où il en manque. Enfin, les abords de ce bois pourraient être plus densifiés (passant alors de 2 à 3 strates) par la plantation de buissons permettant de protéger le sol de l'éclairage.



figure 26 : *Plan d'action potentiel du point 3 : Parc Elisabeth*
Réalisé par l'auteur, sur base de google maps 2019, (2020)



figure 27 : *Plan d'action potentiel du point 4 : Espace résiduel du sud de ISimonis*
Réalisé par l'auteur, sur base de google maps 2019, (2020)

Sur le point 3 : le parc Élisabeth. Comme on peut s'en rendre compte sur l'image, le parc est coupé en 2 par l'avenue Émile Bossaert. Sur cette espace, nous avons un important contraste entre les bois qui sont complètement sombres et l'avenue, la basilique et sa place qui est extrêmement éclairée (voir figure 21). Afin de permettre une liaison et un franchissement plus facile des espèces, l'idée est de réduire la place des voitures sur l'avenue afin qu'on passe de 2 bandes à une seule. De plus, les espaces résiduels ainsi que les abords de la place et de l'avenue seront déminéralisés (0 strate et 0 de coefficient de biodiversité) et transformés en massif arbustif (3 strates et 0,9 de coefficient). Ainsi , le rapprochement des espaces verts par la réduction des routes, la déminéralisation des abords et la création de massifs permettront d'ombrager beaucoup plus la zone tout en permettant un franchissement plus aisé. On reste à une hauteur raisonnable de 3 strates, car l'importante vue de la basilique doit être conservée. Il en va de même pour les pelouses aux abords de celle-ci. Il serait préférable de modifier l'aménagement afin de passer d'une pelouse à un massif de fleurs offrant plus de potentiel de biodiversité tout en embellissant fortement le lieu.

Sur le point 4: espace résiduel de Simonis. Ce point est très important, car il me permet de parler plus en profondeur des projets servant d'exemple dans le travail. En effet, on peut faire un parallèle entre l'agrandissement du rond-point de Simonis avec le projet «Réinventons la nation» de Coloco. En effet, le but premier du projet était : «Apaiser l'espace public, rééquilibrer les usages au profit des piétons, des cyclistes et des transports en commun, valoriser et développer les espaces naturels, telles sont nos grandes ambitions pour faire de notre capitale une ville accueillante, harmonieuse, durable et accessible pour tous. Imaginer de nouveaux usages, remettre en question nos habitudes... C'est à partir de votre envie de vivre la ville que nous construisons ensemble les places de demain.»⁸⁵ Ainsi dans le même principe, l'idée est ici de déconstruire les abords minéralisés afin d'y aménager des espaces végétaux (strate 3 maximum afin de conserver la vue sur la basilique) ainsi que d'agrandir le rond-point de simonies afin de diminuer la circulation voiture et en proposant un aménagement végétal afin de là encore offrir de l'ombre et faciliter le franchissement. Tout ceci en impliquant les habitants afin de les faire participer à la création et la plantation de nouveaux jardins ainsi qu'à la fabrication des différents mobiliers urbains. En plus de cela, en face du rond-point, entre 2 habitations se trouve actuellement un terrain abandonné. Ce terrain, au lieu d'être bâti pourrait servir à l'usage libre des habitants du quartier afin que ceux-ci puissent en faire un lieu de potager urbain communautarisé. On peut ici faire le parallèle avec un autre projet, celui du Passage 56 de l'Atelier d'architecture autogéré.⁸⁶ Enfin, imaginons à long terme que les habitants (alors eux aussi acteurs investis du territoire) pourraient accepter de réduire l'intensité de l'éclairage mis en place proche de la trame, ajoutant alors une réelle plus-value à l'ensemble des dispositifs d'aménagements mis en place.

85 Coloco, «*Réinventons la nation*» - Voir annexe 13

86 AAA, «*Passage 56* », 2006 en cours - Voir annexe 14



figure 28 : *Plan d'action potentiel du point 5 : Etang Noir*
Réalisé par l'auteur, sur base de google maps 2019, (2020)



figure 29 : *Plan d'action potentiel du point 6 : Rue Sainte-Marie*
Réalisé par l'auteur, sur base de google maps 2019, (2020)

Le point 5: Potager d'étang Noir. Situé en plein milieu de la commune de Molenbeek-Saint-Jean, et plus particulièrement entre de grandes barres de logement, un potager urbain a réussi à émerger. Celui-ci est néanmoins situé au coeur des zones les plus critiques pour les déplacements de la biosphère ainsi que la présence forte de l'éclairage public. Ainsi, afin de protéger l'ensemble de la faune et de la flore en leur donnant un habitat suffisant, la solution a été ici d'accentuer les pratiques tournant autour du potager existant en créant une agrocité. L'agrocité est un modèle déjà plusieurs fois réalisé qui consiste en la création d'une : « unité d'agriculture urbaine civique composée d'une microferme expérimentale, de jardins collectifs, d'espaces pédagogiques et culturels ainsi que des dispositifs de production énergétique, de compostage et de collecte d'eau pluviale. »⁸⁷ Ainsi, cette unité, en plus de permettre au quartier la création d'une véritable poche verte, cela permettrait de centraliser toutes les associations et habitants qui agissent sur un tronçon afin de discuter ensemble, débattre sur certains projets et enfin échanger des matières obtenues sur site, mais aussi échanger du savoir. Cette agrocité remplacerait la place de parking, qui serait alors déminéralisée, et construit à l'aide des habitants du quartier, pour ensuite venir végétaliser l'endroit. De plus, les abords de la place d'étang noir sont fortement minéralisés. En effet, il n'y a aucune plantation à l'exception de quelques arbres. Il s'agirait aussi de déminéraliser la place et ses abords afin de replanter des massifs (3 strates minimum). De plus, bien que la place soit un lieu important de transitions et d'échange routier, entraînant avec lui un fort trafic routier, on pourrait imaginer comme sur le point 4 d'apaiser l'espace public en réduisant la place de la voiture en ville.

Et enfin le point 6 : La zone bâtie Rue Sainte-Marie. L'entièreté de la rue a été aménagée il y a pas longtemps de telle sorte à rendre la rue entièrement piétonne. Néanmoins, celle-ci a été entièrement minéralisée à l'exception de quelques arbustes plantés ici et là. Ils'agiraient alors de proposer aux habitants de venir déminéraliser la place piétonne et de leur donner cette espace afin que ceux-ci puissent le réaménager.. Dans le plan d'action potentiel, l'idée est de végétaliser le centre de la rue. Ainsi, sur l'entièreté de la rue, ceux-ci pourront alors expérimenter différents aménagements, que ce soit de la simple pelouse, à un massif plus naturel, des potagers urbains ou alors même un petit sous-bois. Néanmoins, comme ceux-ci sont orientés plus vers la zone centrale, il serait avisé de proposer des massifs possédant de nombreuses strates dans les zones proches de l'éclairage⁸⁸, ou alors d'inverser la proposition et de végétaliser les abords de la place. En ce qui concerne le canal, celui-ci se révèle être problématique en ce qui concerne la possibilité à la faune de traverser. Pour cela, on pourrait imaginer la création d'un écoduc qui assurerait la fonction physique de traversée, mais qui permettrait aussi d'être un dispositif permettant aux piétons et au cycliste d'enjamber le canal. Enfin, à l'approche de l'autre rive, il faudra proposer plutôt des aménagements contenant au moins 3 strates, car l'éclairage se fait plus intense.

87 AAA, « Agrocité de R-Urban à Colombes » - Voir annexe 15

88 Voir figure 21

5.2 Éclairage et franchissements : stratégie «Comprehensive Technology»

Après avoir proposé une stratégie visant à modifier les modèles de l'espace public par le biais de co-construction d'aménagement plus végétalisé et ombragé par les citoyens, l'idée ici est de proposer une stratégie qui prend le contrepoint de cette dernière.

En effet, en critiquant l'étude «The Limit to growth»⁸⁹ qui annonce que la technologie ne pourra pas sauver l'écosystème mondial, l'idée est ici d'apporter un point de vue plus nuancé dans l'usage et la mise en place de ces technologies. Cette stratégie se fonde alors sur des principes «techno-optimiste», pour qui l'innovation et le progrès technologique pourront sauver la planète et l'humanité. On peut alors oser le rapprochement avec le courant de pensée transhumaniste, défini par le Larousse comme : « un courant de pensée qui vise l'amélioration des capacités intellectuelles, physiques et psychiques de l'être humain grâce à l'usage de procédés scientifiques et techniques (manipulation génétique, nanotechnologies, intelligence artificielle, etc.) »⁹⁰ À la différence que celui-ci s'applique non pas sur l'homme, mais sur le territoire en vue de l'améliorer et de résoudre des problèmes établis. Pour aller plus loin en ce qui concerne cette approche technologique vis-à-vis des problèmes environnementaux et territoriaux, on peut citer 2 livres : *Discipline pour la planète terre*⁹¹ et *The Infinite Resource: The Power of Ideas on a Finite Planet*⁹². Pour résumer, ceux-ci tentent d'exposer une série de solutions technologiques à la plupart des problèmes, qu'il soit environnemental ou autres et qui pourraient menacer la planète. Pour autant, il n'expose pas un optimiste à toute épreuve et alerte quand à la nécessité de prendre conscience collectivement des dangers qui guettent afin d'agir au plus vite. Dans les références qui ont servi à nourrir ma pensée vis-à-vis de ce type de stratégie, c'est le projet Jade Éco Park de Philippe Rahm à Taiwan.⁹³

La stratégie «Comprehensive technology» a donc pour but de résoudre le problème territorial de la pollution lumineuse afin de lutter contre la fragmentation de la biodiversité par l'intermédiaire d'un éclairage écoresponsable installé sur chaque point névralgique et à plus long terme, sur l'ensemble du maillage noir afin de permettre le passage de la faune et de la flore à travers la Région de Bruxelles-Capitale. Bien que cette stratégie se base aussi sur l'élaboration d'un outil en vue de changer l'aménagement urbain, elle ne met pas les mêmes acteurs en oeuvre et n'a pas la même logique d'action. Ainsi cette méthode devra être mise en place de manière synchronisée par l'ensemble des acteurs du parc lumineux de la région afin d'instaurer un maillage noir efficient.

89 D. Meadows, D. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens III (du Massachusetts Institute of Technology), « *The Limits To Growth* », 1972

90 Dictionnaire le Larousse, 2020

91 B. Steward, « *Discipline pour la planète terre* », Tristram, 2014

92 R. Naam, « *The Infinite Resource : The Power of Ideas in a Finite Planet* », University Press of New England, 2013

93 P. Rahm, Mosbach paysagistes, Ricky Liu & Associates (2012-2016)- Voir annexe 16-17-18-19-20

INTENSITÉ LUMINEUSE

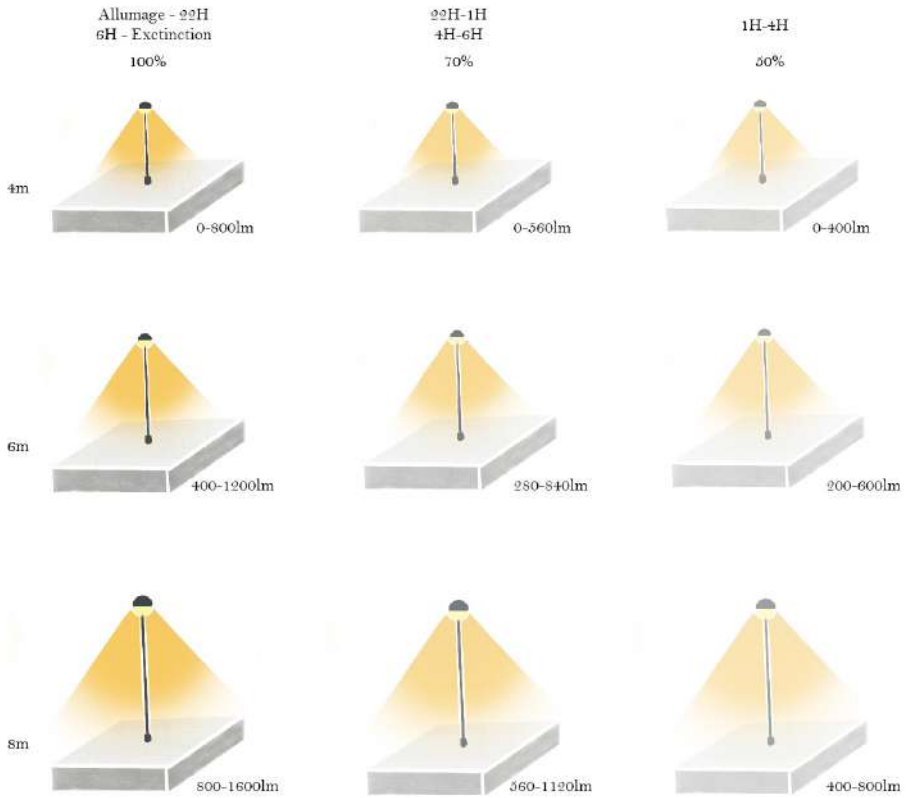


figure 30 : Puissance en fonction de la hauteur de l'éclairage et les heures
Réalisé par l'auteur, selon les recommandation de l'IBGE, (2020)

5.2.1 Un éclairage écoresponsable

Comme mentionnés dans le chapitre de la pollution lumineuse⁹⁴, l'éclairage public a un impact environnemental non négligeable entraînant une série de modifications des comportements de la biodiversité. Pour les rappeler, il modifie la capacité d'un animal à s'orienter, en accentuant ou diminuant son orientation voir même en le désorientant. Cette modification est due à l'illumination ambiante d'un lieu. Ensuite, l'éclairage a comme effet d'attirer ou de repousser certaines espèces. Ceci est dû à l'éclat de la source de lumière et de son intensité. Enfin, il dérègle l'horloge biologique interne provoquant de nombreuses modifications cycliques et biologiques. Cette dernière est due aux émissions lumineuses contenant des ultraviolets dans son spectre.

Actuellement, l'éclairage public est soumis à des normes techniques visant à assurer le juste niveau d'éclairement en fonction du type de voirie (de son gabarit, de la densité de circulation, de son environnement urbain ou non ...), ainsi que la qualité de l'éclairage en termes de confort pour les usagers (uniformité de l'éclairage dans l'espace, éblouissement limité).⁹⁵ Ainsi, l'idée principale d'un éclairage plus écoresponsable est la création d'une norme de l'éclairage public sur le maillage noir, incluant les besoins de la biodiversité et permettant de lutter contre la modification des comportements, ce qui permettrait alors à la biosphère de traverser le territoire urbain et de réduire la pollution lumineuse. Pour cela, en se basant des causes des modifications des comportements, plusieurs pistes sont possibles, permettant alors comme dans la première stratégie d'élaborer un outil de sélection de l'éclairage en fonction de ses effets sur la biosphère. Là encore, comme l'outil de la stratégie «Deep Ecology», celui-ci sert de base pour l'analyse et l'élaboration d'un éclairage. Dans l'absolu, il faudrait l'avis d'expert afin de préciser l'aménagement.

Afin de ne pas attirer ou repousser la biosphère, la première piste est la réduction l'intensité lumineuse de la source. En effet, l'acte d'éclairer un lieu est dû aussi à un effet culturel. Aux États-Unis, à Time Square par exemple, il est de culture dans les grandes villes d'instaurer un éclairage puissant et tapageur. Au contraire dans les pays nordiques, dont la tradition protestante du calvinisme ou les honnêtes citoyens n'ont rien à cacher, fait qu'il n'y a aucun rideau aux fenêtres, permettant alors à l'éclairage de maison d'éclairer suffisamment les rues que pour réduire l'intensité lumineuse de l'éclairage public. Pour cela, il s'agit de sélectionner un éclairage dont la puissance exprimée en watt (W) et son flux lumineux, exprimé en lumen (lm) soient suffisamment bas que pour ne pas gêner la biosphère (cela dépend alors de l'acuité visuelle de chaque espèce), mais suffisamment élevé que pour permettre la lisibilité de la scène éclairer pour l'homme. Néanmoins, cette puissance à installer est fonction de la hauteur du mât, il existe alors des normes pour l'homme que nous utiliserons comme base de notre outil pour déterminer quelle puissance installer en fonction de quelle hauteur⁹⁶.

94 Voir chapitre 3

95 Dossier éclairage public, Mouv. comm., 2/2009

96 Bruxelles Environnement, «*Guide pratique pour la conception des espaces publics des quartiers durables*», p. 3, 2011

DIRECTION DE L'ÉCLAIRAGE

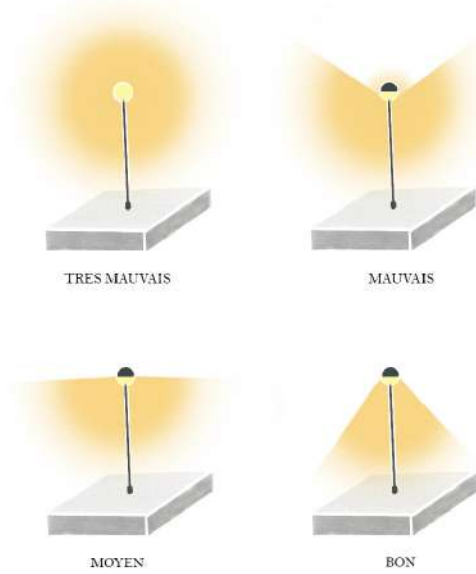


figure 31 : Direction de l'éclairage

Réalisé par l'auteur, sur base des informations obtenus(2020)

EXEMPLE DE MATÉRIAUX ET LEUR COEFFICIENT DE RÉFLEXION

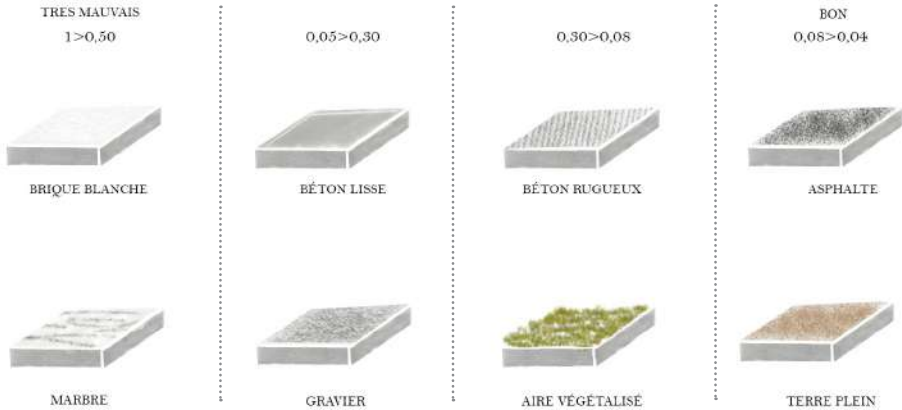


figure 32 : Coefficient moyen de réflexion de quelques surfaces

Réalisé par l'auteur, sur base des informations obtenus dans le livre

«Batir: Manuel de la construction», p. 39, (2020)

Ensuite, afin de ne pas désorienter la biosphère, la deuxième piste est la réduction de l'illumination ambiante d'un lieu. Celle-ci est due à la sensation visuelle de luminosité d'une surface et s'exprime en candela par m² (cd/m²). Pour cela, plusieurs paramètres rentrent en jeu, la première étant bien évidemment la réduction de l'intensité lumineuse, mais aussi de la hauteur du mât, de la direction de la lumière et de sa courbe photométrique. Enfin, la nature de la surface éclairée ne doit pas être trop réfléchissante afin de ne pas éclairer d'autre surface que l'on ne souhaitait pas mettre en lumière. De par la pluralité des paramètres, il a été compliqué de mettre en place des critères pour l'outil. Néanmoins, il a été considéré en vue des hauteurs installées par le plan lumière, que 8 mètres seraient la hauteur maximale possible, et que 4 mètres seraient la hauteur minimum afin de ne pas empêcher d'éclairer les visages des usagers. Ainsi en suivant les recommandations de l'IBGE⁹⁷ un éclairage inférieur à 5 mètres doit avoir une puissance allant de 0 à 100W, pour 8mètres, de 100 à 200W. Ainsi si on prend une LED comme base qui a un rapport de 80lm/W, nous avons pour une lampe de 5 mètres de 0 à 800lm et pour 8 mètres, de 800 à 1600lm. Grâce à la solution de dimming élaboré par le plan lumière⁹⁸, nous savons que l'intensité lumineuse peut baisser jusqu'à 50% tout en permettant une certaine lisibilité de l'espace par l'homme. Nous utiliserons donc ce principe de dimming dans l'outil.

En ce qui concerne la direction et la courbe photométrique, pour simplifier, il faut que la lumière produite par l'éclairage soit orientée uniquement vers la surface à éclairer. Un éclairage partant dans toutes les directions sera jugé très mauvais, un éclairage allant dans toutes les directions sauf la zone à éclairer sera jugé mauvais, un éclairage orienté partout en dessous de lui sera jugé suffisant, et enfin un éclairage strictement orienté sur la surface à éclairer sera jugé bon.⁹⁹

Enfin, pour les surfaces, il faut alors s'intéresser à la capacité de certains matériaux à réfléchir la lumière. Il s'agit alors de connaître le coefficient de réflexion d'une surface afin de savoir si celle-ci va réfléchir la lumière. Évidemment, on cherche ici à réfléchir le moins possible l'éclairage afin que celui-ci n'éclaire pas d'autres surfaces. Le coefficient va de 0, une surface absorbant alors toute la lumière, jusqu'à 1, une surface qui va réfléchir l'entièreté de la lumière reçue. Une rue asphaltée a un coefficient de réflexion relativement faible de 0,07 et celui d'un terrain en terre est de 0,07 aussi. Ceux-ci peuvent être considérés comme très bons. Une surface végétalisée ou bétonnée a un coefficient de 0,25 ce qui est bon. Tout ce qui est au-dessus de 0,4 comme le ciment sera considéré comme moyen et tout ce qui dépasse 0,5 comme la brique blanche où le marbre est à proscrire¹⁰⁰. Les couleurs ont elles aussi un fort potentiel de réflexion, mais nous ne les traiterons pas en détail ici, mais pour résumé, le blanc a un fort coefficient qui va de 0,7 à 0,8 et que le noir est à 0,04 et que donc il faut privilégier les couleurs sombre.

97 Bruxelles Environnement, «*Guide pratique pour la conception des espaces publics des quartiers durables*», p. 3, 2011

98 Bruxelles Mobilité, «*Plan lumière 2018, Région Bruxelles-Capitale*», p.37, 2018

99 Sur le site : <https://www.anpcen.fr/>

100 R. Vittone, «*Bâtir: Manuel de la construction*», PPUR, p. 39, 2010 - Voir annexe

Perception physiologique de la lumière et ses longueurs d'ondes de chacun des acteurs du territoire.

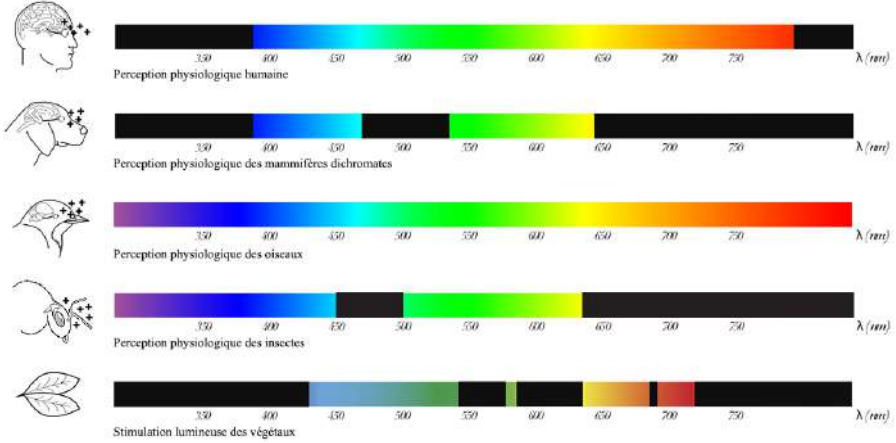


figure 33 : Perception physiologique de la lumière et ses longueurs d'ondes de chacun des acteur du territoire
Représentation partielle du document réalisé par P. Rahm, et ajout de la catégorie insecte par l'auteur, (2020)

TONALITÉ DE LA LUMIÈRE

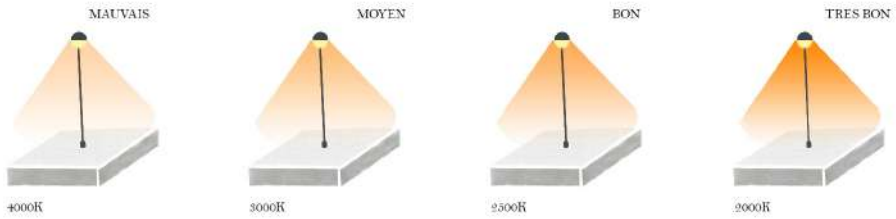


figure 34 : Tonalité des lampes préconisés pour la biosphère
Réalisé par l'auteur, (2020)

Aussi, il est important de mentionner d'autres technologies pouvant être utiles comme l'utilisation d'un balisage passif (type catadioptrés) qui est une solution en ne consommant pas d'énergie et respectueux de l'environnement.

La dernière piste est celle du spectre d'émission de la lampe. En effet, la lumière est constituée d'un ensemble de longueurs d'onde différentes nommé le spectre du visible. Ce spectre s'étend de 380 à 780 nanomètres dont chacun dépend un champ chromatique¹⁰¹. Bien que l'éclairage se caractérise plus par température de couleur indiquée en kelvins (K) allant alors du ton une lumière à ton très chaud de 1000K (contenant alors beaucoup de bleu dans son spectre) à une lumière au ton très froid 12200K (contenant alors beaucoup de bleu dans son spectre)¹⁰². Ce n'est pas tout, en fonction de la technologie d'éclairage employé, la partie du spectre émise sera différente. Ainsi une LED aura un spectre plus complet que d'autre ancienne technologie comme les lampes à sodium haute pression¹⁰³. On l'a vu dans le plan lumière, ceux-ci préconisent l'utilisation de ton : 3000K ou 4000K. L'éclairage à ton froid de 4000K est à proscrire dans l'ensemble du maillage noir, car il émet trop de lumière bleue pouvant alors nuire à la biosphère. L'éclairage à ton chaud de 3000K est bien meilleur, néanmoins comme on le voit sur son spectre lumineux ¹⁰⁴, il continue d'émètre dans certaines longueurs d'onde particulièrement nocives pour certaines espèces. Car, chaque espèce, en fonction de ses particularités de perceptions visuelles, peut voir une certaine partie du spectre. Ainsi, les oiseaux ont la capacité de percevoir l'entièreté du spectre visible, et peuvent même percevoir des nuances dans l'ultraviolet que l'homme ne perçoit pas. D'autres espèces comme la plupart des mammifères dichromates ne peuvent pas percevoir des longueurs d'onde comprises entre 470 et 530 nanomètres. Enfin, une bonne partie du vivant ne perçoit pas les longueurs d'onde au delta de 650 nanomètres, ce qui explique pourquoi les éclairages à ton chaud sont privilégiés. Cependant, grâce aux avancées technologiques, les LED, de par leur conception, ont la possibilité d'éclairer uniquement dans une partie du spectre, et ce de façon très précise. Ainsi, on pourrait imaginer une série de dispositifs lumineux émettant alors dans une partie précise du spectre afin de permettre aux hommes de voir entièrement la scène nocturne, mais aux espèces ne pouvant pas percevoir ces longueurs d'onde, d'être totalement protégés de l'éclairage. Cependant, ce n'est pas une solution miracle, car certaines espèces comme les oiseaux peuvent voir l'entièreté du spectre visible. Il ne s'agit donc pas d'uniquement remplacer toutes les ampoules de l'éclairage publiques et d'y mettre des LED qui émettraient de la lumière uniquement dans les longueurs d'onde au-dessus de 650 nanomètres. Et c'est en cela que les pistes précédentes sont importantes.

Grâce à l'ensemble de ces pistes, on arrive à créer un outil permettant de sélectionner l'éclairage sur un lieu.

101 Voir annexe 21

102 Voir annexe 22

103 Voir annexe 23

104 Voir Annexe 22

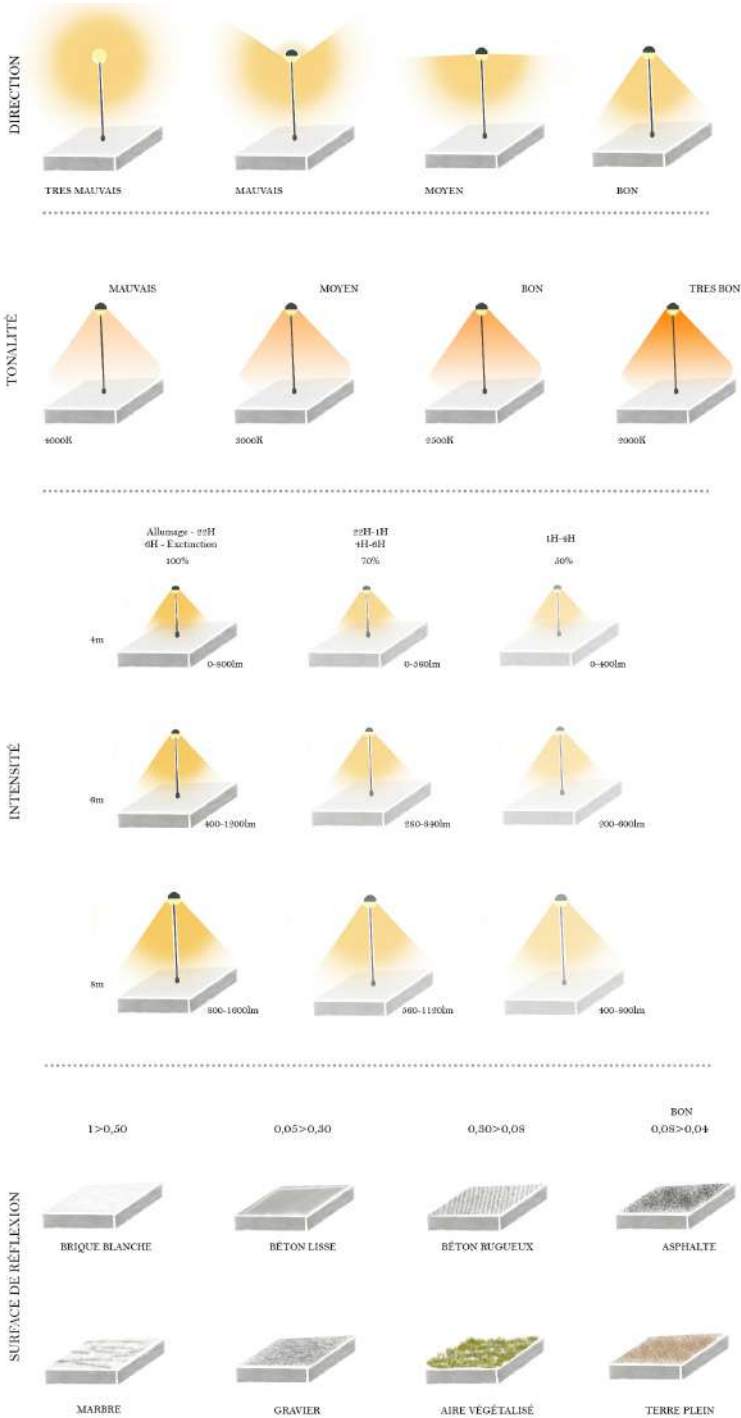


figure 35 : Ensemble des possibilités permettant l'aménagement d'éclairage écoresponsable
 Réalisé par l'auteur, (2020)

5.2.2 Passage à faune

Dans cette partie-ci, il ne sera pas question d'aborder en précision les constructions et la mise en place des passages à faune, mais plutôt de montrer les possibilités que cela induit.

En effet, un passage à faune, ou écotunnel est un aménagement destiné à permettre le passage de la biosphère à travers une construction d'origine humaine qui nuit au déplacement de celle-ci comme une route, une voie ferrée ou encore un canal. Son objectif est d'assurer la continuité des écosystèmes en restaurant un corridor écologique et en luttant contre le morcellement des habitats. Le passage à faune, quand il est de grandes ampleurs se nomment un écoduc, mais il en existe de toute sorte et de toute taille : crapauduc, chiroptéroduc et même lombriduc¹⁰⁵, et sont des dispositifs, dont l'implantation présente, une grande efficacité écologique.

Leur construction est murement réfléchi et il en découle plusieurs caractéristiques. La première est l'orientation, on privilégiera l'orientation sud afin de permettre au reptile de venir profiter du soleil et s'y nourrir. La deuxième est l'aménagement. En effet, on plantera l'écoduc d'une grande diversité de plantes, afin d'offrir aux plus grands nombres d'espèces protection et lieu de chasse. On y plantera aussi des arbustes au feuillage particulièrement dense afin de protéger les espèces comme la chauve-souris de l'éclairage public. De plus, si le dispositif le permet, la création de mares et de points d'eau permet aussi à de nombreuses espèces de batracien et d'insecte de servir de zone de relais. Enfin, si le dispositif est suffisamment large et qu'il est situé dans une zone présentant une forte population de gros mammifères, ceux-ci utiliseront l'écoduc.¹⁰⁶

Quand on pense aux écoducs dans la Région de Bruxelles-Capitale, on pense avant tout à celui de Groenendael qui enjambe le ring à hauteur de l'ancien hippodrome de Groenendael, réalisé par Life et OZON architecture et qui a été finalisé en 2018.

Ainsi, en complément à une modification de l'éclairage public, ce dispositif pourrait être utilisé de nombreuses fois sur l'ensemble du corridor écologique afin de permettre de lutter contre les divers franchissements qu'on a relevés dans l'analyse territoriale afin de permettre la connexion physique de certains écosystèmes tout en laissant la circulation voiture en place. L'idée n'est pas d'utiliser ce dispositif systématiquement, mais par petite touche sur le tracé du maillage noir pour permettre à la faune de franchir une avenue ou le canal par exemple.

105 Voir annexe 24

106 SETRA, «Routes et passages à faune, 40 ans d'évolution», Bilan d'expérience, 2016



figure 36 : Plan d'action potentiel du point 1 : forêt et champ du Laerbeek
Réalisé par l'auteur, sur base de google maps 2019, (2020)

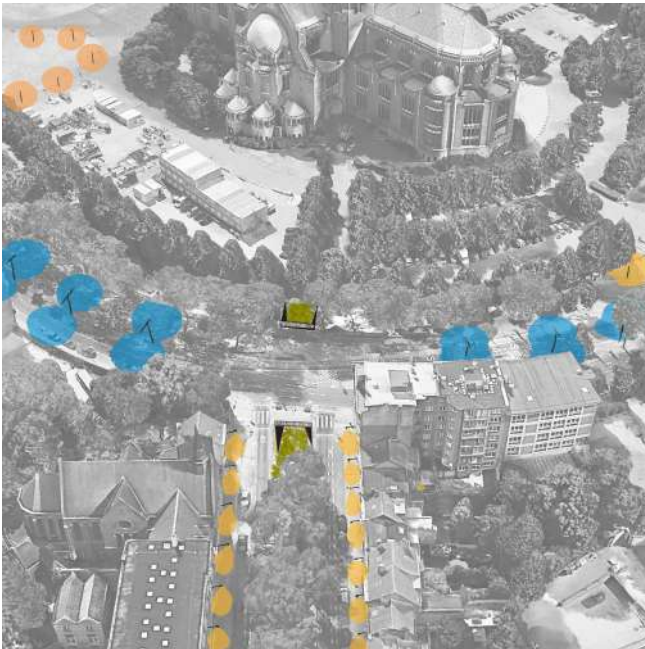


figure 37 : Plan d'action potentiel du point 2 : Espace résiduel du nord de la basilique
de Koekelberg
Réalisé par l'auteur, sur base de google maps 2019, (2020)

5.2.3 Exemple par le projet sur les 6 points névralgiques

Dans ce chapitre, sur base de l'outil déterminé, nous mettrons en oeuvre un éclairage et au besoin, un écoduc sur chaque point névralgique déterminé précédemment. Il faut noter que les seules informations obtenues sur l'éclairage existant mis en place sont celles obtenues par le plan lumière, ainsi que des déductions faites sur base de visite sur site. J'invite alors le lecteur à aller voir les nombreuses photos en annexe qui me permettent de tirer mes déductions. Celles-ci sont laissées telles quelles afin de se rapprocher le plus de la réalité. De plus, en ce qui concerne les principes de dimming que je mettrai en place, il existe peut-être sur certains noeuds, mais je n'ai su vérifier.

Le point 1 : la forêt du Laerbeek.¹⁰⁷

La forêt est un endroit très sensible contenant une importante biodiversité, encore plus à même d'être dérangé par l'éclairage. Premièrement, certaines lampes sont anciennes et projettent de la lumière dans tous les sens. Il faudrait alors la remplacer par un éclairage qui arrive à orienter la lumière uniquement sur la zone à éclairer. Ensuite, en ce qui concerne la température de couleur, on constate une lumière assez blanche, ce qui équivaut à du 4000K. Étant donné l'endroit, il serait bon de se tourner vers du 2500K voir 2000k afin de déranger le moins possible les espèces y vivant. Pour l'intensité lumineuse, la zone étant peu utilisée de nuit, il serait bon de proposer un système de dimming allant jusqu'à l'extinction de l'éclairage durant les heures les plus sombres. Aussi, si par endroit il y a des mâts de faibles hauteurs, à d'autres endroits ceux-ci arrivent presque à 8 mètres. Il serait bon d'uniformiser l'ensemble et de proposer un éclairage bas. Enfin en ce qui concerne les surfaces, il s'agit de terre-plein ou de zone végétalisée ce qui semble être une bonne surface. En ce qui concerne les champs, bien que l'éclairage n'émette pas dans toute les directions, il pourrait être amélioré. Ensuite, là aussi il faudrait ajuster la température de couleur à 3000K-2500K au lieu de 4000K et proposer un dimming allant jusqu'à 50% de son intensité, car cette zone est plus traversée par l'homme que la forêt. Enfin les surfaces étant de l'asphalte, ceux-ci ne reflètent pas l'éclairage.

Le point 2 : avenue au nord de la basilique de Koekelberg.¹⁰⁸

À cet endroit, l'éclairage mis en place pourrait être amélioré en ce qui concerne l'orientation et la température de couleur de 3000K est suffisante sur la rue. Un système de dimming pourrait être mis en place et on pourrait là aussi diminuer la hauteur des mâts. En ce qui concerne la surface, celle-ci est en asphalte, béton rugueux et aires végétalisée et donc plutôt bonne. Une fois arrivé sur l'avenue, il y a la présence d'éclairage de 4000K. Afin de faciliter le passage de la faune tout en gardant l'éclairage sur une avenue fortement utilisée, l'idée est de mettre en place un écoduc souterrain permettant à la faune de rejoindre le parc Élisabeth.

107 Voir annexe 25-26-27

108 Voir annexe 28-29



figure 38 : Plan d'action potentiel du point 3 : Parc Elisabeth
Réalisé par l'auteur, sur base de google maps 2019, (2020)

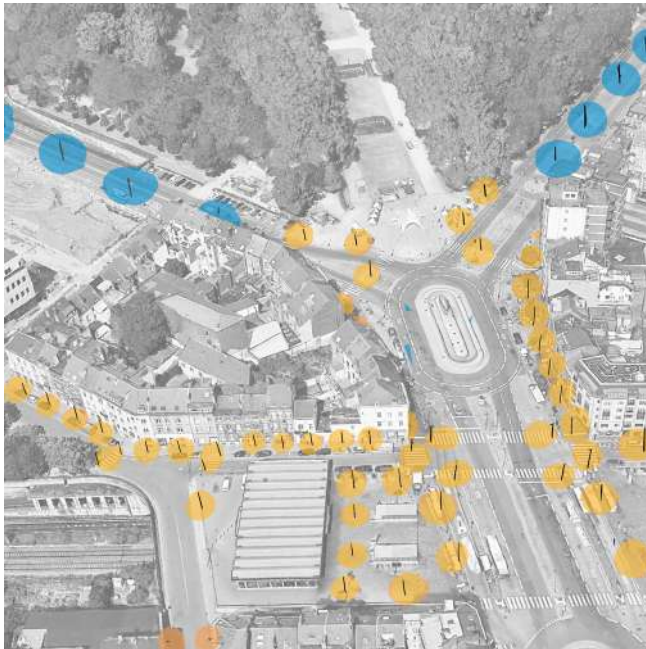


figure 39 : Plan d'action potentiel du point 4 : Rond point Simonis
Réalisé par l'auteur, sur base de google maps 2019, (2020)

Le point 3 : parc Élisabeth¹⁰⁹

L'avenue coupant le parc Élisabeth est fortement utilisée. Certains éclairages (surtout les petits) illuminent dans toute les directions et doivent donc être changés afin d'éclairer de manière plus localisée. Sur l'ensemble de la zone, on peut voir une surabondance de l'éclairage. Il pourrait s'avérer judicieux d'en enlever quelques lampadaires afin de diminuer l'illumination globale du lieu. En ce qui concerne les températures des couleurs, on constate que l'ensemble de l'éclairage à une température de 4000K. Il faudrait alors basculer les lampes éclairant l'avenue et les rues habitées vers un ton plus chaud comme 3000k. Néanmoins, les abords du bois ainsi que les grandes pelouses devraient eux être éclairés à des températures de couleurs de 2500K. On pourrait aussi envisager aussi de mettre en place un système de dimming allant à jusqu'à 70% pour l'avenue, 50% pour les rues habitées et enfin l'extinction complète des lampes aux abords des bois et près des pelouses. Au niveau des hauteurs, on pourrait mettre à 4 mètres l'ensemble des lampes situé sur le point, à l'exception de 4 lampes située sur le rond-point qui aurait une hauteur de 6 mètres afin de garder une bonne visibilité sur cet endroit de la route. En ce qui concerne les surfaces, on retrouve une série de matière qui reste inférieure à un coefficient de 0,3 ce qui est correct. On pourrait imaginer de changer la surface de stabilisé en gravier tous le long de l'avenue afin de réduire le coefficient de réflexion et donc l'illumination globale. Enfin, comme sur le point 2, on pourrait envisager la construction d'un écoduc afin d'améliorer le passage de la faune et de la flore. Celui-ci serait souterrain, car il faut conserver toutes les vues vers la Basilique.

Le point 4: Le rond-point Simonis¹¹⁰

Pour permettre à la faune de passer du parc Élisabeth à l'espace résiduel naturel de la ligne du métro, l'idée est de modifier l'éclairage au niveau du rond-point. Ainsi la première chose à faire serait d'améliorer la direction d'éclairage des lampes pour qu'elle éclaire de manière plus localisée. Ensuite, toutes les lampes qui éclairent l'avenue pourraient voir leur température de couleur passer de 4000K à 3000K. La sculpture au milieu du rond-point éclaire dans des couleurs qui ne sont pas souhaitables pour la biosphère. Tout en gardant l'idée de sculpture lumineuse, on pourrait ici utiliser des LED qui émettent dans des parties précises du spectre allant de 450 à 550 nanomètres et puis de 650 nanomètres à 800 afin de ne pas gêner une partie des espèces. Afin de mieux éclairer et de réduire l'illumination globale, on peut aussi diminuer la hauteur des mâts de l'ensemble des lampadaires présent. L'idée serait alors de faire basculer les hauteurs au niveau de l'avenue de 8 à 6 mètres, et au niveau des rues et de la place Simonis, d'installer des mâts qui ont une hauteur de 4 mètres. La zone étant utilisée régulièrement par l'homme, le dimming mis en place irait seulement jusqu'à 70%. Enfin au niveau des surfaces, on constate la présence d'asphalte et de béton rugueux. Ceux-ci sont d'assez bon matériau ne réfléchissant que très peu la lumière émise par l'éclairage.

109 Voir annexe 30-31

110 Voir annexe 32

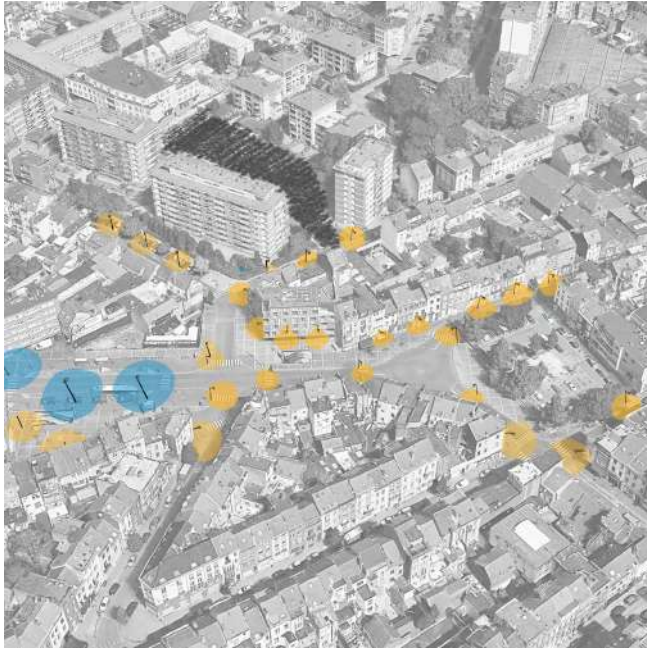


figure 40 : *Plan d'action potentiel du point 5 : Etang Noir*
Réalisé par l'auteur, sur base de google maps 2019, (2020)

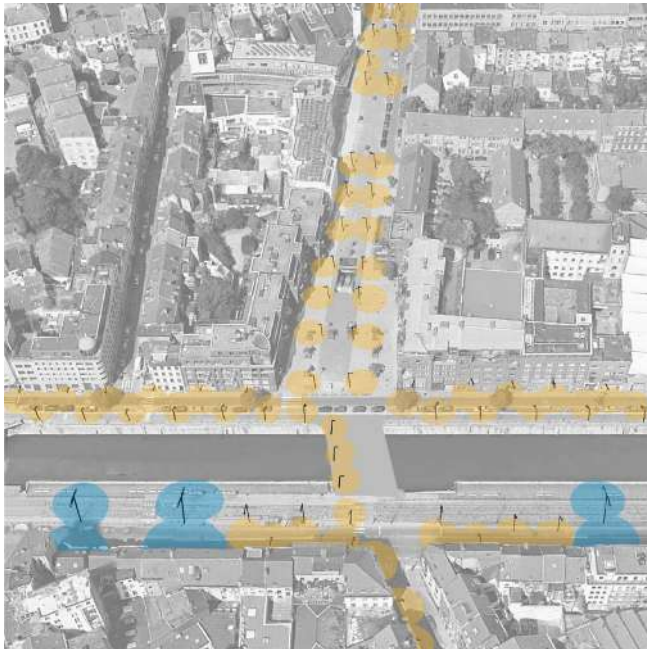


figure 41 : *Plan d'action potentiel du point 6 : Rue Sainte-Marie*
Réalisé par l'auteur, sur base de google maps 2019, (2020)

Le point 5: Étang noir¹¹¹

La première chose que l'on remarque sur le point est aussi la forte présence de beaucoup de lampadaires. On pourrait commencer par réduire une partie. Ensuite, de nombreux éclairages sont des lampes qui éclairent dans toute les directions. Il faudrait les remplacer afin d'illuminer la place de manière très locale. Au niveau des températures de couleurs, la route principale est éclairée avec du 4000K. Celle-ci pourrait devenir du 3000K sur le tracé du maillage noir. Il en va de même pour les hauteurs qui dépassent les 8 mètres. Il serait préférable de réduire la hauteur à 6 mètres sur la route et à 4 mètres sur les rues adjacentes. La place étant fortement utilisée toutes les nuits, due au fait que celle-ci est un noeud intermodal, on pourrait imaginer la présence de dimming allant jusqu'à 70% de l'intensité lumineuse. Enfin, au niveau des surfaces, bien que les routes soient asphaltées et que cela constitue une bonne surface, les pavés utilisés sur la place me semblent assez réfléchissants (au niveau du coefficient de réflexion du béton lisse ?). Il serait alors bon de changer l'entièreté du sol sur la place afin de diminuer l'illumination globale du lieu. Pour franchir la route principale de la place, on orrait imaginer une série de petits écotunnels afin de permettre la traversée en toute sécurité de la faune.

Le point 6: Rue Sainte-Marie¹¹²

Pour commencer, il faut souligner le travail mis en place au niveau de l'éclairage de la rue. En effet, les lampadaires utilisés sont ici plutôt exemplaires et ont toutes les caractéristiques d'un bon éclairage. Le premier est la direction. Par un jeu de réflexion à l'aide d'un panneau, ceux-ci éclairent uniquement vers le bas, et ce de manière très localisée. Ensuite, en ce qui concerne les températures de couleur, on se retrouve avec une température de 3000k ce qui est correct dans une rue piétonne et habitée. Les mâts de l'éclairage sont de faibles hauteurs et même en dessous des 4 mètres. Pour ce qui est du dimming, je n'ai trouvé aucune information affirmant que c'est le cas. On pourrait alors imaginer d'en mettre un en place qui irait jusqu'à 70% de l'intensité lumineuse. Enfin, même les surfaces, ici des dalles minérales et rugueuses, ont un faible coefficient de réflexion et donc permettent de contenir l'illumination globale du lieu. Néanmoins, le problème est plutôt au niveau du canal et de l'autre côté de celui-ci. Déjà, pour le traverser, on mettrait en place un écoduc permettant à la faune de l'enjamber. Ensuite, l'éclairage continu le long du canal est bon en tout sauf au niveau des directions. Celui-ci éclaire dans toute les directions et il faudrait alors les remplacer par une lampe qui éclaire de façon plus localisée. En ce qui concerne l'éclairage de l'autre côté du canal, on se retrouve avec des lampes hautes et dont la température de couleur est de 4000K, il faudrait alors donc les modifier afin que la hauteur soit plus de l'ordre de 4-6 mètres et que la température de couleurs, au moins à l'endroit de la traversée, soit de 3000K.

111 Voir annexe 33-34

112 Voir annexe 35-36



figure 42 : *Collage de la stratégie «Deep Ecology», vue humaine*
Réalisé par l'auteur, (2020)



figure 43 : *Collage de la stratégie «Deep Ecology», rue animale*
Réalisé par l'auteur, 2020)



figure 44 : Collage de la stratégie «Comprehensive Technology», rue humaine
Réalisé par l'auteur, (2020)

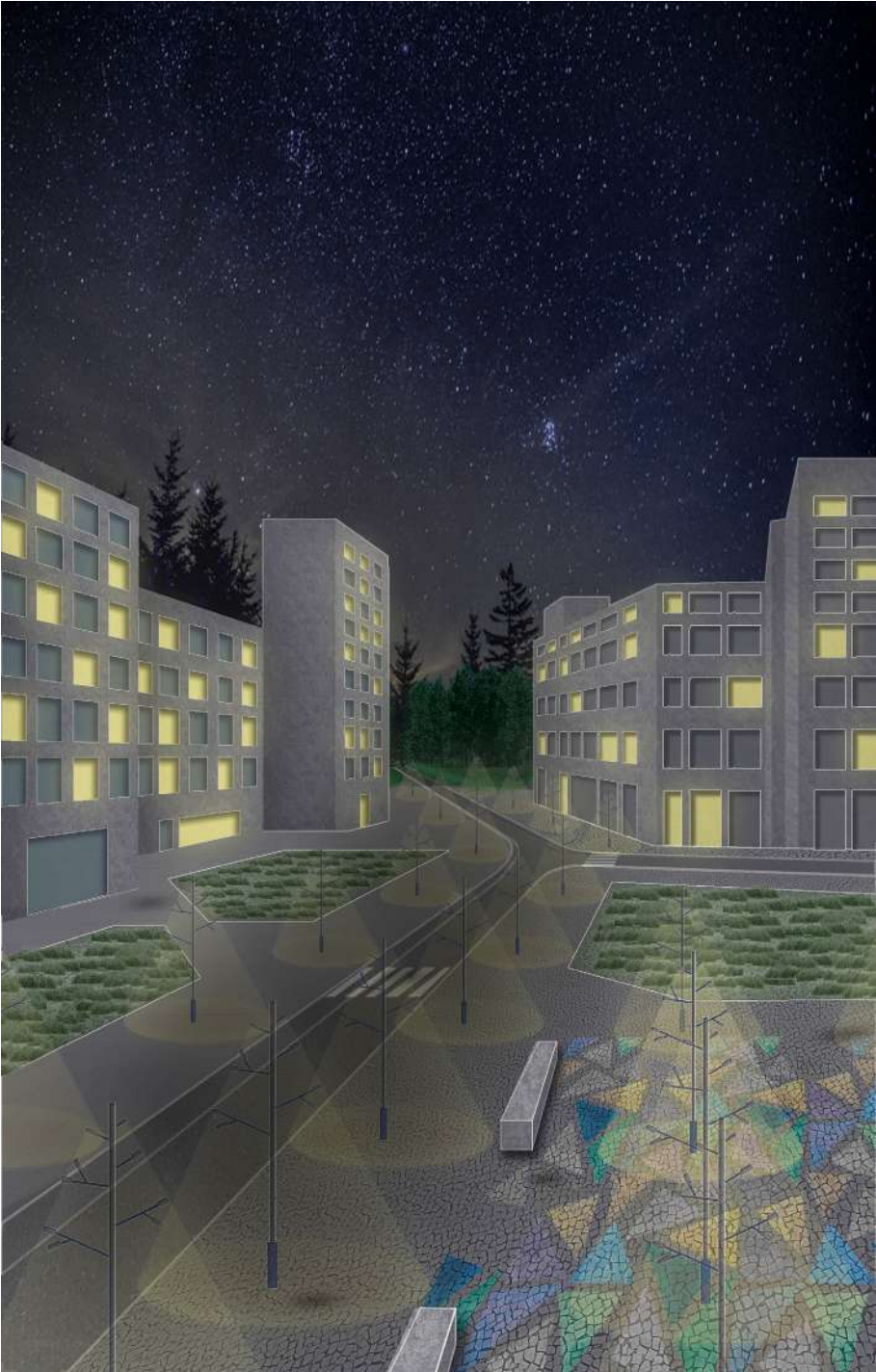


figure 45 : Collage de la stratégie «*Comprehensive Technology*», rue animale
Réalisé par l'auteur, 2020)



Photo 5 : *Atomium*
Réalisé par l'auteur, (2019)

6 Conclusion

Sur base de la problématique globale que représente la pollution lumineuse et qui a été soulevée dans l'indice, toute la démarche de ce travail de fin d'études a été de comprendre comment 2 couches particulières et opposées de la Région de Bruxelles-Capitale, le paysage naturel et le paysage lumineux, pourraient s'ajuster l'un à l'autre afin de générer un territoire plus respectueux de l'environnement. Qui allie alors nature et société.

Tout d'abord, de nombreux constats ont été faits à partir d'un travail de recherche et d'analyse sur chacune de ces couches du territoire. De ces constats, il faut retenir qu'en ce qui concerne le paysage naturel de Bruxelles, bien que celui-ci soit l'un des plus verts en Europe, il est malheureusement de plus en plus morcelé à cause de l'urbanisation croissante. Pourtant la nature sert de support pour l'entière de la biosphère et il est alors important de la conserver, et même de la consolider afin de reconnecter l'ensemble des espaces verts et d'assurer leur perméabilité. En ce qui concerne le paysage lumineux, on constate que son parc se révèle être globalement disproportionné et parfois incohérent dans les éclairages mis en place. De plus, les disparités dans la gouvernance de l'éclairage public à Bruxelles ne permettent pas une vision commune sur l'ensemble de la région. Bien que ceci soit en passe de changer grâce au plan lumière mis en place par Bruxelles Mobilité, celui-ci révèle un manque de considération pour l'environnement en privilégiant d'autres aspects plus économiques ou sociaux.

Ensuite, en regroupant tous ces constats faits dans la première partie et en déterminant qu'elles sont les conséquences de la pollution lumineuse sur l'environnement, on a pu confronter les deux strates autour de la problématique que représente l'éclairage pour les écosystèmes bruxellois. De ceci naquit l'idée de proposer un maillage noir, allié du maillage vert et calqué sur son tracé afin d'assurer une certaine obscurité, pour préserver les biotopes et permettre la traversée de la biosphère sur l'ensemble du territoire de la Région de Bruxelles-Capitale.

Pour cela, on a d'abord déterminé une série de corridors écologiques basés sur le maillage vert et donc la fragmentation des espaces verts est préoccupante. Par la suite, une série de points névralgiques, des espaces sensibles où l'éclairage vient nuire à la traversée écologique, ont été détectés sur l'ensemble de ces corridors. Ces points révèlent alors tous l'enjeu de ma recherche qui est celui d'un territoire composé d'une série de tension dont les espaces sont tiraillés entre les besoins de la nature qui nécessite d'être dans l'ombre et les besoins de la société qui nécessite d'être dans la lumière. Ces zones sensibles ont été caractérisées par leur typologie spatiale, les franchissements présents et enfin par l'éclairage mis en place. Sur base de ces critères, on a pu alors procéder à la sélection d'un corridor écologique qui présente un échantillon varié de point névralgique et qui est donc représentatif des cas possibles sur l'ensemble du territoire. De cette sélection naissent aussi les enjeux.

Enfin, 2 stratégies ont été proposées sur le tronçon sélectionné ainsi que ses 6 points névralgiques. Bien que celles-ci souhaitent obtenir le même résultat, les stratégies mises en oeuvre sont diamétralement opposées. Elles soulèvent alors chacun des leviers d'actions, des moyens et des acteurs différents, et construisent des projets distincts constitués de qualités et de défauts, mais qui néanmoins révèlent une grande richesse de possibilité et de perspective pour le futur de la Région de Bruxelles-Capitale.

En conclusion, que cela soit par l'utilisation de la technologie à l'aide d'un éclairage plus écoresponsable et par la présence d'écoducs, ou par la végétalisation de l'espace public et de sa gestion par les habitants, le territoire de Bruxelles peut faire coexister et vivre ensemble nature et société en accueillant, en faisant traverser et en faisant vivre la biosphère à l'aide d'un maillage noir.



Photo 6 : Deux lampes qui coexistent
Réalisé par l'auteur, (2020)

7 Bibliographie

INTRODUCTION

- Fabio Falchi, Pierantonio Cinzano, Dan Duriscoe, Christopher C. M. Kyba, Christopher D. Elvidge, Kimberly Baugh, Boris A. Portnov, Nataliya A. Rybnikova and Riccardo Furgoni, *World map of artificial sky brightness*, Science Advances Vol. 2 no. 6, 10 Juin 2016
- Le Tallec Thomas, *Quel est l'impact écologique de la pollution lumineuse ?*, Encyclopédie de l'Environnement [en ligne] : <https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/limpact-ecologique-de-pollution-lumineuse/>, 2020..
- Hayhoe Katharine, climatologue et directrice du Centre des sciences du climat à la Texas Tech University, Twitter, 2020
- S. Challéat, *Sauver la Nuit. Empreinte lumineuse, urbanisme et gouvernance des territoires*, Thèse de l'université de Bourgogne, THEMA, Géographie et aménagement du territoire, 2010

LE TERRITOIRE FRAGMENTÉ DE BRUXELLES

- J. Mabilbe, E. Vanempten, S. Devoldere, C. Oosterlynck, A. Loeckx, E. Corijn, F. Persyn, I. Avissar et B. Smets, « *Métropolitan Landscape* », 2016
- Perspective.brussels, « *Plan régional de Développement Durable* », 2016
- Bruxelles Mobilité, « *Plan lumière 2018, Région Bruxelles-Capitale* », 2018
- Bruxelles Environnement, IBGE, « *La biodiversité à Bruxelles* », p. 2, 2015
- S. Paquier, J-P Williot (dir), « *L'industrie du gaz en Europe aux XIXe et XXe siècles: l'innovation entre marchés privés et collectivités publiques* », P.I.E Peter Lang, p. 197, 2005.
- L. Clerbois, « *Histoire de l'éclairage public à Bruxelles* », 1910
- Administration de la commune d'Uccle, « *Histoire de l'éclairage public* », lien : « <http://www.uccle.be/administration/travaux/brochure03> », consulté le 14/04/2020
- Région de Bruxelles-Capitale, « *À propos de la Région* », lien : <https://be.brussels/a-propos-de-la-region/les-competences-regionales>, consulté le 15/04/2020
- Brugel, « *Commission de régulation de l'énergie en Région de Bruxelles-Capitale* », 2018
- Code de bonne pratique sur le site : <https://www.belgium.be/fr>
- Chiffre obtenu sur le site de Wikipédia : https://fr.wikipedia.org/wiki/Fronti%C3%A8res_de_la_Belgique
- Chiffre obtenu sur le site de Engie : <https://www.engie.be/fr/blog/solutions-pour-la-maison/consommation-electricite-moyenne-belge/>

POLLUTION LUMINEUSE

- Dictionnaire le Larousse, 2019 - Centre Nationale des Ressources textuelles et lexicales, 2012
- H. Jedidi, F. Depierreux, Z. Jedidi, A. Beckers, « *La pollution lumineuse, entre santé et écologie* », Rev Med Liège, Vol 70, n° 11, p557-562, 2015.
- T. Longcore et C. Rich, « *Ecological light pollution* », Frontiers in Ecology and the Environment, vol. 2, n° 4, p. 191-198, 2004
- Health Council of the Netherlands, « *Impact of outdoor lighting on man and nature* », The Hague, Health Council of the Netherlands, Publication No. 2000/25E., 2000.
- D. Hill, « The impact of noise and artificial light on waterfowl behaviour: a review and synthesis of the available literature », British Trust for Ornithology Report n° 61, Norfolk, United Kingdom, 1990.
- A.R. Outen, « *The ecological effects of road lighting* », B. Sherwood , D. Culter et J.A. Burton (sous la dir. de), Wildlife and roads : the ecological impact, p. 133-155, 2002.
- London, Imperial College Press. J. Schmiedel, « Effects of artificial lighting on the animal world - an overview », Schriftenreihe Landschaftspflege und Naturschutz, n° 67, p. 19–51, 2001.
- F.J. Verheijen, « *Photopollution: artificial light optic spatial control systems fail to cope with. Incidents, causations, remedies* », Journal of Experimental Biology, n° 44, p. 1-18, 1985.
- F. Falchi, P. Cinzano, D. Duriscoe, C. C. M. Kyba, C. D. Elvidge, K. Baugh, B. A. Portnov, N. A. Rybnikova and R. Furgoni, *World map of artificial sky brightness*, Science Advances Vol. 2 no. 6, 10 Juin 2016
- P. Cinzano, F. Falchi, C.D. Elvidge et K.E. Baugh, « *The artificial night sky brightness mapped from DMSP Operational Linescan System measurement* », Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, n° 318, p. 641-657, 2000.
- G. Gal, E.R. Loew, L.G. Rudstam, et A.M. Mohammadian, « *Light and diel vertical migration : spectral sensitivity and light avoidance by *Mysis relicta** », Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, n° 56, p. 311- 322, 1999
- T. Longcore et C. Rich, « *Ecological light pollution* », Frontiers in Ecology and the Environment, vol. 2, n° 4, p. 191-198, 2004
- Bruxelles Environnement, « *La pollution lumineuse* », Info-fiche sur la biodiversité en Région de Bruxelles-Capitale, 2012.
- Health Council of the Netherlands, « *Impact of outdoor lighting on man and nature* », The Hague, Health Council of the Netherlands, Publication No. 2000/25E., 2000.
- L.J.E. Ogden, 1996, *Collision course: the hazards of lighted structures and windows to migrating birds*, Toronto, Canada
- K.D. Frank, « *Impact of outdoor lighting on moths: an assessment* », Journal of the Lepidopterists' Society, n° 42, p. 63-93, 1988
- G. Eisenbeis et F. Hasself, « *Attraction of nocturnal insects to street lights – a study of municipal lighting systems in a rural area of Rheinbessen (Allemagne)* », Natur und Landschaft, n° 75, p. 145-156, 2000.
- D. Kolligs, « *Ecological effects of artificial light sources on nocturnally active insects, in particular on moths (Lepidoptera)* », Faunistisch-Ökologische Mitteilungen, Supplement 28, p. 1-136, 2000.
- C.G. Summers, « *Phototactic behavior of Bemisia argentifolii (Homoptera: Aleyrodidae) crawlers* », Annals of the Entomological Society of America, n° 90, p. 372-379, 1997.
- Bruxelles Environnement, « *La pollution lumineuse* », Info-fiche sur la biodiversité, 2012
- K.C. Derrickson, « *Variation in repertoire presentation in northern mockingbirds* », Condor, n° 90, p. 592- 606, 1988
- J.G. De Molenaar, D.A. Jonkers, et M.E. Sanders, *Road illumination and nature. III. Local influence of road lights on a black-tailed godwit (*Limosa l. limosa*) population*, Wageningen, The Netherlands , Alterra, 2000.
- A.S. Rand, M.E. Bridarolli, L. Dries et M.J. Ryan, « *Light levels influence female choice in Tungara frogs: predation risk assessment ?* », Copeia, p. 447-450, 1997
- J.E. Lloyd, « *Where are the lightningbugs ?* », Firefly Companion, n° 1, p. 1, 2, 5 et 10, 1994.
- D.J. Bender, E.M. Bayne et R.M. Bringham, « *Lunar condition influences coyote (*Canis latrans*) howling* », American Midland Naturalist, n° 136, p. 413-417, 1996.

- J.C. Hall et M. Rosbash, et M.W. Young récompensé par Le Prix Nobel de physiologie et médecine 2017
- T. Longcore et C. Rich, « *Ecological consequences of artificial night lighting* » Island Press, 4 novembre 2005
- W. Chaney, « *Does Night Lighting Harm Trees? Forestry and Natural Resources* », p1–4, 2002
- INSERM, expertise collective, *Rythmes de l'enfant. De l'horloge biologique aux rythmes scolaires*, 2001.
- INSERM, expertise collective, *Cancer : Approche méthodologique du lien avec l'environnement*, 2005.
- INSERM, expertise collective, *Cancer et environnement*, 2008.
- Y. Tloutiouet E. Haus, « *Chronobiology in Laboratory Medicine* », *Biologic rhythms in clinical and laboratory medicine*, Springer-Verlag, Berlin, p. 673-708, 1994
- D.J. Dijk, J.F. Duffy, C.A. Czeisler, *Contribution of circadian physiology and sleep homeostasis to age-related changes in human sleep*. *Chronobiol Int* 17: 285–311. doi: 10.1081/cbi-100101049, 2000
- Y. Tloutiou, O. Benoit, J. Foret, A. Aguirre et A. Bogdan, « *Effects of 2 hour early awakening and bright light exposure on plasma patterns of cortisol, melatonin, prolactin and testosterone in man* », *Acta Endocrinol*, n° 126, p. 201-205, 1992

CONTRASTE ENTRE PAYSAGE NATUREL ET TRACÉ LUMINEUX

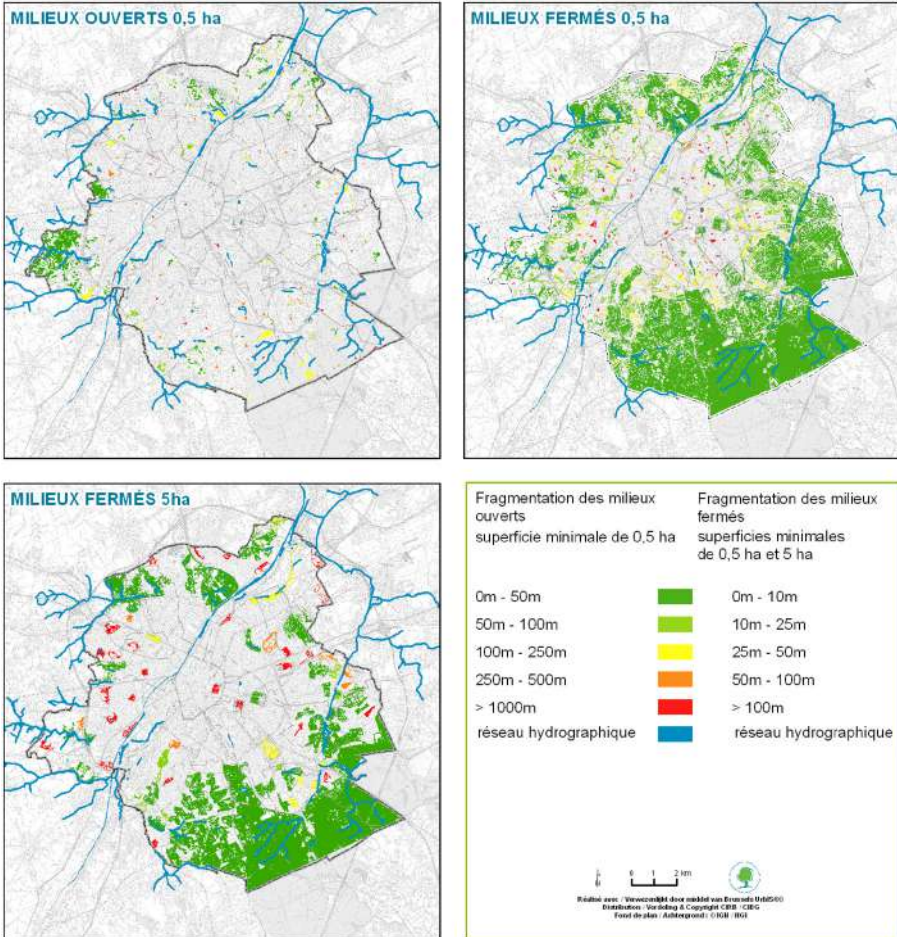
- D. Le Breton, « *L'Adieu au corps* », Paris, Métailié, 1999
- J.-M. Deleuil (sous la dir. de), « *Éclairer la ville autrement, innovations et expérimentations en éclairage public* », Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2009

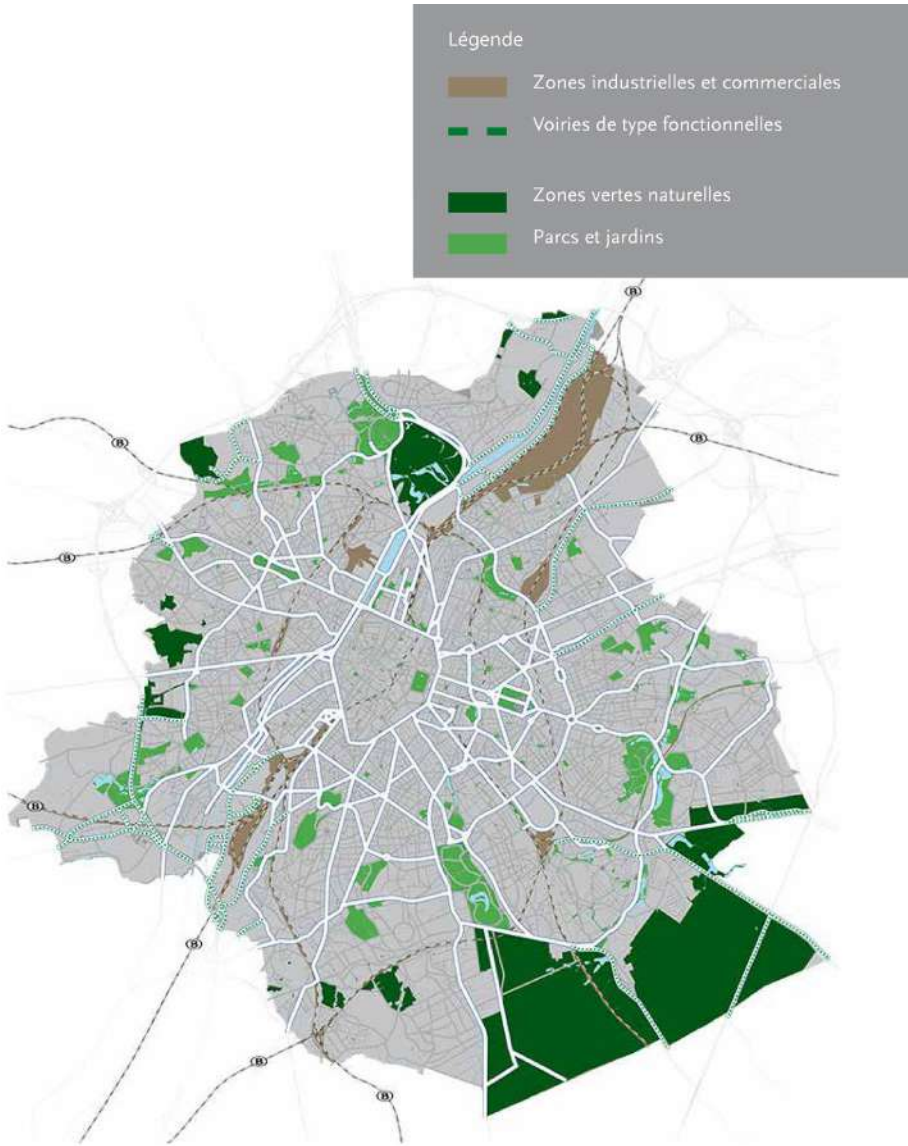
OPPORTUNITÉS DES ENCLAVES NOCTURNES

- E. Morin, « *Comment vivre en temps de crise?* », Le temps d'une question, Bayard, 2010
- D. Jensen, L. Keith, A. McBay, « *Deep Green Resistance : Un mouvement pour sauver la planète.* » Herblay, Éditions Libre, 2018
- R. Ribotto, « *L'Écologie profonde* », éditions du Cygne, 2007
- D. Meadows, D. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens III (du Massachusetts Institute of Technology), « *The Limits To Growth* », 1972
- *Divers scénarios, Les Limites à la croissance*, sur le site de Wikipédia : https://fr.wikipedia.org/wiki/Les_Limites_%C3%A0_la_croissance
- Présentation du bureau AAA sur leur site : <http://www.urbantactics.org/about/>
- Activation, Manifeste de Coloco sur le site : <https://www.coloco.org/manifeste/>
- L. Blondiaux & Y. Sintomer, « *L'impératif délibératif.* », Rue Descartes, 1(63), p. 28-38, 2009
- J. De Longueville, « *Compenser et intensifier la biodiversité d'une friche par le projet d'architecture* », Mémoire de fin d'étude à l'université catholique de Louvain de LOCI, 2019
- « *Réinventons la nation* » sur le site : <https://www.coloco.org/projets/reinventons-la-nation/>
- Passage 56 sur le site : <http://www.urbantactics.org/projets/passage56/>
- Agrocité de R-Urban à Colombes, sur le site <http://r-urban.net/accueil/>
- D. Meadows, D. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens III (du Massachusetts Institute of Technology), « *The Limits To Growth* », 1972
- Dictionnaire le Larousse, 2020
- Steward, « *Discipline pour la planète terre* », Tristram, 2014
- R. Naam, « *The Infinite Resource : The Power of Ideas in a Finite Planet* », University Press of New England, 2013
- Jade Eco PArk, Philippe Rahm, Sur le site : <http://www.philipperahm.com/data/projects/taiwan/index.html>
- Dossier éclairage public, Mouv. comm., 2/2009
- Bruxelles Environnement, « *Guide pratique pour la conception des espaces publics des quartiers durables* », p. 3, 2011
- Bruxelles Mobilité, « *Plan lumière 2018, Région Bruxelles-Capitale* », p.37, 2018
- Association nationale pour la protection du ciel et de l'environnement nocturne, sur le site : <https://www.anpcen.fr/>

- R. Vittone, *«Bâtir: Manuel de la construction»*, PPUR, p. 39, 2010
- SETRA, *«Routes et passages à faune, 40 ans d'évolution»*, Bilan d'expérience, 2016

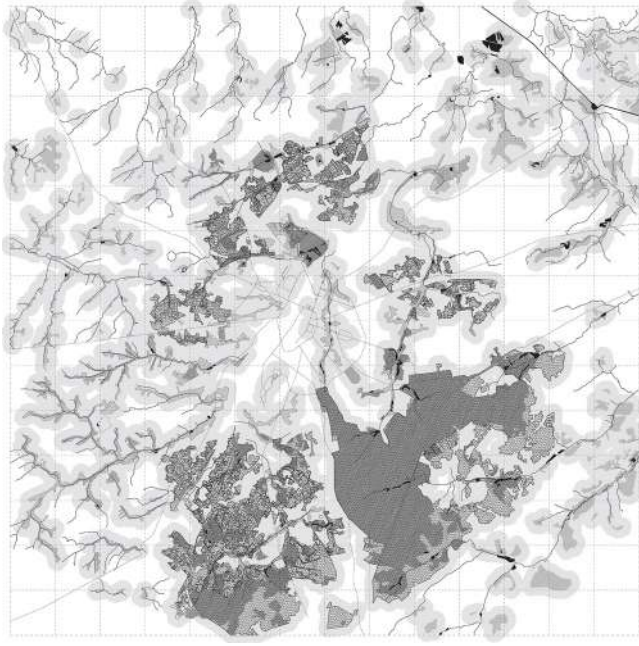
8 Annexes



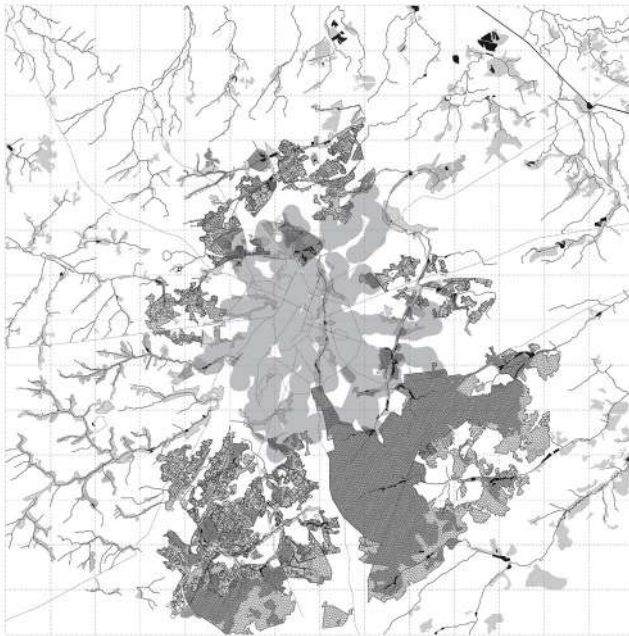




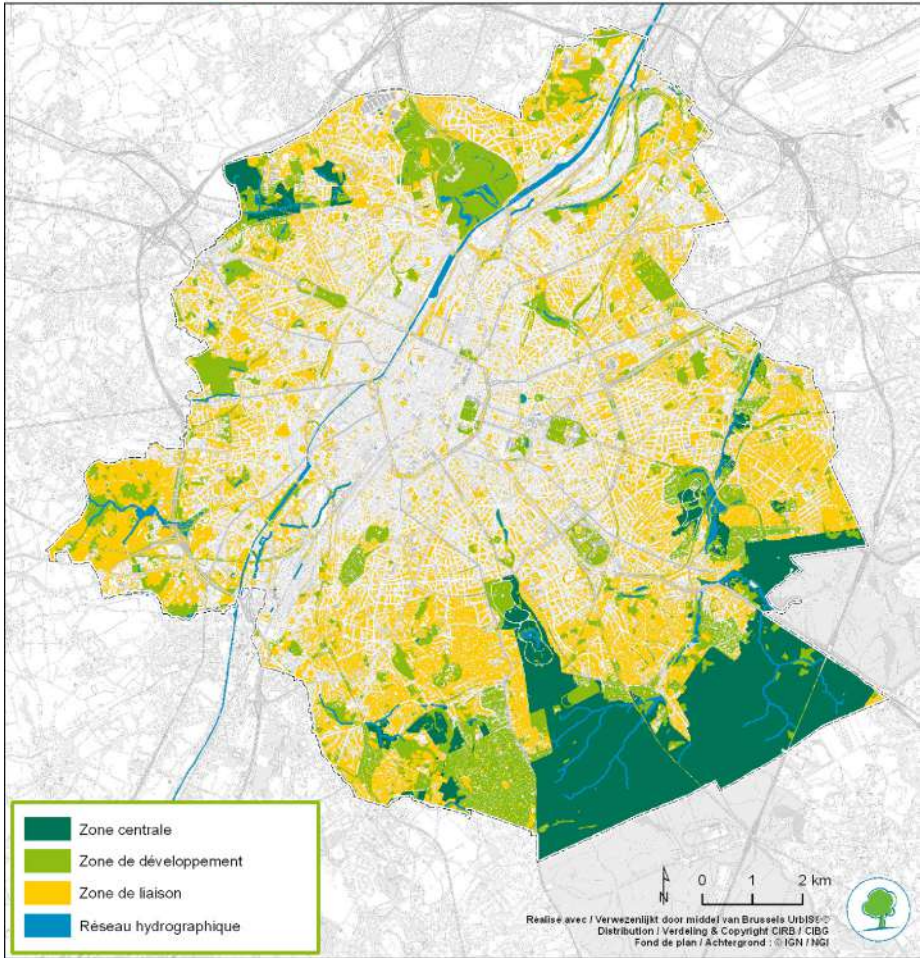
Annexe 3 : Double éclairage ,
Photographie prise par l'auteur (2018)



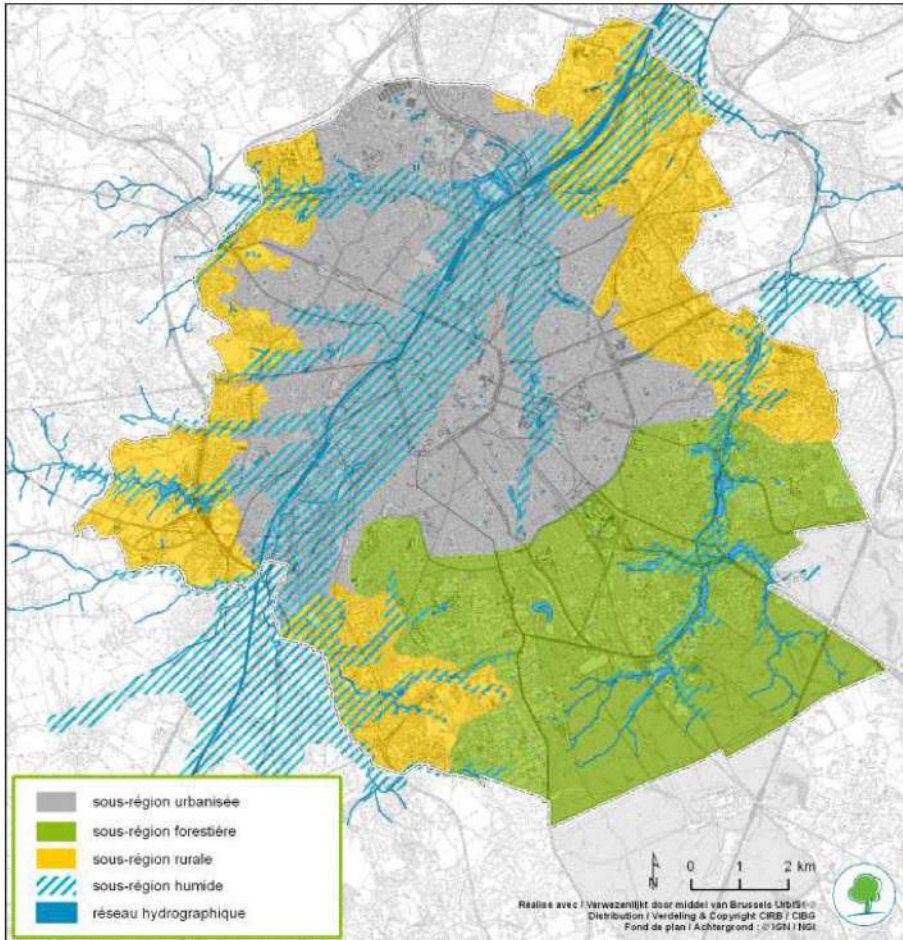
Annexe 4: *Zone d'ombre sur les espaces vert,*
Réalisé par l'auteur, sur base du Metropolitan Landscape (2020)



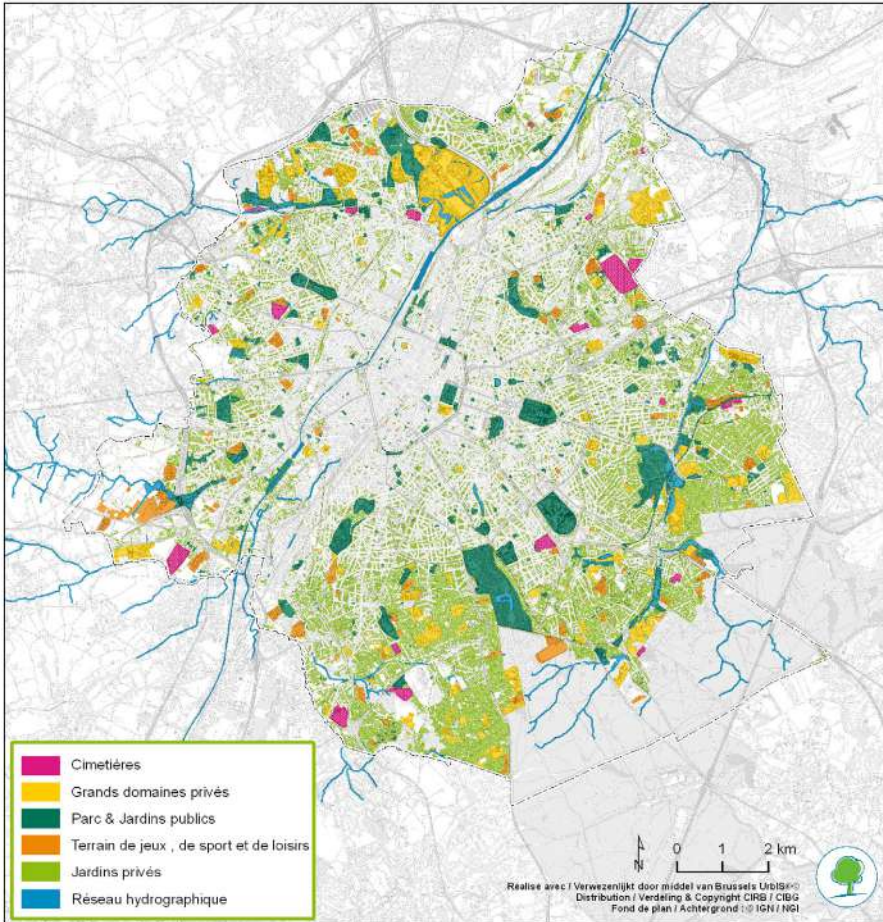
Annexe 5: *Zone d'ombre sur le maillage vert,*
Réalisé par l'auteur, sur base du Metropolitan Landscape (2020)



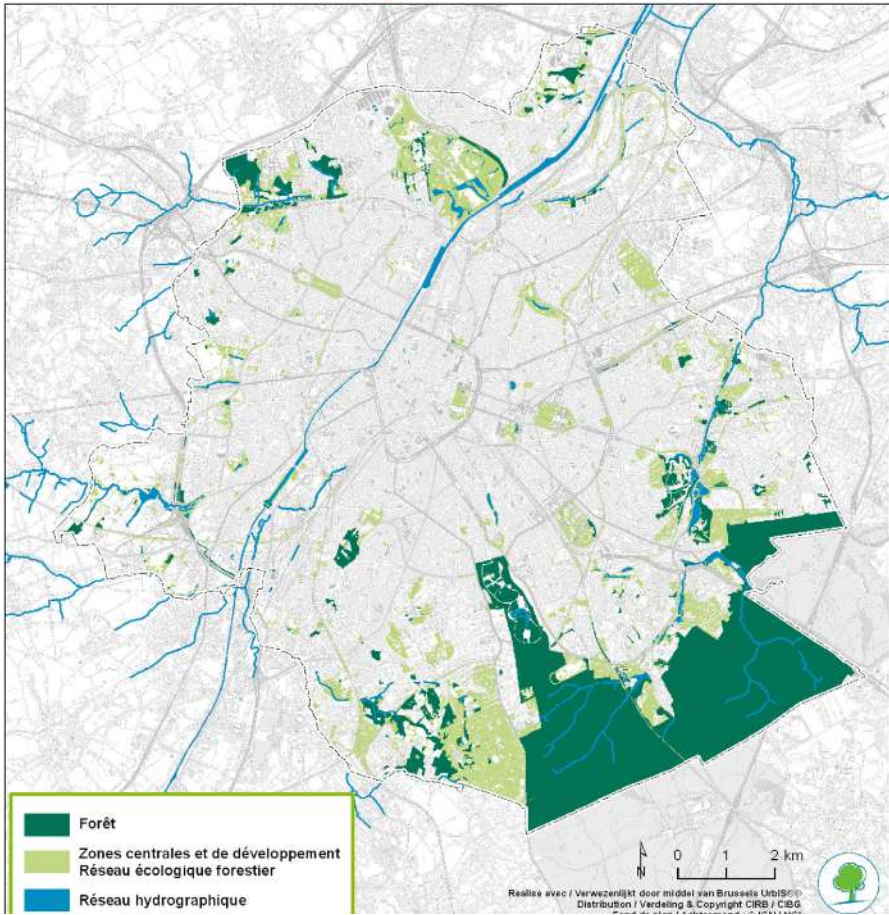
Annexe 6: Zone centrale, de développement et de liaison de l'espace vert
Bruxelles Environnement, (2012)

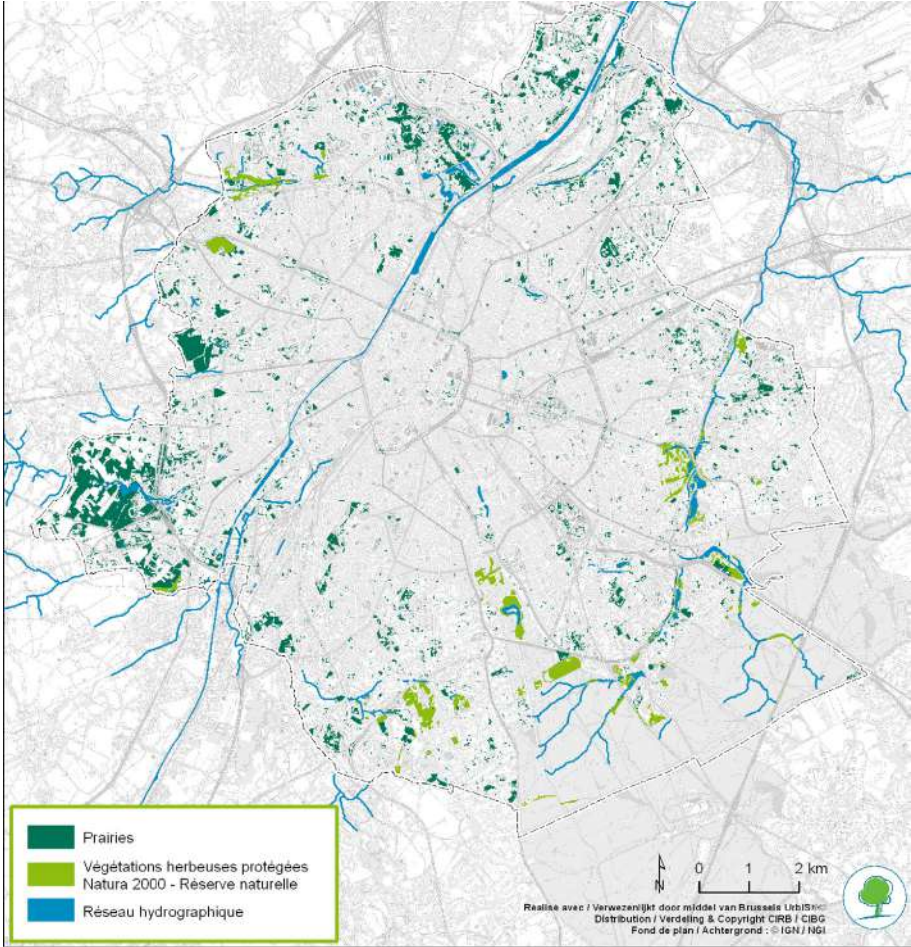


Annexe 7: *Sous-région des espaces verts de Bruxelles*,
Bruxelles Environnement, Rapport sur la nature à Bruxelles (2012)

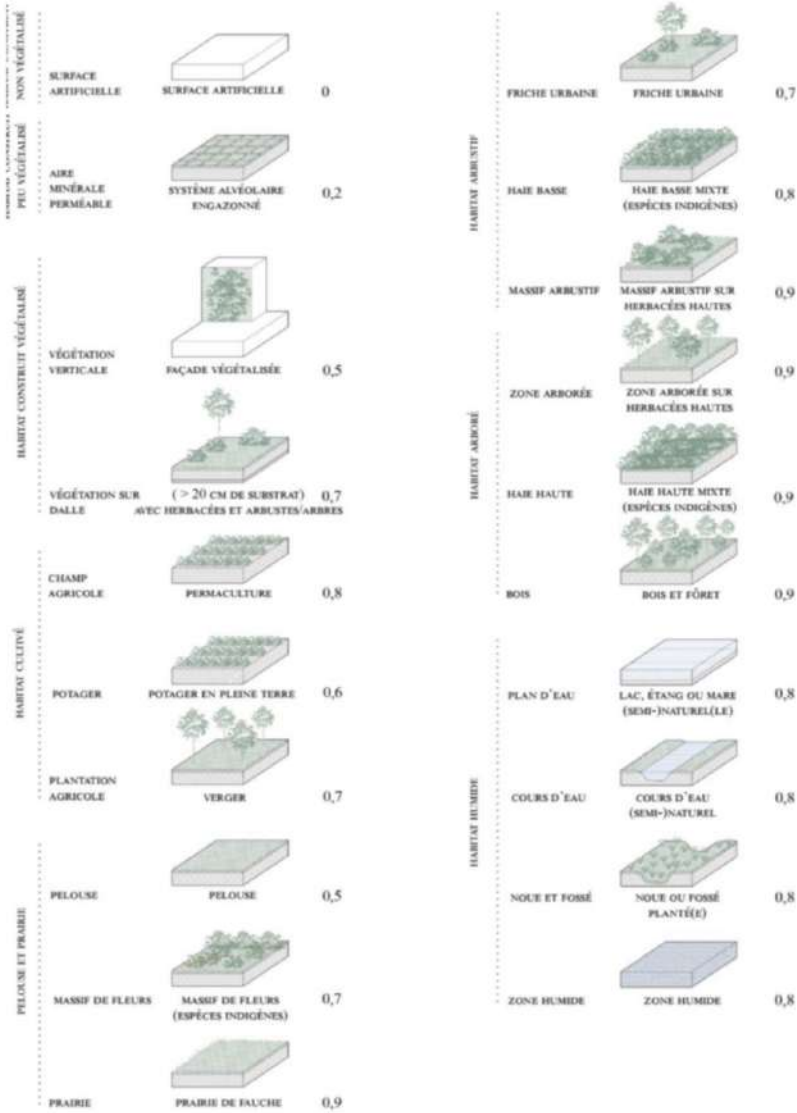


Annexe 8: Typologie d'espace vert de type jardin et parc, Bruxelles Environnement, Rapport sur la nature à Bruxelles (2012)



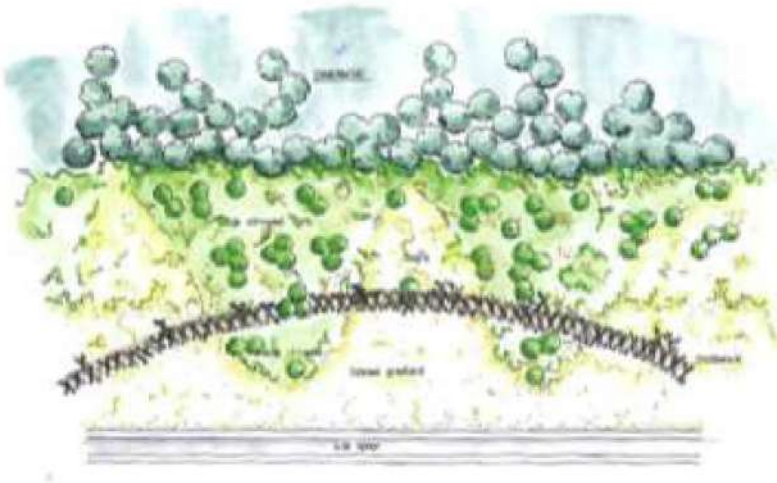
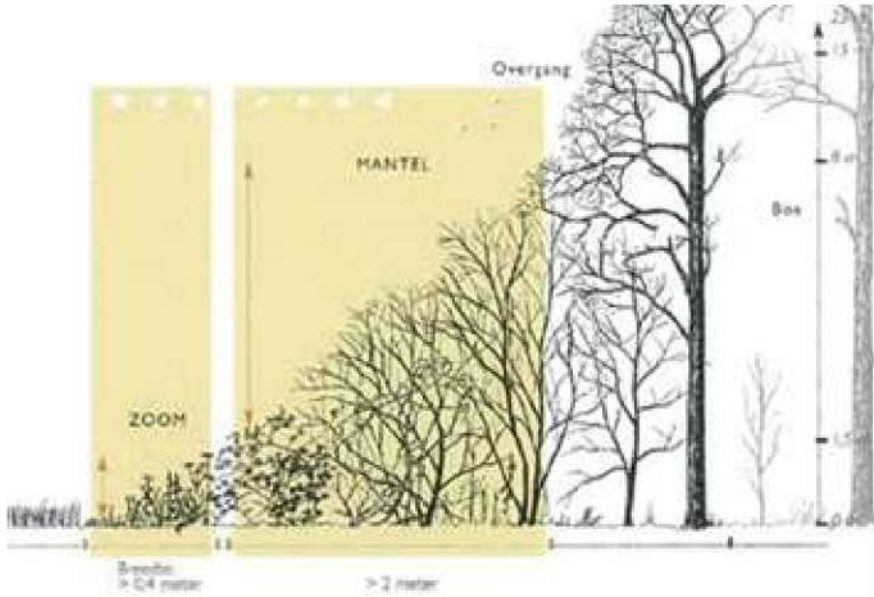


Outils d'évaluation de la biodiversité – Outils interdisciplinaires



(19) Illustration partielle de l'Écopotential, catégories les plus riches biologiquement, production de l'auteur sur base du Séminaire Bâti et Biodiversité, 2018.

Schéma de principe de la lisière forestière variée





coloco | image : Raphaël Michiels



coloco | image : Nathan Dubois

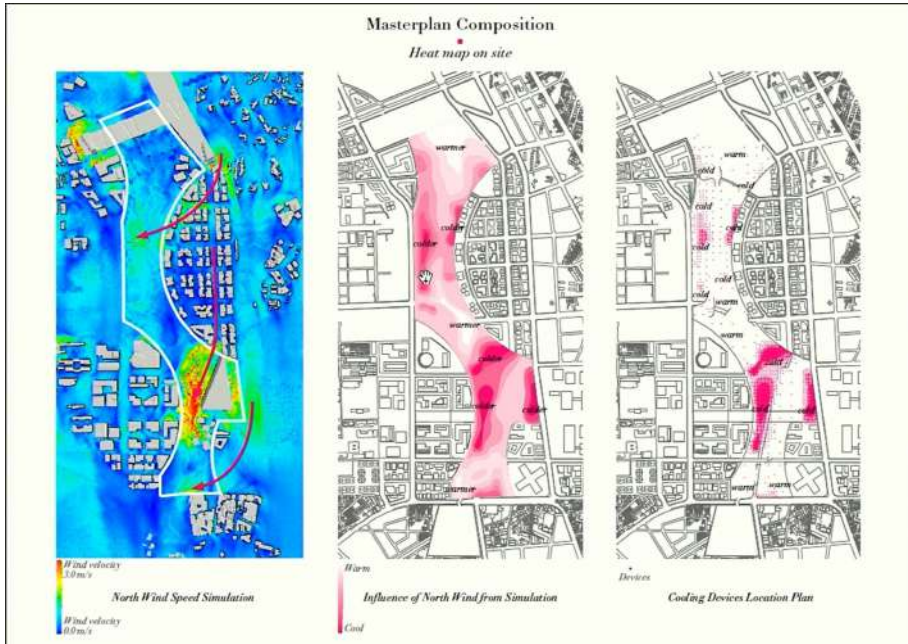
Photographie by Nest



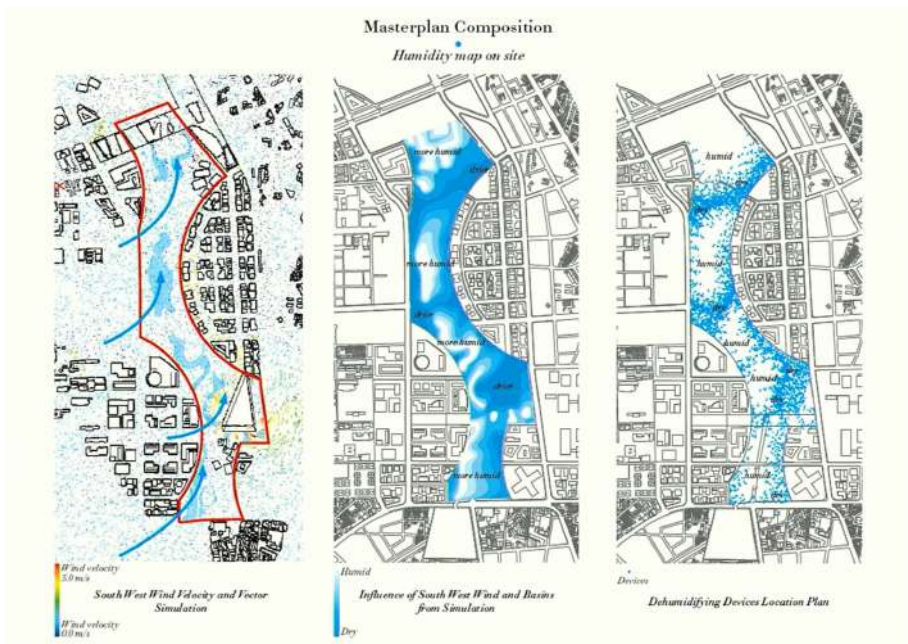
Annexe 14: « Passage 56 »,
AAA (2006 en cours)



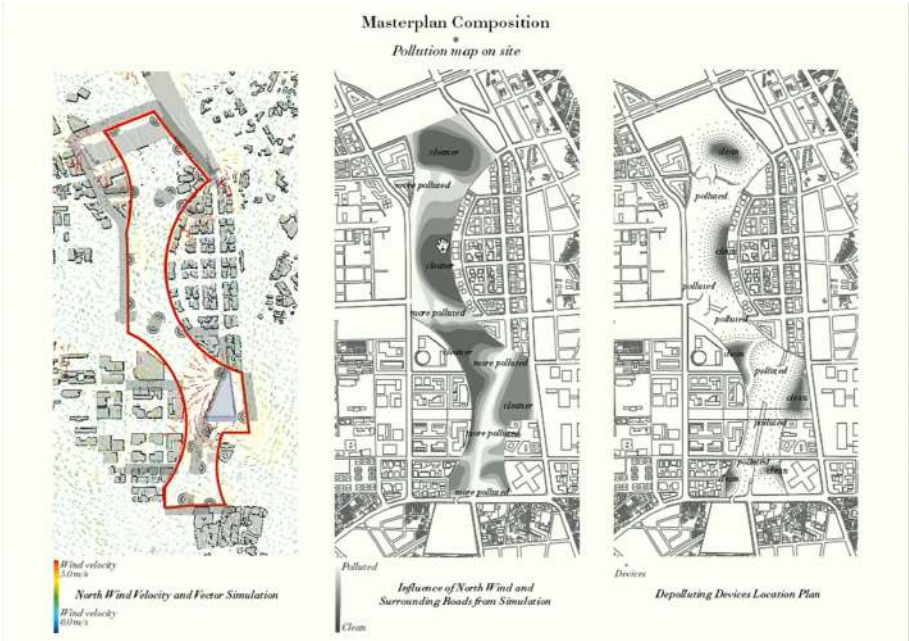
Annexe 15: « Agrocité de R-Urban à Colombes »,
AAA (2013 - 2017)



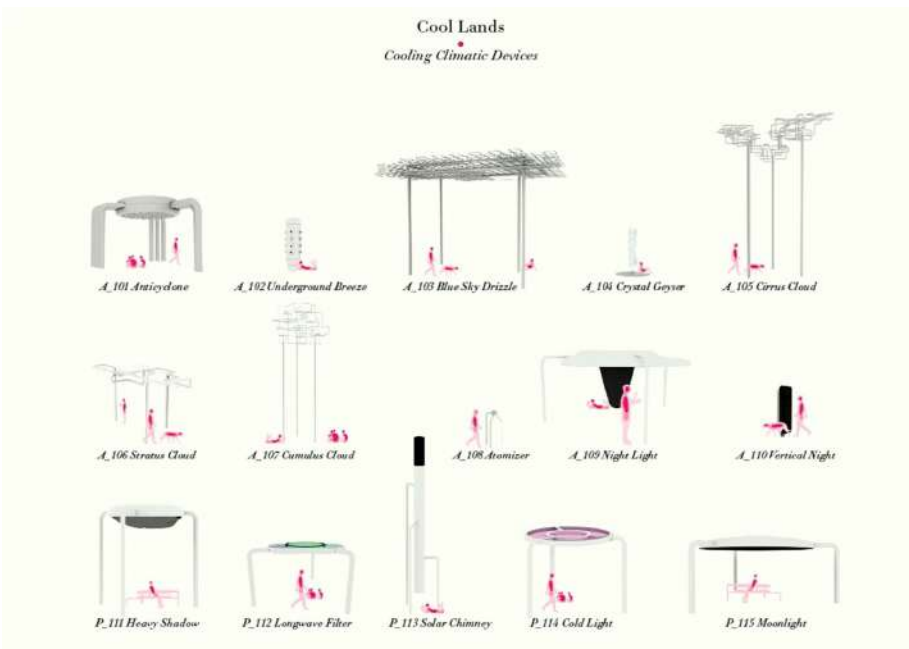
Annexe 16: «Jade Eco Park», *Analyse de la chaleur*, Philippe Rahm, Mosbach paysagistes, Ricky Liu & Associates (2012-2016)



Annexe 17: «Jade Eco Park», *Analyse de l'humidité*, Philippe Rahm, Mosbach paysagistes, Ricky Liu & Associates (2012-2016)



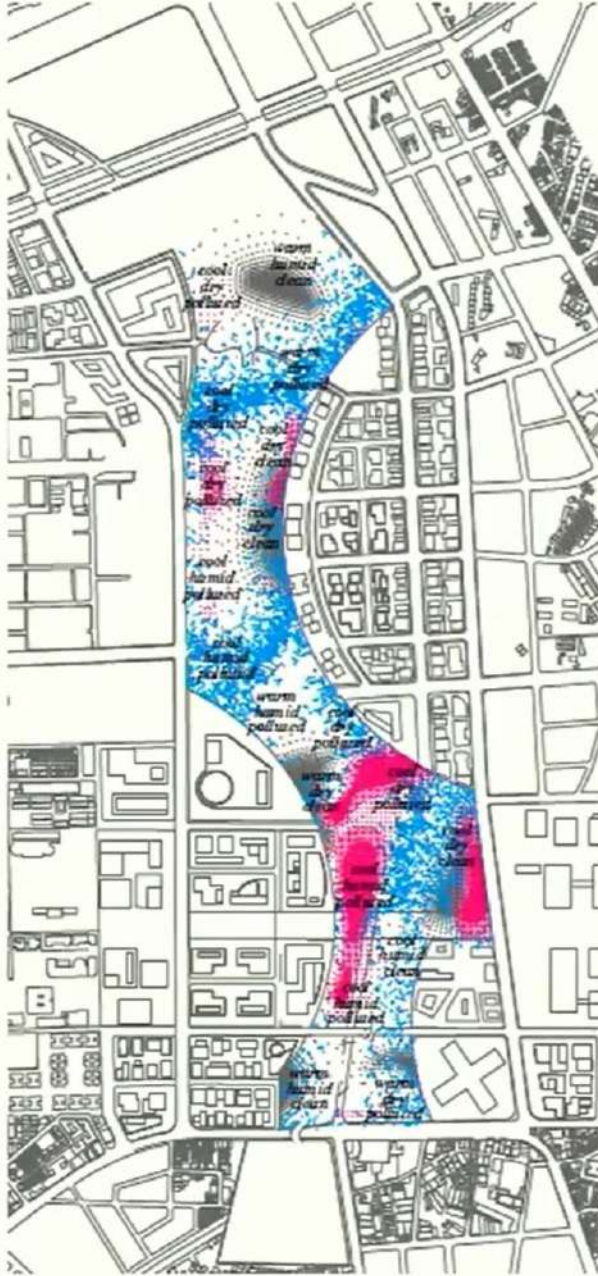
Annexe 18: « Jade Eco Park », Analyse de la pollution
Philippe Rahm, Mosbach paysagistes, Ricky Liu & Associates (2012-2016)



Annexe 19: « Jade Eco Park », Dispositif climatique
Philippe Rahm, Mosbach paysagistes, Ricky Liu & Associates (2012-2016)

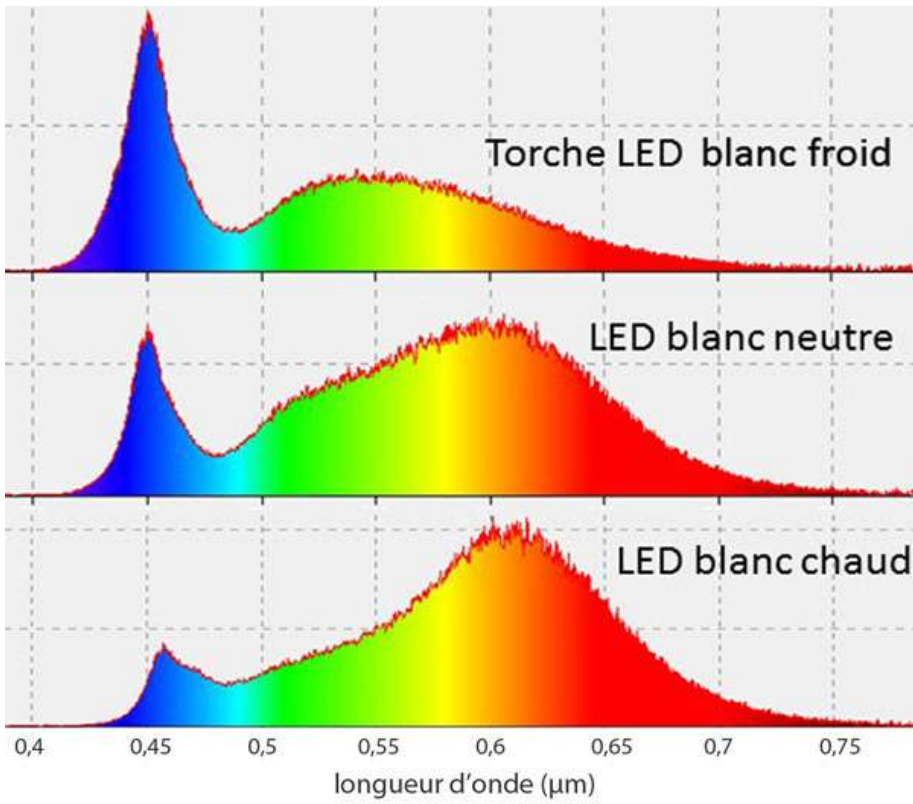
Masterplan Composition

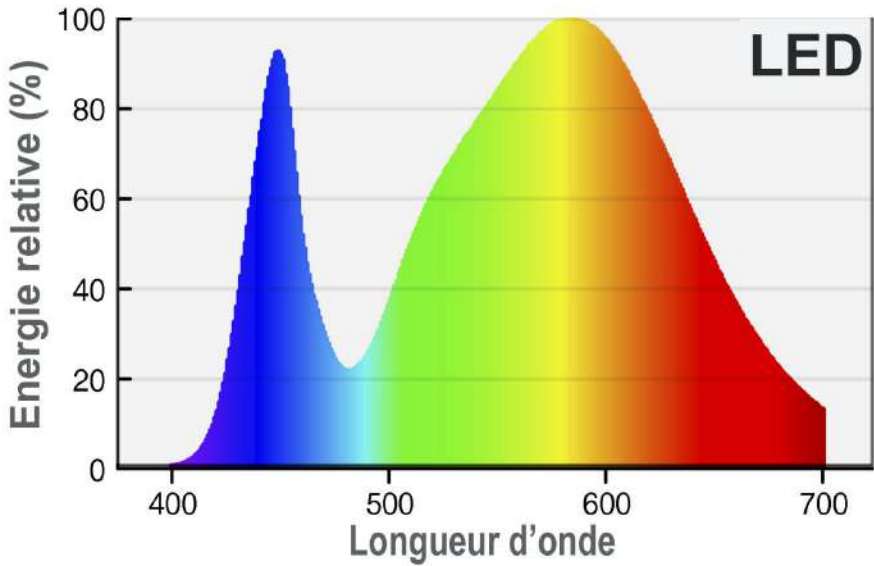
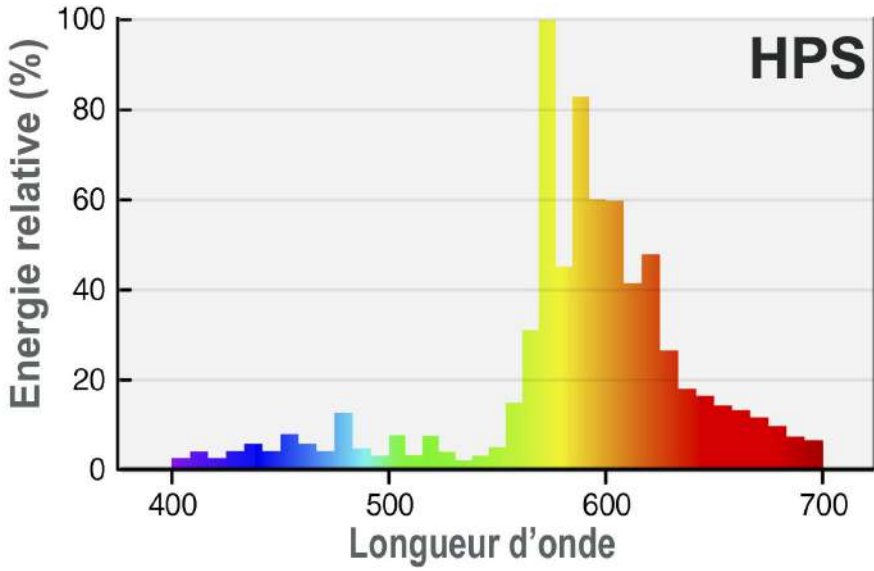
Microclimate on site



Annexe 20: «Jade Eco Park»,
Philippe Rahm, Mosbach paysagistes, Ricky Liu & Associates (2012-2016)

Longueur d'onde (nm)	Champ chromatique	Couleur
380 — 449	Violet	445
449 — 466	Violet-bleu	455
466 — 478	Bleu-violet	470
478 — 483	Bleu	480
483 — 490	Bleu-vert	485
490 — 510	Vert-bleu	500
510 — 541	Vert	525
541 — 573	Vert-jaune	555
573 — 575	Jaune-vert	574
575 — 579	Jaune	577
579 — 584	Jaune-orangé	582
584 — 588	Orangé-jaune	586
588 — 593	Orangé	590
593 — 605	Orangé-rouge	600
605 — 622	Rouge-orangé	615
622 — 780	Rouge	650







ECO-VIADUC



CRAPAUDUC



Lombriduc au Parc Urbain de Lille (Lille, F.Lamiot)

Lamiot



*Annexe 25: Photo du point 1 : au coeur de la forêt du Laerbeek.
Prise par l'auteur, (2020)*



*Annexe 26: Photo du point 1: de la rue dans la forêt du Laerbeek.
Prise par l'auteur, (2020)*



Annexe 27: Photo du point 1 : de la rue des prairies du Laerbeek.
Prise par l'auteur, (2020)



Annexe 28: Photo du point 2
Prise par l'auteur, (2020)



Annexe 29: *Photo du Point 2*
Prise par l'auteur, (2020)



Annexe 30: *Photo du Point 3*
Prise par l'auteur, (2020)





Annexe 32: *Photo du Point 4*
Prise par l'auteur, (2020)



Annexe 33: *Photo du Point 5*
Prise par l'auteur, (2020)



Annexe 34: *Photo du Point 5*
Prise par l'auteur, (2020)





Annexe 36: *Photo du Point 6*
Prise par l'auteur, (2020)

