



HAL
open science

Les effets de la nature face à l'îlot de chaleur urbain : l'exemple d'Édimbourg, Écosse

Chloé Richard

► **To cite this version:**

Chloé Richard. Les effets de la nature face à l'îlot de chaleur urbain : l'exemple d'Édimbourg, Écosse. Géographie. 2020. dumas-02946464

HAL Id: dumas-02946464

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02946464v1>

Submitted on 23 Sep 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**LES EFFETS DE LA
NATURE FACE À L'ÎLOT
DE CHALEUR URBAIN :**

L'EXEMPLE D'ÉDIMBOURG, ÉCOSSE

CHLOÉ RICHARD

Juillet 2020

ENCADRÉ PAR

OLIVIER CANTAT

**M1 GÉOGRAPHIE, AMÉNAGEMENT, ENVIRONNEMENT ET DÉVELOPPEMENT
PARCOURS "ENVIRONNEMENT : DIAGNOSTIC DES TERRITOIRES"**

UNICAEN
UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



UFR SEGGAT
DÉPARTEMENT DE
GÉOGRAPHIE

LETG CAEN GÉOPHEN
UMR 6554 CNRS

Remerciements

J'adresse mes remerciements aux personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce projet personnel de Master 1.

Je souhaite tout d'abord remercier **M. Olivier Cantat**, enseignant-chercheur à l'Université de Caen et au laboratoire LETG Geophen, et encadrant, pour ses précieux conseils, mais également pour la patience dont il a pu faire preuve avec la « *pas tout à fait* » géographe que je suis.

Je remercie ensuite **M. Thibaut Preux** et **M. Thomas Roulland** pour l'aide et les conseils apportés lors de mes recherches sur la logique de répartition des espaces verts d'Édimbourg.

Je remercie **ma famille et mes amis** pour leur soutien. Une mention spéciale à **Marine Le Berrigaud** pour ses précieux conseils et pour m'avoir soutenue et supporté pendant le confinement. Un clin d'œil à **Mathilde Guillemois**, qui adore lire les remerciements des mémoires, et qui est devenue ma conseillère n°1. Et un coucou à **Maëva Pilon** et mon **armée de conseillers**, qui se reconnaîtront sans doute. Je ne cite pas de nom, car l'ordre choisi risque de créer des polémiques et je suis bien trop pacifiste pour prendre part à cette guerre (comme le dirait une certaine personne, il faut choisir ses batailles).

Pour finir, je remercie **M. Gilles Bedoux**, enseignant-chercheur à l'Université de Bretagne Sud, pour avoir été l'enseignant le plus attentif et inspirant qu'il m'ait été donné de rencontrer, et sans qui je ne serais pas en Master aujourd'hui.





Sommaire

INTRODUCTION	7
PARTIE I : OBJETS DE RECHERCHE	9
CHAPITRE 1 : LES ENJEUX DU CLIMAT URBAIN.....	9
I. <i>Interactions entre le Soleil et la Terre</i>	9
II. <i>Climat urbain et îlot de chaleur</i>	10
III. <i>La végétation et ses effets</i>	11
IV. <i>Trame verte et biodiversité</i>	13
CHAPITRE 2 : ÉDIMBOURG, CAPITALE ECOSSAISE	15
I. <i>Zone d'étude</i>	15
A. <i>Choix du terrain</i>	15
B. <i>Localisation</i>	16
C. <i>Du climat au bioclimat</i>	17
D. <i>La trame verte d'Édimbourg</i>	19
E. <i>Découpage de la ville</i>	20
II. <i>Histoire</i>	21
PARTIE II : METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE	23
CHAPITRE 3 : PRESENTATION DE LA PERIODE D'ANALYSE.....	23
CHAPITRE 4 : CONTEXTES ET OBJECTIFS	25
I. <i>Logique de répartition des espaces verts de la ville</i>	25
II. <i>Étude de terrain</i>	25
CHAPITRE 5 : DONNEES ET MATERIEL.....	27
I. <i>Logique de répartition des espaces verts de la ville</i>	27
II. <i>Étude de terrain</i>	28
CHAPITRE 6 : METHODE APPLIQUEES.....	31
I. <i>Logique de répartition des espaces verts de la ville</i>	31
II. <i>Étude de terrain</i>	33
A. <i>Étude de l'influence des conditions météorologiques sur la température globale de la ville</i>	34
B. <i>Étude de l'influence de la végétation sur la température de surface d'un mur</i>	36
C. <i>Étude du profil d'un « parc idéal » au sein d'une ville</i>	38
PARTIE III : ACTIONS DE LA NATURE SUR LA VIE URBAINE	39
CHAPITRE 7 : RESULTATS ET DISCUSSION.....	39
I. <i>Logique de répartition des espaces verts dans la ville</i>	39
A. <i>Répartition des espaces verts à Édimbourg</i>	39
B. <i>Étude de deux hypothèses</i>	41
II. <i>Étude de l'influence des conditions météorologiques sur la température globale de la ville</i>	44
III. <i>Étude de l'influence de la végétation sur la température de surface d'un mur</i>	47
IV. <i>Étude du profil d'un « parc idéal » au sein d'une ville</i>	50
V. <i>Discussion</i>	57
CHAPITRE 8 : PERSPECTIVES.....	59
I. <i>Protection de la biodiversité à Édimbourg</i>	59
II. <i>Bienfaits de la nature pour l'Homme</i>	60
III. <i>Plans d'actions à l'international</i>	62
IV. <i>Écotourisme et aménagements créatifs</i>	64
CONCLUSION	67



Introduction

La place de la nature en ville est un concept qui prend de plus en plus d'importance au sein de la société. La population prend conscience que fleurir son lieu de vie de plantes d'intérieur n'est pas toujours suffisant. En ville, la nature a souvent été utilisée en tant que simple décoration avant qu'il ne soit démontré qu'elle valait beaucoup plus. Elle est désormais considérée comme une réelle plus-value pour la qualité de vie. Les gouvernements ne sont pas indifférents à ces changements : les actions du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) ou la mise en place de l'index de Singapour en sont la preuve. Le choix de cette thématique s'explique par des motivations personnelles. En effet, faire évoluer la société et notre environnement est une notion qui me tient particulièrement à cœur et qui est ancrée dans mes valeurs. Mon statut de géographe biologiste me permet également d'appréhender de telles problématiques avec plus d'aisance et mes lectures m'ont beaucoup inspiré dans ce sens.

Parmi les villes les plus fleuries, nous pouvons compter Édimbourg, capitale de l'Écosse. Située dans la partie Sud-Est du pays, elle a été construite sur une butte de roche nommée *Castle Rock* qui est aujourd'hui désignée comme partie intégrante de *Old Town*, ville historique médiévale aujourd'hui très appréciée par les touristes. La ville moderne, *New Town*, s'est construite sur sept collines volcaniques au Nord de *Castle Rock*. Aujourd'hui, la capitale écossaise s'étend sur 264 km² et rassemble environ 500 000 habitants (worldpopulationreview.com). Pour des raisons de commodité, ce projet sera concentré sur le centre-ville. Il est divisé en deux parties par les jardins de *Princes Street* : nous retrouvons *New Town* au Nord de cette limite, et *Old Town* au Sud. La nature est ancrée au plus profond de l'histoire de la ville, comme peuvent l'attester divers noms de parcs et jardins : le jardin botanique royal, les jardins de la rue des Princes, le parc des Régents, le parc du Roi George V ou encore le parc de la Reine.

L'objectif de ce mémoire de Master 1 est de répondre à la problématique suivante : Quels sont les effets de la nature présente à Édimbourg face au phénomène d'îlot de chaleur urbain ? Selon la Gazette des Communes, nous entendons par nature, ici au sein de la ville, un terrain non bâti qui se trouve végétalisé, arboré ou boisé. Nous entendons par îlot de chaleur urbain un dôme de chaleur résultant d'un climat spécifique à une zone urbanisée. Nous pouvons mettre en évidence plusieurs hypothèses qui découlent de notre problématique : soit la nature a un effet climatique positif sur la ville, soit elle n'en a pas. Pour mener à bien ce projet de recherche, nous nous sommes concentrés sur les études de températures de surface à l'aide d'un appareil de photographie numérique infrarouge sur les quartiers les plus centraux de la ville. Les comparaisons de différents scénarios dans diverses conditions à des localisations spécifiques nous permettent de tirer les conclusions sur les questions que nous nous sommes posées. Ces questionnements sont les suivants : quelle est la logique de répartition des espaces verts dans la ville ? Les conditions météorologiques ont-elles une grande influence sur la température de la ville ? La végétation influe-t-elle sur la température de surface d'un mur ? Et pour finir, quel est le profil d'un parc idéal, d'un point de vue environnemental ?

Afin de traiter ce sujet, appliqué à la capitale de l'Écosse, plusieurs points seront abordés dans ce mémoire. Notre réflexion s'articulera en trois parties. La première traitera des objets de recherche, faisant ainsi état de l'art et présentant notre zone d'étude. La seconde partie détaillera la méthodologie de recherche, à savoir la présentation de la période d'analyse, les contextes et objectifs de nos différentes études et les données, matériel et méthodes utilisés sur le terrain. Une troisième et dernière partie abordera les actions de la nature sur la vie urbaine, en commençant par les résultats de nos études de terrain avant de les discuter, puis les différentes perspectives concernant la nature et ses bienfaits sur la ville. Nous terminerons par une conclusion générale.





Partie I : Objets de recherche

Chapitre 1 : Les enjeux du climat urbain

Dans l'optique d'une meilleure compréhension de notre sujet, il est nécessaire de s'intéresser aux notions de réchauffement local et d'îlot de chaleur urbain. L'introduction de connaissances concernant les interactions entre le Soleil et la Terre est primordiale afin d'avoir une meilleure compréhension et visualisation de ces notions. Nous pourrions ensuite détailler davantage le concept du climat urbain et de l'îlot de chaleur pour finir sur les bienfaits de la nature vis-à-vis du climat urbain local. Édimbourg est touchée par le réchauffement climatique au même titre que n'importe quelle ville, et connaît ainsi ce phénomène de réchauffement local. Nous pouvons donc nous demander si la forte présence de la nature dans cette ville peut constituer un réel atout pour limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain.

I. Interactions entre le Soleil et la Terre

Les échanges d'énergies peuvent se trouver sous plusieurs formes, mais **le principal flux que l'on peut observer est celui entre le Soleil et la Terre**. En effet, les rayons du Soleil sont la plus grande source d'énergie de la Terre et sont ainsi la plus grande influence sur le climat. Nous le retrouvons de manière indirecte dans les différences de climat, et notamment celles observées entre les zones urbaines et rurales. Ces dernières sont dues à des conditions synoptiques, mais le Soleil influe énormément dessus. Cela induit donc également des différences entre les topoclimats, flux radiatifs et échanges thermiques de ces zones urbaines et rurales. Nous notons par ailleurs que toutes ces différences observées sont bien plus présentes lors d'une saison chaude avec un beau temps, plutôt que lors d'une saison froide avec un temps nuageux. Les **rayonnements** provenant du Soleil et induisant des échanges d'énergie thermique à la surface de la Terre sont complexes. Ils sont modifiés lorsqu'ils pénètrent l'atmosphère. Ces modifications sont dues à diverses absorptions, les rendant ainsi moins forts et néfastes lorsqu'ils touchent le sol. L'absorption la plus importante ayant naturellement lieu est celle des rayonnements ultraviolets (longueurs d'onde entre 100 et 400 nanomètres) effectuée par la **couche d'ozone**, raison pour laquelle sa dégradation est une préoccupation majeure pour l'environnement. La figure 1 nous permet de constater qu'une partie de la chaleur émise par le Soleil est absorbée par le sol, tandis qu'une autre partie est réfléchiée par ce dernier. Ces proportions peuvent varier en fonction de la nature du sol.

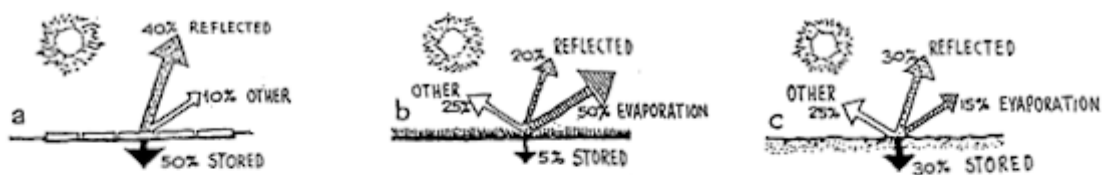


Figure 1 : Absorption de la chaleur en fonction de la nature du sol (a. goudron ; b. herbe ; c. sol nu). Source : Konya A. (1980).

De même, la quantité de rayonnements solaires touchant le sol peut varier en fonction de différents facteurs. Il peut s'agir de la position de la Terre sur son orbite, l'angle entre l'axe et l'orbite de la planète, la latitude du lieu sur la Terre, la saison ou encore l'heure de la journée (Krins A., 2001). Le jour, la chaleur transmise par les rayons solaires augmente à mesure qu'ils approchent le sol. La nuit, nous constatons le phénomène inverse en raison de l'évaporation qui y a lieu. La croissance et la décroissance exponentielle de la température des rayons du soleil à l'approche du sol sont caractéristiques d'un **climat local**. Dans une zone rurale, la végétation naturellement présente sur le sol sous forme d'humus a pour effet de diminuer ce phénomène. L'humus rafraîchit le sol en journée et le réchauffe la nuit. Cela explique donc les différences de température de surface observées entre les zones urbaines et rurales, et à une échelle plus localisée entre une rue et un parc, puisque **la ville est privée de cette régulation naturelle**.



II. Climat urbain et îlot de chaleur

À l'origine, l'urbanisation d'un milieu se fait en accord avec le climat naturel, de manière à pleinement s'adapter à ce dernier. Cependant, les activités humaines modifient le climat malgré elles (Bahou H., 2019), donnant naissance à un **topoclimat urbain**. Ce dernier peut être défini comme étant un climat lié à une région topographique réduite (visible à l'œil) (Universalis). Il est induit par la moindre construction ou altération du paysage faite par l'Homme, puisque ces modifications ont chacune leur influence sur le paysage et son climat. Le topoclimat est constitué en très grande partie d'un îlot de chaleur urbain (ICU), qui tient désormais une place de choix au sein des préoccupations environnementales, bien qu'il ne faille pas négliger d'autres paramètres comme le vent, la pluviométrie ou la qualité de l'air. Le climat urbain est connu pour empêcher le rafraîchissement de la ville de nuit, contribuant ainsi au **réchauffement local**, et à plus grande échelle au réchauffement climatique. La chaleur du topoclimat urbain incite également à l'augmentation de la consommation d'énergie (notamment par la climatisation en été) et amplifie le risque de développer un smog¹ (Colombert M., 2012). Ce topoclimat peut être caractérisé de plusieurs manières, pour une ville donnée : étude des flux radiatifs, étude des trames verte et bleue, télédétection des températures de surface... (Najjar G., 2004) Ces températures de surface sont par ailleurs un très bon moyen d'étudier le comportement thermique d'un paysage. Elles permettent de connaître les conditions d'équilibre d'une surface donnée, dont la température change en fonction des conditions climatiques et des activités humaines. Il s'agit d'un moyen d'analyse très utilisé pour répondre aux problématiques environnementales et climatiques liées au réchauffement d'un territoire ou à l'ICU.

L'**îlot de chaleur urbain** est un phénomène qui peut être constaté dans chaque zone urbanisée. Selon Ziani Y. (1987), cette notion peut être décrite comme étant un ensemble de changements microclimatiques, dus aux activités humaines. Le sol goudronné d'une ville interagit avec la chaleur solaire d'une manière très différente de la végétation présente naturellement sur un sol. Il en est de même pour les constructions (murs, toits). Ainsi, la chaleur n'est pas seulement stockée en journée et libérée la nuit par le sol goudronné mais également par chaque élément du paysage urbain résultant de la main de l'Homme. Nous notons également **un manque de potentiel d'évaporation au sein de la ville en raison du manque de végétation**, permettant de mettre ce phénomène en place de manière naturelle. Une zone urbaine retiendra donc beaucoup plus la chaleur qu'une zone rurale, d'où les différences de température observées entre ces deux types de paysages. Mais cette différence de température peut avoir une explication autre que celle de la gestion de la chaleur provenant du Soleil. La vie urbaine induit l'émission de gaz à effet de serre² par les véhicules et les bâtiments, et induit également la réflexion du soleil sur les bâtiments, le tout augmentant davantage la chaleur produite. Il résulte donc de tous ces aspects un ICU, unique pour chaque ville. Son importance dépend de plusieurs facteurs tels que la saison, la taille de la ville et son arrangement spatial, le type de constructions présentes et les matériaux utilisés, les activités industrielles, les transports ou encore la présence de la nature. Des études ont montré que l'ICU avait une plus forte incidence par temps ensoleillé que par temps nuageux, puisque les échanges d'énergie avec le Soleil sont plus grands. Il est possible de prédire l'intensité d'un ICU via les prévisions météorologiques, et notamment en suivant les déplacements des dépressions et anticyclones (Cantat O., 2004). Cela permet ainsi de pouvoir prédire les éventuels pics de pollution atmosphérique au sein d'une ville. Un ICU est bien plus diffus que nous ne pouvons l'imaginer et n'a pas de limites strictes. Julia Hidalgo (et al., 2008) le décrit comme étant constitué de trois parties, schématisées en figure 2. En partant de l'extérieur de la ville pour nous en rapprocher, la première partie est celle appelée Falaise. Elle est assez étroite, commençant à la limite entre la zone rurale et la zone périurbaine. À cet endroit, la température augmente fortement.

¹ Brouillard de pollution.

² Principalement le dioxyde de carbone CO₂, le méthane CH₄ et l'ozone O₃.



La Falaise prend fin lorsque la température se stabilise. Ensuite, nous trouvons le Plateau, partie où la température se stabilise jusqu'à atteindre la ville. Elle se réchauffe néanmoins progressivement à mesure qu'on s'en approche. Pour finir, la troisième et dernière partie de l'ICU³ est appelée le Pic, car comme son nom l'indique il s'agit d'un grand pic de chaleur au-dessus du centre-ville.

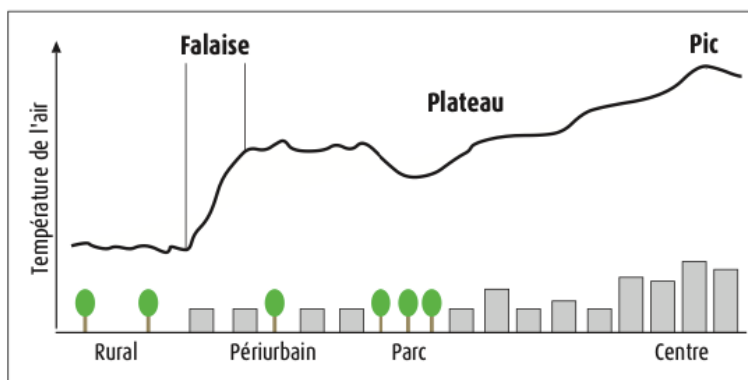


Figure 2 : Variation des températures d'un îlot de chaleur urbain le long d'une coupe transversale d'une zone urbanisée.
Source : Hidalgo J. et al (2008).

III. La végétation et ses effets

La nature serait en mesure de pallier les problèmes différenciant les écosystèmes naturels sauvages et urbains. Nous avons déjà évoqué le fait que la végétation puisse absorber l'énergie solaire. Elle peut ensuite dissiper la chaleur par évaporation par le sol ou évapotranspiration par les feuilles (Bouyer J., 2014). Ces phénomènes, observés dans les zones rurales, pourraient permettre de **rééquilibrer** l'environnement urbain. L'impact des rayonnements solaires sur la Terre, particulièrement sur les zones urbanisées, est très important. Une priorité serait donc de le réduire. Pour cela, l'**ombre** est un grand atout. L'objectif est donc de trouver une manière de réduire un maximum les rayonnements solaires atteignant le sol, et notamment lors des heures les plus chaudes de la journée. Pour cela, il est indispensable de connaître la position exacte du Soleil au fil des heures. Cela peut être calculé à l'aide de divers outils tels que l'Héliodon, un système de calcul astronomique qui propose des données en fonction du lieu, de la date et de l'heure. Les résultats obtenus par ce biais doivent être mis en relation avec les éléments issus d'activités humaines (bâtiments, transports...) afin d'obtenir des informations viables. Ces procédés sont très utilisés dans les domaines de la construction et de l'architecture.

Ainsi, comme évoqué précédemment, l'ombre peut aider grandement à réduire le taux de rayonnements solaires au sol. L'objectif est de pouvoir l'introduire de manière à ce qu'elle soit présente lorsqu'il fait beau et chaud, sans empêcher le soleil de réchauffer le sol lors d'un temps froid et nuageux. L'alternative convenant le mieux à ces exigences est la présence d'arbres. Ce type de végétation est connu pour apporter un **abri contre les rayonnements solaires**, mais également contre le vent, le bruit, la pluie et la pollution de l'air (Najjar G., 2015). Les plantes caduques sont les plus adaptées car leur feuillage est présent lors de la belle saison (printemps-été) mais tombe le reste de l'année (automne-hiver). Ainsi, ces plantes peuvent prodiguer l'ombre désirée en été mais laissent passer le soleil en hiver. Nous notons cependant que les plantes au feuillage persistant⁴ sont également utiles selon le lieu et les besoins car l'ombre apportée est plus opaque. Les sempervirents offrent également une **meilleure protection contre la pluie et le vent**. De manière générale, le feuillage est suffisamment souple pour permettre à une partie des rayons du soleil de le traverser lorsque c'est nécessaire.

³ Îlot de chaleur urbain

⁴ Également appelé sempervirent, un feuillage qui ne tombe pas à l'automne.



Les arbres permettent de réduire la température d'un lieu en rafraichissant l'air d'une seconde façon : par le biais de l'**évapotranspiration**. Il s'agit d'un ensemble de processus visant à évacuer l'eau contenue dans les plantes, de manière à ce qu'elles se régulent d'elles-mêmes. Quelques paramètres influent sur l'évapotranspiration, comme la quantité de chaleur disponible, l'humidité relative, la vitesse du vent, la température de l'air et la pression atmosphérique. L'évapotranspiration regroupe plusieurs phénomènes : la transpiration des végétaux et l'évaporation au sol, notamment. **Le processus le plus sollicité par les plantes est la transpiration.**

Il s'agit d'un processus endothermique qui consiste en l'évaporation de l'eau via les feuilles, les tiges et fleurs. Elle se fait principalement à travers les stomates⁵, mais aussi à travers la cuticule⁶. La quasi-totalité de l'eau consommée par les racines est rejetée lors ce processus. La transpiration consommant de l'énergie sous forme de chaleur, elle possède un effet rafraichissant sur la plante et son environnement proche (Nijjar G., 2015). Les plantes peuvent également rejeter un peu d'eau par le biais de la **photosynthèse**, qui s'effectue en parallèle de la transpiration (planet-vie.ens.fr). Les plantes captent le dioxyde de carbone (CO₂) et la chaleur pour les transformer en eau et en oxygène (O₂). Cette augmentation de l'humidité de l'air aide à filtrer les rayonnements solaires. Tout ceci s'inscrit dans un cycle de vie bien particulier, pendant lequel les plantes ouvrent leurs stomates la nuit pour capter la chaleur résiduelle de la journée, et les ferment la journée pour ne pas se dessécher.

La végétation n'est pas le seul élément naturel qui présente des effets positifs sur les géosystèmes urbains. En effet, la présence d'**eau** peut également aider à modérer les grandes variations de température au sein de la ville. Plus une étendue d'eau est grande, plus elle aura une bonne influence sur le topoclimat concerné. Alors que le béton a tendance à absorber et rejeter la chaleur du soleil dans l'air, **l'eau permet de contrebalancer cet effet en apportant beaucoup de fraîcheur**. L'air frais de la surface de l'eau se diffuse et remplace l'air chaud que dégage la ville. C'est grâce à ce phénomène que les villes proches de la mer, d'un océan ou même d'un lac connaissent une température plus faible que les villes situées à l'intérieur des terres. Lors de périodes plus fraîches (la nuit ou en hiver), l'air de la ville refroidit davantage que l'air à la surface de l'eau. Ainsi, les températures peuvent également s'équilibrer. Ces phénomènes sont illustrés à l'aide de la figure 3. Ainsi, ces bénéfices démontrent l'importance des installations telles que les fontaines en ville quand il n'est pas possible d'avoir un parc avec une étendue d'eau.

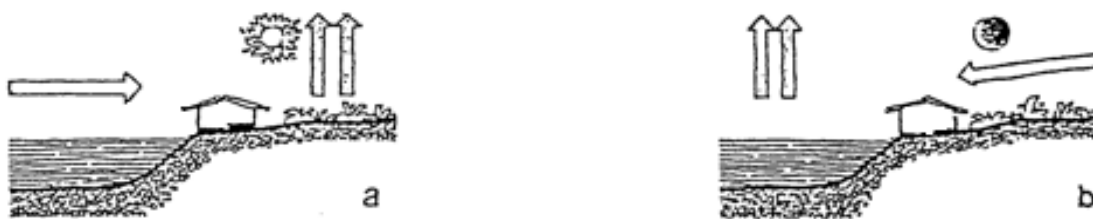


Figure 3 : Flux d'air entre une ville et une étendue d'eau (a. de l'eau vers la ville ; b. de la ville vers l'eau). Source : Ziani Y. (1987).

⁵ Pore végétal, lieux d'échanges d'oxygène et de gaz carbonique pour la respiration de la plante.

⁶ Couche externe recouvrant les organes d'une plante, ayant un rôle de protection.



IV. Trame verte et biodiversité

Nous terminons cet état des connaissances par l'introduction de la notion qui prend le plus de place au sein des préoccupations environnementales. La nature au sein de la ville contribue au bon développement de la **biodiversité**. Elle est constamment menacée par l'accroissement du milieu urbain sur les zones naturelles. Cela peut mener à l'introduction de nouvelles espèces envahissantes qui ne sont pas présentes à l'état naturel. La biodiversité urbaine est également constituée d'espèces synanthropiques, à savoir des espèces animales et végétales qui se sont adaptées à l'environnement nouvellement créé par l'Homme (Blaustein R., 2013). Ces espèces peuvent devenir dépendantes de ce dernier pour leur survie. **Le milieu urbain fait également office de piège pour la biodiversité**, l'exposant à des phénomènes inhabituels tels que la pollution. La préservation de cette biodiversité est ainsi capitale car **sa fragilisation pourrait mener à des conséquences graves** sur d'autres écosystèmes dont les villes pourraient dépendre.

La présence de la nature en ville permet de développer et protéger cette biodiversité, et donc d'améliorer le cadre de vie de la population tout comme de limiter les perturbations environnementales issues de la ville (Burgess J., 1987). Le développement des corridors écologiques, à travers le concept de la **trame verte et bleue**, pourrait énormément aider les villes. Ce projet a par ailleurs été inspiré par cette notion, introduite en France dans les années 1990. Selon le site Trame verte et bleue du ministère de la Transition Écologique et Solidaire, la trame verte peut être définie de la manière suivante :

« La Trame verte et bleue est un réseau formé de continuités écologiques terrestres et aquatiques identifiées par les schémas régionaux de cohérence écologique ainsi que par les documents de planification de l'État, des collectivités territoriales et de leurs groupements. La Trame verte et bleue contribue à l'amélioration de l'état de conservation des habitats naturels et des espèces et au bon état écologique des masses d'eau. Elle s'applique à l'ensemble du territoire national à l'exception du milieu marin. »

Dans un contexte d'embellissement des villes grâce à la nature, la trame verte semble être un concept-clé des collectivités territoriales françaises. Or, l'idée derrière le terme de trame verte et bleue n'est pas propre à la France et existe bel et bien en dehors de nos frontières. Les travaux de Benedict et MacMahon (2006) font référence à un couloir écologique permettant le déplacement de la faune, tout d'abord dénommé « *Green Infrastructure* », puis rebaptisé « *Blue-green corridor* » (Mirolo F., 2019).

Une trame verte est caractérisée par trois éléments principaux (Clergeau P., 2011). Le premier élément est le noyau d'habitat, un très grand espace vert comme un parc national s'apparentant à une réserve de biodiversité. Le deuxième élément est le corridor biologique, qui permet le déplacement des espèces d'un noyau d'habitat à un autre. Au sein même d'une ville, les corridors discontinus sont plus simples à intégrer car les routes et bâtiments ne permettent pas de créer de grandes haies qui relieraient chaque noyau d'habitat. Le troisième élément est la matrice qui sert de fond à la trame. Elle varie en fonction du milieu : en ville, elle est constituée des routes, bâtiments et autres éléments hors espaces verts. Nous pouvons considérer que la matrice de la trame verte d'une ville est assez peu favorable à la biodiversité, voire même qu'elle peut lui être dangereuse.

Un grand nombre de paysages variés peut être considéré comme faisant partie intégrante d'une trame verte, et notamment les espaces verts qui font l'objet de ce mémoire. S'inscrivant dans ce concept, les **corridors écologiques** sont faits de cours d'eau et canaux, des couvertures végétales qui en parcourent le long et des zones humides jouant un rôle de réservoir de biodiversité, le tout mentionné dans l'article 371-1 du code de l'environnement. Ils peuvent se trouver sous différentes formes : linéaires comme les haies, discontinus comme les mares ou encore paysagers.



Leur fonction est définie par le ministère de la Transition Écologique et Solidaire de cette manière :

« Les corridors écologiques assurent des connexions entre des réservoirs de biodiversité, offrant aux espèces des conditions favorables à leur déplacement et à l'accomplissement de leur cycle de vie. »

Ils peuvent faire partie de la Trame verte et bleue sans pour autant être connectés les uns aux autres si nous avons la preuve que l'isolement naturel de ces corridors favorise la conservation de la biodiversité présente. La présence de corridors écologiques induit de nombreux avantages pour une ville. Ils permettent tout d'abord une couverture végétale suffisante pour connecter les différents espaces verts d'une ville entre eux, formant un **réseau naturel** (Berezowska-Azzag E., 2014). Ce dernier est important pour canaliser les déplacements et échanges de la biodiversité, et ce à différentes échelles d'un territoire donné.

Les corridors écologiques induisent également un meilleur approvisionnement en eau potable de par la gestion des eaux pluviales, et une eau de meilleure qualité en éliminant les substances polluantes. Ils purifient l'air et favorisent également la pollinisation. Tout comme n'importe quelle zone de nature dans la ville, les corridors écologiques aident à lutter contre le réchauffement climatique en absorbant les éléments carbonés qui induisent un effet de serre. Ils préviennent également certaines catastrophes naturelles telles que les glissements de terrain ou les inondations. Pour finir, développer une trame verte au sein d'une ville représente un enjeu très important. Cela permet de **réintroduire la faune et la flore** qui étaient naturellement présentes sur le territoire urbanisé, diminuant ainsi les effets négatifs de l'anthropisation. Un autre objectif est de rendre les villes les plus biophiles possibles, terme utilisé pour désigner une certaine affinité pour la vie (ici, végétaux et animaux). Selon l'écologiste Eric Sanderson, la restauration d'un environnement est tout aussi importante que sa conservation. En commençant par restaurer les éléments abiotiques (lumière, eaux, sols...), nous pouvons petit à petit recréer un écosystème qui servira d'habitat pour la biodiversité.

Nos recherches nous ont permis d'établir un contexte général pour notre étude. Nous pouvons donc désormais affiner notre sujet en étudiant la zone d'étude choisie.



Chapitre 2 : Édimbourg, capitale écossaise

Pour introduire le cadre de notre zone d'étude, nous commencerons par établir les principales caractéristiques de cette dernière nous permettant de mieux comprendre notre choix, puis nous parlerons de l'histoire de la ville.

I. Zone d'étude

A. Choix du terrain

Ce choix de terrain d'étude a été guidé par des goûts et attachements personnels. En effet, lors d'un séjour dans la capitale écossaise en mai 2019, j'ai eu l'occasion de découvrir un pays et une culture qui m'ont particulièrement marqué et m'ont ainsi donné envie d'y retourner. L'opportunité de pouvoir faire son projet de mémoire en Master 1 sur le terrain de notre choix était la parfaite occasion pour moi d'étudier davantage cet environnement. De plus, Édimbourg est une ville qui s'intègre à mes centres d'intérêt en termes de géographie et de biologie.

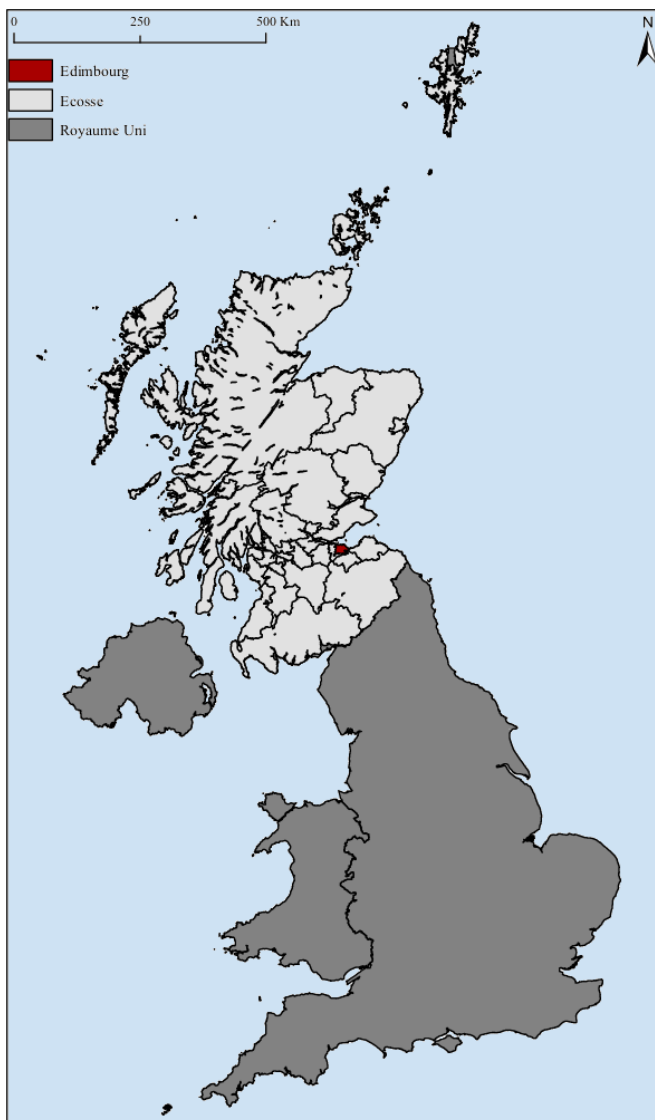
Choisir un terrain d'étude à l'étranger ajoute davantage de contraintes pour la rédaction d'un mémoire de recherche. En effet, sans partenariat, nous sommes confrontés plus facilement à des difficultés pour rassembler des données ou acquérir du matériel pour l'étude de terrain. Un exemple parlant est celui des travaux sur la logique de répartition des espaces verts de la ville (parties II et III, à partir de la page 25) : les ressources concernant les bases de données écossaises sont assez réduites pour le public et certaines sont payantes. Nous n'avons notamment pas pu obtenir de BD Ortho ou certaines données souhaitées et avons ainsi dû nous adapter. De nouvelles hypothèses plus pertinentes auraient pu être explorées. L'ensemble de ces limites observées pour les différentes bases de données et ressources peuvent induire des imprécisions dans les résultats obtenus.



B. Localisation

L'objet d'étude de ce mémoire est la ville d'Édimbourg, capitale de l'Écosse depuis 1532. Les figures 4 et 5 nous permettent de mieux la localiser : nous nous trouvons au Royaume Uni, ensemble d'îles situées au Nord-Ouest du continent européen. L'Écosse est le pays positionné au-dessus de l'Angleterre, sur l'île de Grande Bretagne. La capitale est quant à elle située à l'est du pays, dans la région de *Lothian* et le comté d'Édimbourg. Elle borde la mer du Nord. Nous lui connaissons une superficie de 264 km² pour une population d'environ 820 000 habitants (avec agglomération), dont 500 000 habitants intra-muros. Sa densité démographique est aujourd'hui estimée à 1 894 habitants/km². Nous pouvons la qualifier de « petite grande ville », car il s'agit d'une capitale assez réduite. En guise de comparaison, nous pouvons citer Paris et sa densité de 20 755 habitants/km² en 2017, ou encore Londres et sa densité de 5 667 habitants/km² en 2018.

Localisation de l'Écosse et de sa capitale dans le Royaume Uni.



Localisation de la ville d'Édimbourg en Écosse.

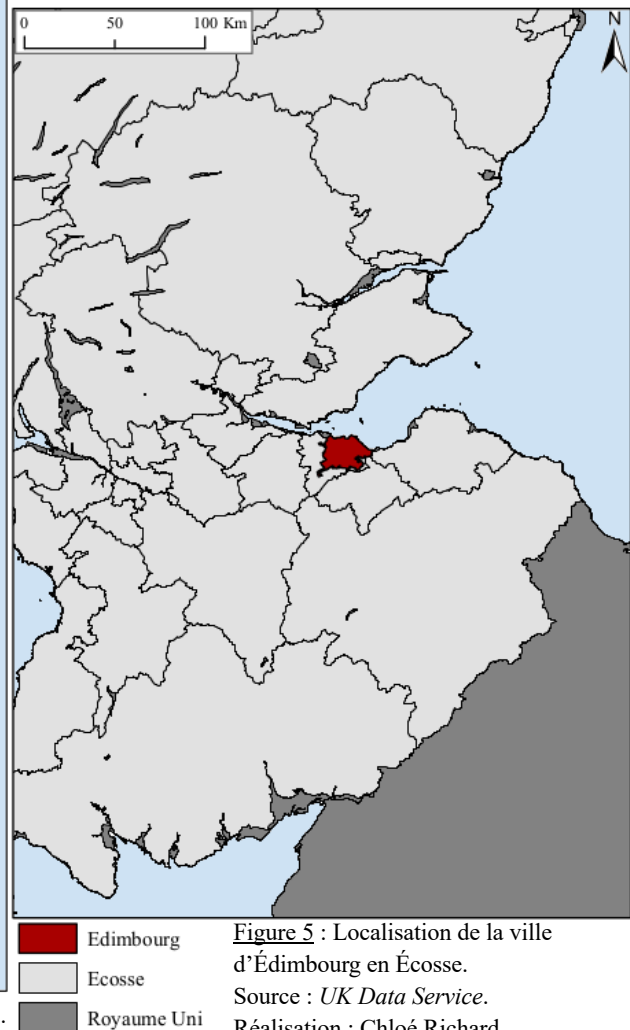


Figure 4 : Localisation de l'Écosse et de sa capitale dans le Royaume Uni.
Source : UK Data Service. Réalisation : Chloé Richard.

Figure 5 : Localisation de la ville d'Édimbourg en Écosse.
Source : UK Data Service.
Réalisation : Chloé Richard.

C. Du climat au bioclimat

Afin de mieux appréhender ce sujet à thématique environnementale, il est important de connaître le contexte climatique et bioclimatique dans lequel nous nous trouvons. Notre problématique a un lien étroit avec le climat urbain et la nature, et donc le bioclimat. Il est ainsi primordial de contextualiser ces notions pour notre terrain d'étude.

Île située au nord-ouest du continent européen, l'Écosse est localisée au nord de l'Angleterre et fait partie intégrante de la Grande Bretagne, et ainsi du Royaume Uni. Ce pays profite d'un climat **océanique tempéré** fortement influencé par la Dérive Nord Atlantique, prolongement du Gulf Stream, qui est le principal système de courants dans l'Atlantique Nord-Est. Le climat tempéré est le plus répandu en Europe de l'Ouest : il correspond à des températures douces et une pluviométrie constante sur l'année. La forte océanité écossaise se traduit par une pluviométrie importante. Le climat de l'Écosse propose ainsi des caractères assez proches de ceux que l'on peut retrouver dans le Nord de la France, et notamment en Bretagne ou en Normandie, mais en plus frais et perturbé du fait de la latitude plus nordique. Ce climat est représenté par le graphique ombrothermique de la figure 6, décrivant les variations des températures moyennes et précipitations mois par mois sur une année.

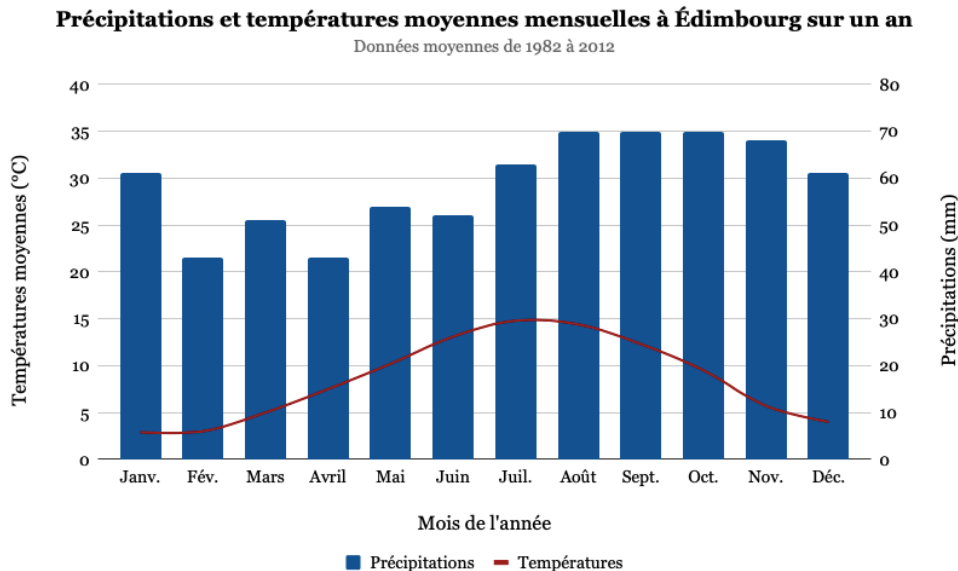


Figure 6 : Diagramme ombrothermique d'Édimbourg, utilisant les données moyennes obtenues de 1982 à 2012.

Source : *Climate-data*. Réalisation : Chloé Richard.

Selon le Dictionnaire Larousse, le **bioclimat** est l'ensemble des conditions climatiques d'une région qui influent sur les êtres vivants et la santé humaine. Jean-Paul Amat (*Éléments de Géographie Physique*, 2014) le définit comme étant la ressource que le climat offre à la végétation et à la biocénose. Le bioclimat d'un lieu précis peut être déterminé grâce au zéro de végétation spécifique, qui est la température seuil au-dessus de laquelle la végétation pousse, et en dessous de laquelle cette dernière se met en pause. Ce **seuil thermique** est exprimé en degrés Celsius par jour. La localisation et le climat de l'Écosse nous indiquent que la végétation de ce pays est principalement constituée de feuillus tempérés caducs, comme le désigne Amat. Dans les zones tempérées comme notre terrain d'étude, les feuillus caducs sont des plantes perdant leur feuillage en automne et le regagnant au printemps suivant. Nous pouvons ainsi y observer des arbres tels que les bouleaux ou les chênes. Pour cette végétation, le seuil végétatif thermique établi est de 7°C. Cette indication nous permet de déterminer la **saison végétative** d'Édimbourg en utilisant le calendrier thermique de la ville. Un calendrier hydrique peut quant à lui démontrer la disponibilité de l'eau pour la végétation.



Les besoins en eau des plantes sont considérés comme nuls hors de la période d'activité végétale potentielle⁷ (PAVP), car le bioclimat est suffisamment humide pour satisfaire ces besoins (Garbolino E., 2014). En revanche, ils augmentent avec la température. Si la végétation ne dispose pas de suffisamment d'eau, la croissance est ralentie ou mise en pause. La figure 7 est un calendrier thermique et hydrique de la ville qui permet d'illustrer nos propos. Nous commençons par définir la classe de bioclimat thermique à laquelle la zone d'étude appartient en utilisant la variable Σ , correspondant à la somme des températures moyennes mensuelles durant la PAVP, c'est-à-dire quand la température moyenne mensuelle est supérieure au zéro de végétation spécifique (ici, 7°C).

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.	Som.
T (°C)	2,9	3	5	7,5	10,2	13,1	14,8	14,4	12,3	9,5	5,7	4	8,5	81,8
P (mm)	61	43	51	43	54	52	63	70	70	70	68	61	58,8	
P/T				5,7	5,3	4	4,3	4,9	5,7	7,4				

Figure 7 : Édimbourg, 55.9°N, -3.2°O, feuillus tempérés caducs. Source : *Climate-data*.

Le tableau ci-dessus est un calendrier thermique et hydrique de la ville d'Édimbourg. Nous y retrouvons les températures et précipitations moyennes pour chaque mois de l'année, ainsi que la moyenne annuelle et la somme des températures de la PAVP. Cette dernière étant de 81,8, cela nous permet d'associer la ville à une des 9 classes de bioclimat thermique définies : Édimbourg a ainsi un profil thermique qualifié de **froid modéré**.

La saison végétative, à savoir la saison pendant laquelle les plantes poussent, se situe globalement entre 200 et 300 jours en Écosse. Théoriquement, elle est supposée être de 260 jours à Édimbourg (atlas.impact2c.eu). La figure 7 nous indique que les températures moyennes sont au-dessus de 7°C pendant 7 mois, d'avril à octobre, ce qui fait un total d'environ 214 jours. Cette période correspond à la PAVP. Après cette dernière vient la PAVR, la Période d'Activité Végétale Réelle. Il s'agit d'une fraction variable de la PAVP en lien avec les apports d'eau. La PAVR induit des combinaisons infinies de formations végétales à l'état naturel.

Le profil bioclimatique de la ville étudiée peut être défini grâce à une échelle de classification. L'indice xérothermique élaboré par le botaniste Henri Gaussen a inspiré le biogéographe Gérard Houzard pour proposer une grille de détermination de la classification du bioclimat. Pour l'utiliser, il faut calculer la variable P/T. Les calculs sont disponibles en figure 7 pour les mois de la saison végétative.

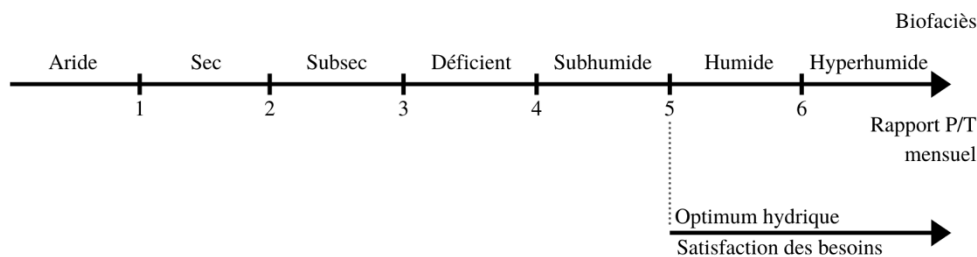


Figure 8 : Barrette des valeurs P/T et biofaciès pour la classification du bioclimat.
Source : *Éléments de géographie physique*, Amat J-P. et al. Réalisation : Chloé Richard.

Le rapport P/T étant largement au-dessus de 2 (plus précisément, toujours au-dessus de 4) au cours de la PAVP, nous pouvons en déduire que les conditions sont très bonnes pour ce type de végétation. Ainsi, nous savons que les plantes peuvent pousser sans contraintes bioclimatiques fortes, bien que leur croissance reste lente en raison du manque de chaleur. Nous identifions **7 mois de pousse végétale** et pas plus de 15°C de température moyenne au cœur de l'été.

⁷ Durée pendant laquelle la température dépasse le seuil thermique des feuillus tempérés caducs.



D. La trame verte d'Édimbourg

Étudier la trame verte d'un territoire donné peut permettre d'avoir une **approche qualitative** de la végétation et de la biodiversité qui s'y trouve. Cette dernière est fragilisée par l'urbanisation dans sa globalité, qu'il s'agisse de la création de routes, de bâtiments ou simplement par les activités humaines, car cela fragmente ou fait disparaître leur habitat naturel. Ainsi, évaluer la trame verte permet non seulement mieux visualiser la répartition de la végétation, mais aussi de mieux élaborer des solutions pour préserver la biodiversité.

Pour mener à bien cette étude à distance, l'idéal est d'utiliser une cartographie des trames vertes et bleues. Ces données n'étant pas à notre disposition, nous avons choisi d'améliorer notre visualisation de la trame verte du centre-ville d'Édimbourg par une cartographie de l'occupation du sol (cf figure 9). Cela nous permet d'évaluer la végétation de manière quantitative et le potentiel de biodiversité de la ville.

Occupation des sols du terrain d'étude.

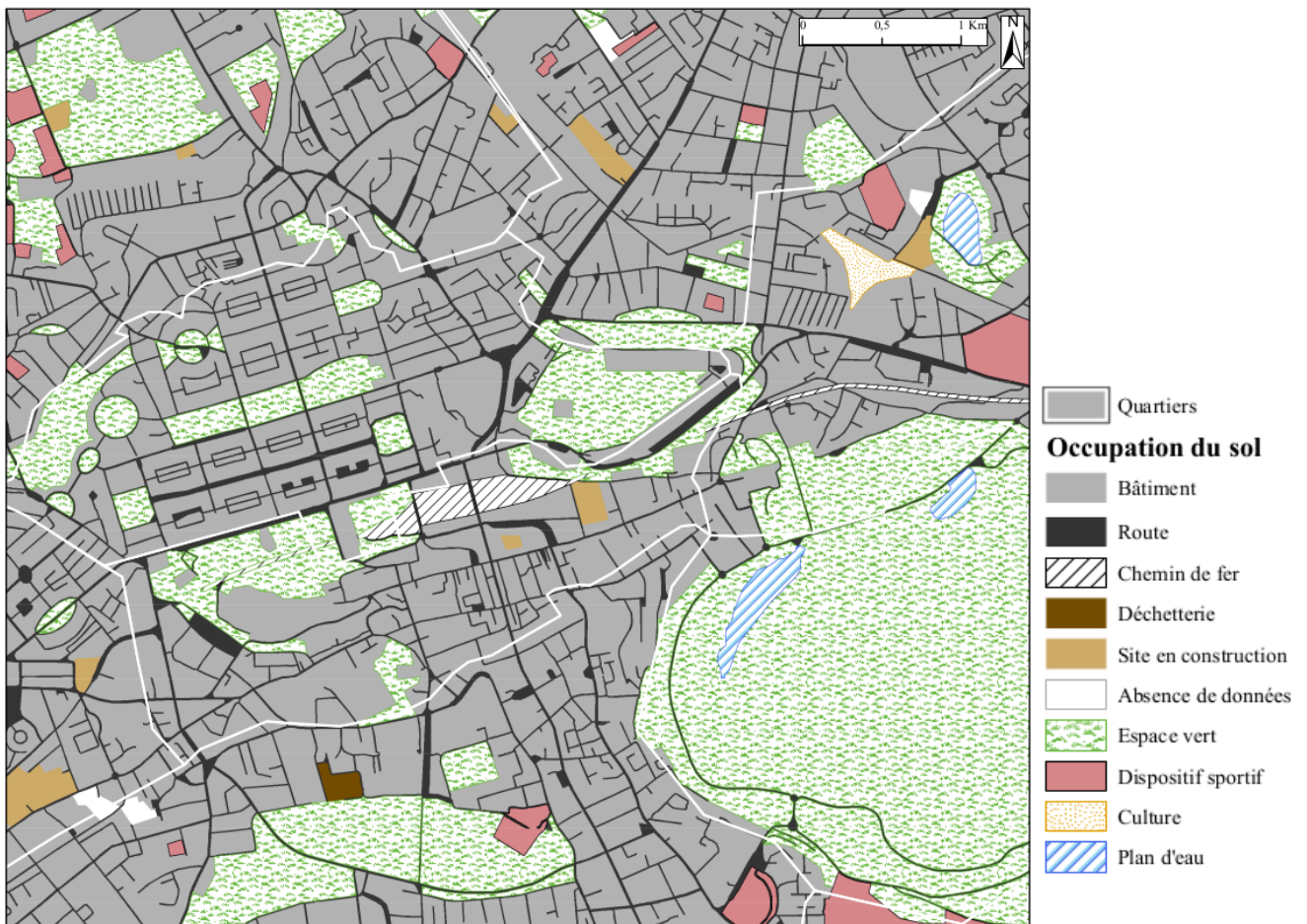


Figure 9 : Occupation des sols du terrain d'étude.

Sources : *Edinburgh Open Data Portal, DataShare Edinburgh*. Réalisation : Chloé Richard.

Cette carte de notre zone d'étude nous permet de voir qu'environ 35% du sol est occupé par de la végétation, contre les 65% restants pour la matrice de la trame (essentiellement des routes et bâtiments). Cela met en lumière le fait que **les espaces verts semblent être présents dans tout le centre-ville et de manière relativement équitable**. La partie Nord-Nord-Est semble plus démunie de parcs.



La trame verte du centre-ville d'Édimbourg peut être décomposée en 3 parties : nous pouvons tout d'abord remarquer la **matrice**, évoquée précédemment. Elle est faite majoritairement de bâtiments (commerces, habitations) et de routes, mais également de dispositifs sportifs, d'un chemin de fer, d'une déchetterie et de sites en construction. Nous remarquons ensuite le **noyau d'habitat principal**, qui est l'espace vert d'*Holyrood* (au Sud-Est de la zone d'étude). Les autres parcs peuvent être considérés, pour la plupart, comme des **noyaux d'habitats secondaires**. Pour finir, nous notons que les **corridors** de la trame peuvent être qualifiés de discontinus : ils sont principalement faits de petits espaces verts, mais également de végétations que l'on retrouve le long des routes et qui n'apparaissent pas sur cette carte.

Cette étude nous permet de constater que la trame verte d'Édimbourg n'est pas autant optimisée qu'elle pourrait l'être. Bien que la nature soit globalement très présente dans le centre-ville, **la trame reste malgré tout un peu irrégulière dans sa répartition**, ce qui peut affecter la biodiversité mais aussi limiter son action contre l'ICU⁸. N'ayant pas à notre disposition des données plus précises, il est compliqué d'établir un réel potentiel de la biodiversité de la ville d'Édimbourg. Nous aurions besoin de davantage d'informations concernant les espèces animales et végétales vivant actuellement sur cette trame verte. Nous pouvons en revanche analyser le potentiel de la trame en elle-même. Si nous considérons le fait qu'au moins la moitié des routes du centre-ville sont bordées de végétation, il est possible que les différents noyaux d'habitat soient relativement bien reliés entre eux, laissant ainsi l'opportunité à la biodiversité de se déplacer.

E. Découpage de la ville

Pour finir de présenter notre zone d'étude, il est important de présenter le découpage de la ville, que nous utiliserons pour nous repérer sur le terrain par la suite.

Édimbourg et ses différents quartiers.



Figure 10 : Édimbourg et ses différents quartiers. Source : *World imagery* (ArcGIS). Réalisation : Chloé Richard.

⁸ Îlot de chaleur urbain

Les quartiers divisant la ville sont au nombre de huit. Au nord, d'ouest en est, nous avons le quartier *West* et le quartier de *Leith* (le port). Puis au centre, nous avons du nord vers le sud *Stockbridge & Canonmills*, puis au sud *New Town* et enfin *Old Town*. À l'est de ce dernier, nous avons *Holyrood* puis le quartier *East*. Pour finir, nous avons le quartier *South*, tout au sud.

II. Histoire

Afin de mieux comprendre l'importance de la nature au sein d'Édimbourg, il est important de connaître le contexte historique dans lequel les espaces verts sont apparus. La ville d'Édimbourg est apparue alors que ses premiers habitants se sont installés sur une butte de roche nommée *Castle Rock* vers l'an -900 (âge de Bronze). En 1018, les Anglais se la sont appropriée et y ont construit un fort. C'est ainsi que la ville s'est faite attribuer le nom de **Fort d'Eiden** (*Edwin's Burgh*), en référence au Roi de Northumbrie. Le nom de la ville évolua au fil du temps en ce nom symbolique du Nord du Royaume Uni : Édimbourg. Le château que nous connaissons aujourd'hui a seulement été construit au XII^{ème} siècle, ce qui a ensuite incité les autres habitants à s'installer tout autour, et notamment sur la partie de la ville qui est désormais connue sous le nom de *Old Town*.

La ville s'est beaucoup développée et a gagné en prestige grâce à ces nombreux commerces, sa cathédrale et son port. Elle est officiellement devenue la **capitale** d'Écosse au XVI^{ème} siècle. Le roi a ainsi fait construire le premier palais royal : le Palais de *Holyrood*. Le chemin reliant ce palais au château d'Édimbourg a été nommé le *Royal Mile*, et mesure en réalité 1 814.2 mètres⁹ (edimbourg.fr). Il s'agissait de la rue la plus importante de la ville. Les constructions en pierre qui y sont apparues étaient plus qu'impressionnantes : elles faisaient souvent 5 à 8 étages, et parfois allaient même jusqu'à 12 étages. Ces constructions sont devenues trop petites, si bien que de nouvelles maisons en bois ont été construites au-dessus. Cela a valu à la ville le surnom de « la ville aux gratte-ciels ». Malheureusement, cette configuration a changé Édimbourg en un nid d'infections, d'incendies et d'épidémies.

Nous pouvons notamment citer la peste des années 1510 dont la mortalité a atteint les quatre-vingt-dix pourcents de la population, qui était à 15 000 habitants avant l'épidémie. Elle a malgré tout réussi à atteindre les 50 000 habitants à la fin du XVII^{ème} siècle, soit plus de 150 ans plus tard. Le premier Parlement écossais fut instauré en 1603 au sein du château.

La construction de *New Town* commença en 1767 et se poursuivit jusqu'au XIX^{ème} siècle. Ainsi, de grandes rues parallèles ont été aménagées, les principales étant *Queen Street* et *Princes Street*. Les espaces verts qui sont apparus dans les parties principales de la ville ont naturellement pris le nom des grandes rues les plus proches, honorant ainsi la **famille royale**. Ces parcs et jardins ont toujours été mis en valeur face à l'urbanisation dans le but de conserver cet **héritage**.

Après la restauration et l'agrandissement de la ville, *Canongate* devient la rue la plus moderne et en vogue. Faisant partie intégrante du *Royal Mile*, elle est la principale rue reliant l'Est au château. Elle est alors très populaire pour être la première rue de la ville à allier **espaces urbains et ruraux**, puisque chaque hôtel et villa dispose de son propre jardin avec une vue sur la campagne entourant la ville. À cette époque, posséder un jardin était signe de richesse. C'était donc quelque chose de très recherché par la population, une façon de penser qui est restée dans leur culture. C'est d'ailleurs à cette époque que la plupart des principaux espaces verts de la ville ont été agencés, notamment *Princes Street Gardens* en 1820 ou encore *The Meadows* en 1827.

⁹ 1814.2 mètres correspondent à environ 1 mile écossais.



À partir du XIX^{ème} siècle, de nombreux monuments connus et points d'intérêt ont été construits, tels que *Calton Hill*, la galerie nationale d'Écosse ou encore le *Scott Monument*. Le paysage et la végétation sont sans cesse mis en valeur, et deviennent la principale source d'inspiration des **œuvres d'art** (peintures, poèmes, récits...). La population a été recensée à plus de 170 000 habitants en 1850. En 1999, c'est le Parlement écossais moderne qui fit son apparition. Aujourd'hui encore la nature ne cesse d'avoir son importance au sein de la ville.



Partie II : Méthodologie de la recherche

Notre objet d'étude étant fixé, nous pouvons désormais établir la méthodologie de recherche de ce mémoire. Nous parlerons tout d'abord de la période d'analyse de terrain, avant de détailler le matériel et les méthodes appliquées.

Chapitre 3 : Présentation de la période d'analyse

Initialement prévue du 11 au 29 mars 2020, la période d'analyse de terrain s'étend du 11 au 15 mars 2020 en raison du contexte sanitaire de cette année. Les études menées avaient pour objectif de nous aider à mettre en évidence le rôle de la végétation présente à Édimbourg pour combattre l'îlot de chaleur urbain de la ville. Seuls 5 jours à la fin de l'hiver ont pu être évalués au lieu des 18 jours planifiés à l'origine. Nos données ne peuvent donc pas représenter des résultats que l'on obtiendrait sur l'année, ou même sur l'hiver. Afin de mieux appréhender cette limite, nous pouvons nous intéresser au contexte météorologique de notre analyse, pour les semaines précédant l'étude de terrain (cf figure 11) et de manière plus générale pour l'hiver 2019-2020 (cf figure 12).

Semaine	Précipitations (mm)	Temp. max. moyenne (°C)	Temp. min. moyenne (°C)	Temp. Moyenne (°C)
Du 17 au 23 février 2020	45,8	7,9	2,3	5,1
Du 24 février au 1er mars 2020	33,6	6,1	1,5	3,8
Du 2 au 10 mars 2020	12	9,3	1,9	5,6
Du 11 au 15 mars 2020 (Terrain)	15	8,9	3	6

Figure 11 : Conditions météorologiques du 17 février au 15 mars 2020. Source : Météo-ciel.

Ce détail des conditions météorologiques sur les semaines précédant notre analyse de terrain nous permet de mieux visualiser le contexte dans lequel la météo de ce terrain s'inscrit. Nous pouvons ainsi voir que la semaine dédiée au terrain était légèrement plus chaude et moins pluvieuse que les semaines précédentes. Les fortes pluies observées du 17 février au 1^{er} mars ont pu affecter certains types de sol jusqu'à la semaine de notre terrain, mais il est difficile de l'affirmer. Les températures croissantes ont également pu aider à évaporer toute cette humidité sans que cela n'affecte le terrain. Pour confirmer cela, il aurait fallu connaître les heures d'ensoleillements de chaque semaine mais nous ne disposons pas de ces informations. Une vue plus large des conditions météorologiques pour l'hiver 2019-2020 nous aidera à mieux comprendre les facteurs qui ont pu influencer notre terrain.

Mois	Précipitations (mm)	Temp. max. moyenne (°C)	Temp. min. moyenne (°C)	Temp. Moyenne (°C)
Déc. 2020	65,2	11,8	-4,4	3,7
Janv. 2020	75,4	12,8	-2	5,4
Fév. 2020	171,7	10,6	-1,8	4,4
Mars 2020	52,4	11,7	-1,9	4,9

Figure 12 : Conditions météorologiques de décembre 2019 à mars 2020. Source : Météo-ciel.

Une vision d'ensemble des conditions météorologiques de l'hiver nous permet de prendre plus de recul sur ce qui peut influencer ou non nos résultats. Nous pouvons ainsi voir que les précipitations étaient fortes en février, alors que comparé à ce mois, mars était trois fois moins pluvieux. Nous pouvons considérer que ce facteur a pu affecter les sols de notre zone d'étude, et donc leur température de surface. Si les sols poreux (terre, sable...) sont gorgés d'eau en profondeur, l'évaporation sera très lente malgré le soleil présent. Ainsi, ils seront nécessairement moins chauds qu'ils n'auraient pu l'être dans ces mêmes conditions météorologiques s'il n'avait pas plu les semaines précédentes. Pour ce qui est des températures, nous pouvons voir que le mois de janvier était moins froid que celui de mars, malgré des précipitations plus importantes. Nous constatons également que le mois de février était plus froid que les mois de décembre, janvier et mars.



Cela n'est pas très étonnant étant donné que les précipitations étaient très importantes comparées aux autres mois de l'hiver, facteur ayant diminué les températures. Cette vue d'ensemble nous confirme que la météo de février a pu impacter les températures du mois de mars, et ainsi nos résultats.

Il peut être intéressant de comparer ces données avec une moyenne des températures et précipitations mensuelles calculées avec les données des années 1982 à 2012. Cela nous permettrait de vérifier que cet hiver 2019-2020 est représentatif d'un hiver à Édimbourg. Ces données sont disponibles en figure 13.

Mois	Précipitations (mm)	Temp. Moyenne (°C)
Janv.	61	2,9
Fév.	43	3
Mars	51	5
Avril	43	7,5
Mai	54	10,2
Juin	52	13,1
Juil.	63	14,8
Août	70	14,4
Sept.	70	12,3
Oct.	70	9,5
Nov.	68	5,7
Déc.	61	4

Figure 13 : Conditions météorologiques mensuelles moyennes calculées de 1982 à 2012.
Source : *Climate-data*.

Si nous comparons les mois de janvier, février, mars et décembre, nous pouvons remarquer quelques différences notables. En effet, le mois de janvier 2020 a été plutôt chaud et pluvieux pour un mois de janvier édimbourgeois. Le mois de février 2020, quant à lui, s'est trouvé être extrêmement pluvieux et un peu plus chaud, étonnamment, que les normales de saison. Le mois de mars 2020 était globalement dans la norme, et le mois de décembre 2019 était légèrement plus frais et pluvieux. Dans l'ensemble, tout est cohérent mise à part la pluviométrie importante et inexplicée de février 2020. La hausse de température n'est pas surprenante et peut aisément être mise sur le compte du réchauffement climatique et de l'homogénéisation des saisons.

Ce contexte météorologique sur les mois précédant l'étude de terrain nous permet de mieux appréhender les résultats obtenus grâce à notre analyse. **Les températures de surface prises par l'appareil de photographie numérique infrarouge peuvent ainsi se retrouver affectées par les vagues de précipitations qui ont précédé la semaine de terrain.** Il est aussi bon de noter qu'Édimbourg est une ville située en bord de mer, et donc qu'elle sera plus sujette au vent et aux nuages. Par ailleurs, il est très fréquent de voir à la fois des nuages, de la pluie et un grand soleil dans une même journée, ce qui peut également affecter les mesures faites sur le terrain. Ainsi, il est important de comprendre que les résultats obtenus ne seront pas des plus représentatifs par rapport à ce que l'on aurait pu obtenir si l'étude avait été réalisée sur toute une année, par exemple.

Chapitre 4 : Contextes et objectifs

I. Logique de répartition des espaces verts de la ville

Cette étude a tout d'abord été inspirée par une notion introduite en France dans les années 1990 : la trame verte. Elle est définie par le ministère de la Transition Écologique et Solidaire comme étant un réseau écologique terrestre permettant la préservation de la faune et de la flore présentes sur un territoire. Un grand nombre de paysages variés peut être considéré comme faisant partie intégrante d'une trame verte, et notamment les espaces verts qui font l'objet de ce mémoire. Les travaux de l'association Plante & Cité (basée à Angers) portant sur les bienfaits du végétal en ville ont également été une grande source d'inspiration. En effet, leur état de la place de la nature en ville et leur liste non exhaustive des avantages à vivre près de celle-ci, établie en 2013, ont été très instructifs. Cette étude est un bon précurseur pour l'étude des effets de la nature face au phénomène d'ICU à Édimbourg. Pour finir, le travail de fin d'étude de Félix Bougé de l'École polytechnique de Tours concernant la caractérisation des espaces verts publics a été d'une grande aide. Il a permis de définir davantage la place et l'utilité de chaque point de nature au sein d'une ville.

L'objectif de cette étude est de mieux comprendre les **logiques de répartition** des espaces verts d'une ville, à l'aide d'une approche géostatistique. Déterminer les facteurs clés contrôlant l'**organisation spatiale** des zones végétalisées de la ville d'Édimbourg nous permettra d'une part une meilleure compréhension des enjeux de la place de la nature en ville, et d'autre part de mieux appréhender les données recueillies sur le terrain en mars 2020. Ainsi, nous allons réaliser une **cartographie** des parcs de la ville d'Édimbourg, puis nous allons réfléchir à leur répartition dans la ville et aux variables potentiellement associées.

II. Étude de terrain

La thématique de cette étude de terrain a été inspirée par plusieurs facteurs et travaux. Tout d'abord, comme précisé précédemment, elle a été influencée par des motivations personnelles. Les activités du GIEC en matière d'environnement ont dirigé mes centres d'intérêt, et ont ainsi contribué à construire ces motivations et mes aspirations professionnelles. Ensuite, plusieurs travaux ont également inspiré la direction prise pour cette étude. Nous pourrions citer les travaux de l'association Plante & Cité, détaillés ci-dessus. Les travaux de la branche française de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) m'ont inspiré, notamment grâce à leur publication de 2013 concernant les services écologiques des milieux naturels sur les écosystèmes urbains. Ceci a été complété par des recherches publiées sur Géocarrefour et Géoconfluences, notamment les travaux de recherche d'Emmanuel Boutefeu sur les enjeux paysagers et sociétaux de la nature en ville (2007), mais également ceux de Lise Bourdeau-Lepage et Virginie Chasles sur la nature face à la santé et au bien-être en ville (2014). Pour finir, les choix des études de terrain ont été finalisés par les possibilités matérielles qui s'offraient à nous pour un terrain à l'étranger. Le matériel choisi nous permet de réaliser des mesures intéressantes pour cette thématique et était simple à transporter d'un pays à un autre.

L'objectif de cette étude de terrain est de déterminer si la présence de la nature a un effet concret sur la ville. En été comme en hiver, la végétation présente dans la ville a un effet **rafraichissant** sur le milieu urbain et permet ainsi de réduire l'effet d'ICU. L'utilisation d'un appareil de photographie numérique infrarouge permet d'obtenir des photographies mettant en évidence les différences de température de surface. L'avantage que présente cette méthode est qu'elle permet une description plus précise de l'**évolution** d'un paramètre, ici la **température**, le long d'un profil déterminé.





Chapitre 5 : Données et matériel

I. Logique de répartition des espaces verts de la ville

Les données utilisées pour cette étude ont été obtenues grâce au portail de données d'Édimbourg. Elles consistaient en un document sous format CSV recensant les adresses, localisations, types d'équipement et autres coordonnées correspondant à chaque parc ou jardin officiel de la capitale écossaise. Bien que la liste des parcs et jardins de cette base de données ne soit probablement pas exhaustive, elle permet d'avoir une bonne idée de ce qui existe. Il semblerait malgré tout qu'elle ait été faite à des fins touristiques, ce qui explique l'abondance de données de type texte, jugées inutilisables voire superflues si l'on souhaite travailler avec un logiciel tel qu'ArcGIS ou XLSTAT. Une sélection et mise en forme des données sont donc nécessaires afin de pouvoir les utiliser.

Afin de mettre nos données sous forme de carte, il aurait été utile d'obtenir une BD Ortho du comté d'Édimbourg, tout comme un découpage de la ville en quartiers. Ces données n'ont pas pu être trouvées par le biais d'internet, avec les ressources françaises. Bien qu'il soit possible que ces données n'existent pas, il semblerait qu'elles soient simplement inaccessibles depuis l'étranger ou sans faire partie d'une entreprise ou d'une université britannique. Pour pallier cela, un fond de carte *World Imagery* de ArcGIS a été utilisé, ainsi qu'un découpage de la ville d'Édimbourg dans son ensemble dans le but de faire une digitalisation des quartiers de la ville, en s'appuyant sur des images satellites en lignes ainsi que des connaissances personnelles. Le choix des données comparées à la localisation des espaces verts a également été dirigé par ces difficultés : aucune donnée exploitable par ArcGIS n'a pu être trouvée, notamment concernant la population de la ville. Nous avons donc dû nous rabattre sur des hypothèses différentes, en fonction des bases de données trouvées. L'ensemble de ces limites observées pour les différentes bases de données et ressources induisent des imprécisions dans les résultats obtenus. En effet, même si les méthodes utilisées se trouvent être précises et adéquates, le manque d'exhaustivité des données concernant les espaces verts de la ville ainsi que le manque de précision de la digitalisation des quartiers peuvent rendre les résultats obtenus approximatifs.



II. Étude de terrain

L'appareil de photographie numérique infrarouge utilisé ici est le modèle C2 de Flir. Plusieurs étapes sont nécessaires à son utilisation. Tout d'abord si l'appareil est neuf, il faut le configurer. Pour cela, il faut se rendre sur le site officiel Flir et suivre les quelques étapes qui y sont décrites. L'appareil devra être officiellement enregistré sous un nom et une adresse choisis par la personne le détenant.

Pour utiliser l'appareil de photographie numérique infrarouge C2 de Flir, il faut commencer par appuyer quelques secondes sur le bouton d'allumage situé sur la tranche supérieure de l'outil, à gauche. Il peut prendre jusqu'à deux minutes pour se calibrer. Ensuite, il faut appuyer sur le bouton long situé sur la tranche supérieure, au milieu (à côté du bouton on/off) pour prendre une photographie. En cliquant avec son doigt sur l'écran, nous dévoilons le menu de l'appareil, permettant de voir les clichés pris ou de modifier différents paramètres. Les photographies sont automatiquement enregistrées sur la carte mémoire de l'appareil. Pour les traiter, il faut connecter l'outil à un ordinateur étant pourvu du logiciel Flir Tools (+). Les données s'importent sur le logiciel lorsque le programme est lancé. L'appareil de photographie numérique infrarouge C2 s'éteint en appuyant 30 secondes sur le bouton on/off utilisé pour l'allumage. La figure 14 montre la présentation de l'appareil et de son interface.

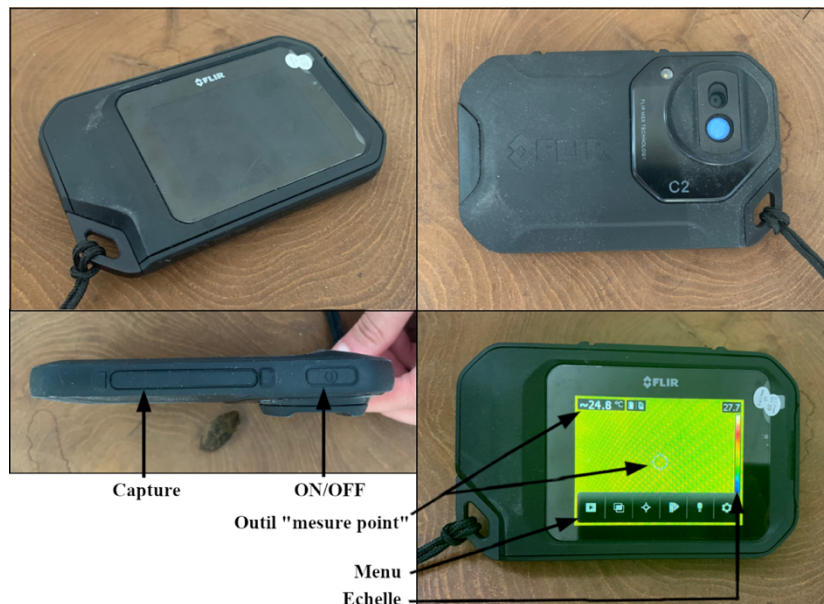


Figure 14 : Présentation de l'appareil de photographie numérique infrarouge C2 de Flir et de son interface.
Réalisation : Chloé Richard.

Il est nécessaire de télécharger le logiciel Flir Tools (+) pour pouvoir exploiter les photographies faites à l'aide de l'appareil C2. Cela se fait via le site officiel de Flir. Il est recommandé de connecter l'appareil de photographie numérique infrarouge à l'ordinateur avant de lancer le logiciel. En ouvrant ce dernier, il faut commencer par se connecter s'il s'agit de la première utilisation. Sur le menu d'accueil, il faut sélectionner l'importation de données depuis l'appareil photo pour que les données soient transférées. Il est conseillé de les enregistrer dans un document externe à l'appareil photo par la suite, et d'y effectuer un tri et un rangement qui permettra l'optimisation du traitement de données. L'interface de présentation générale permet une visualisation de l'ensemble des documents et données traitables. En cliquant sur une image, nous avons un aperçu des clichés infrarouges et numériques ainsi que des principales informations la concernant à droite de la fenêtre. La figure 15 illustre cela.

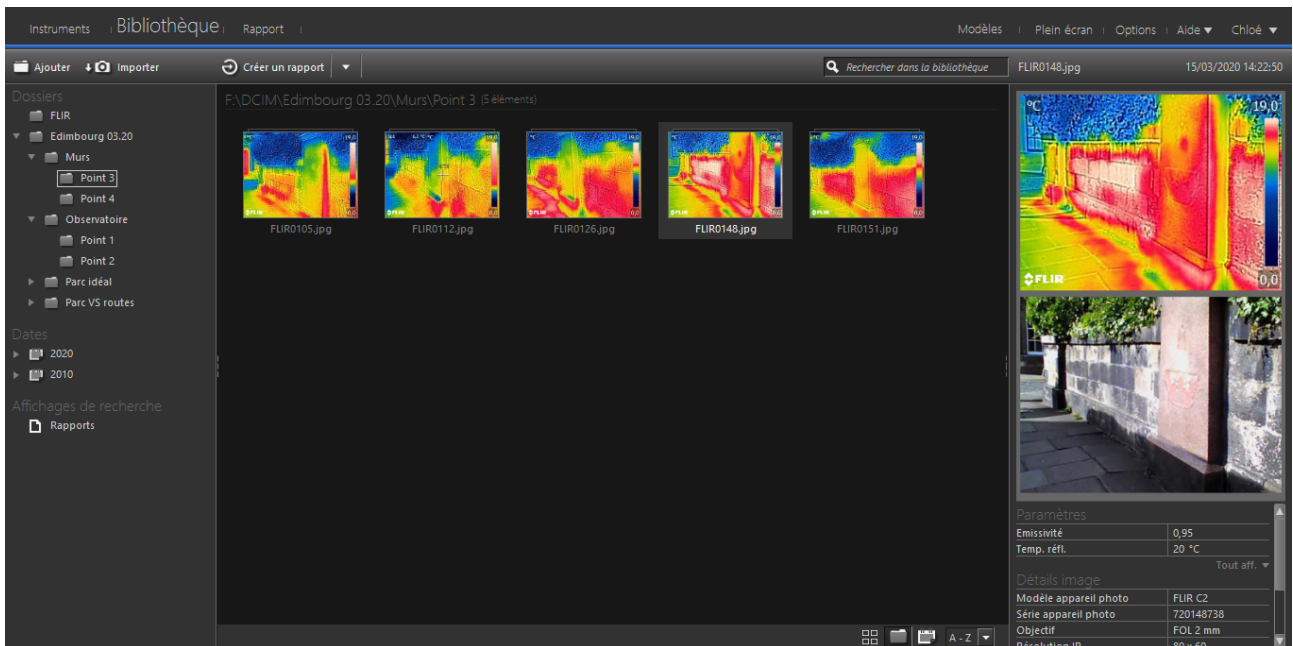


Figure 15 : Aperçu de l'interface d'accueil du logiciel Flir Tools (+). Source : Flir Tools (+). Réalisation : Chloé Richard.

Nous pouvons agrandir une image infrarouge en double cliquant dessus. Cela ouvre une fenêtre de traitement, comme montrée en figure 16. Nous pouvons voir divers outils de traitements placés à gauche et en haut de l'image. Les aperçus et informations générales sont toujours positionnés à droite de la fenêtre.

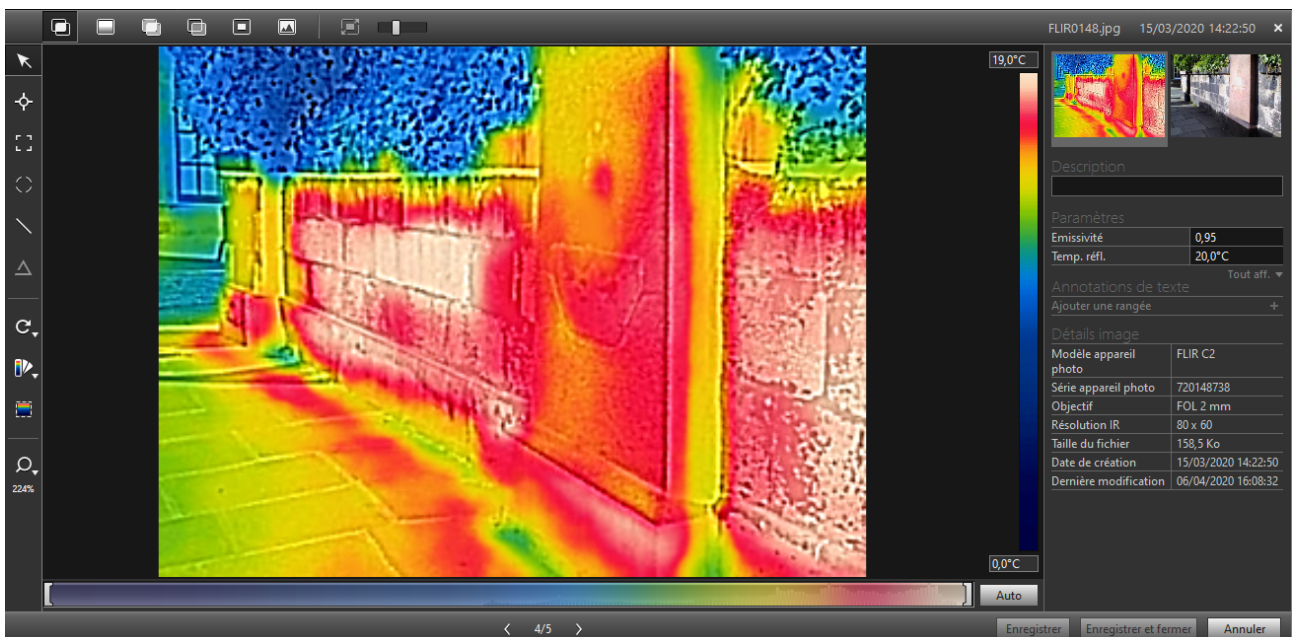


Figure 16 : Aperçu de la fenêtre de traitement d'une image infrarouge sur le logiciel Flir Tools (+).
Source : Flir Tools (+). Réalisation : Chloé Richard.



Le menu du haut correspond aux différents choix d'affichage de l'image infrarouge. Il existe six alternatives totales, qui sont les suivantes : image thermique MSX (correspondant à l'image thermique telle que nous la voyons en figure 16), thermique (une variante de cette image avec des contours lissés), fusion thermique (rapiècement de l'image numérique et de l'image thermique), mélange thermique (les images numériques et thermiques superposées), Picture in Picture (centre de l'image thermique sur un fond de l'image numérique), et pour finir l'image numérique. Pour cette étude, nous avons choisi d'utiliser le mode **mélange thermique**. Ce mode nous permet d'avoir à la fois un aperçu de l'image infrarouge, tout en ayant l'image numérique pour comparer. Le degré d'opacité vers l'une ou l'autre des images peut être modifié grâce au curseur à droite du menu du haut. Ce mode d'affichage de l'image est montré en figure 17.

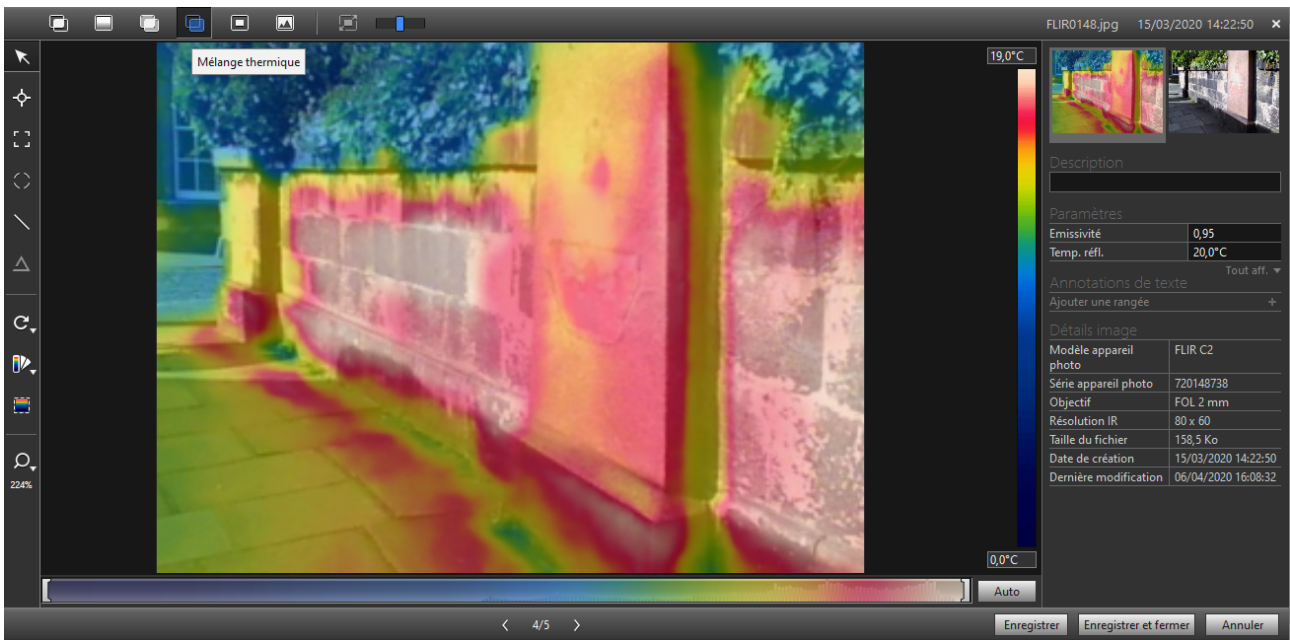


Figure 17 : Aperçu de l'outil mélange thermique du logiciel Flir Tools (+). Source : Flir Tools (+). Réalisation : Chloé Richard.

Pour finir, un outil nous ayant beaucoup aidé dans nos analyses est l'outil « mesure point ». Il se trouve tout en haut du menu de gauche et permet d'afficher la température de surface d'un point précis de l'image infrarouge, comme montré sur la figure 18.

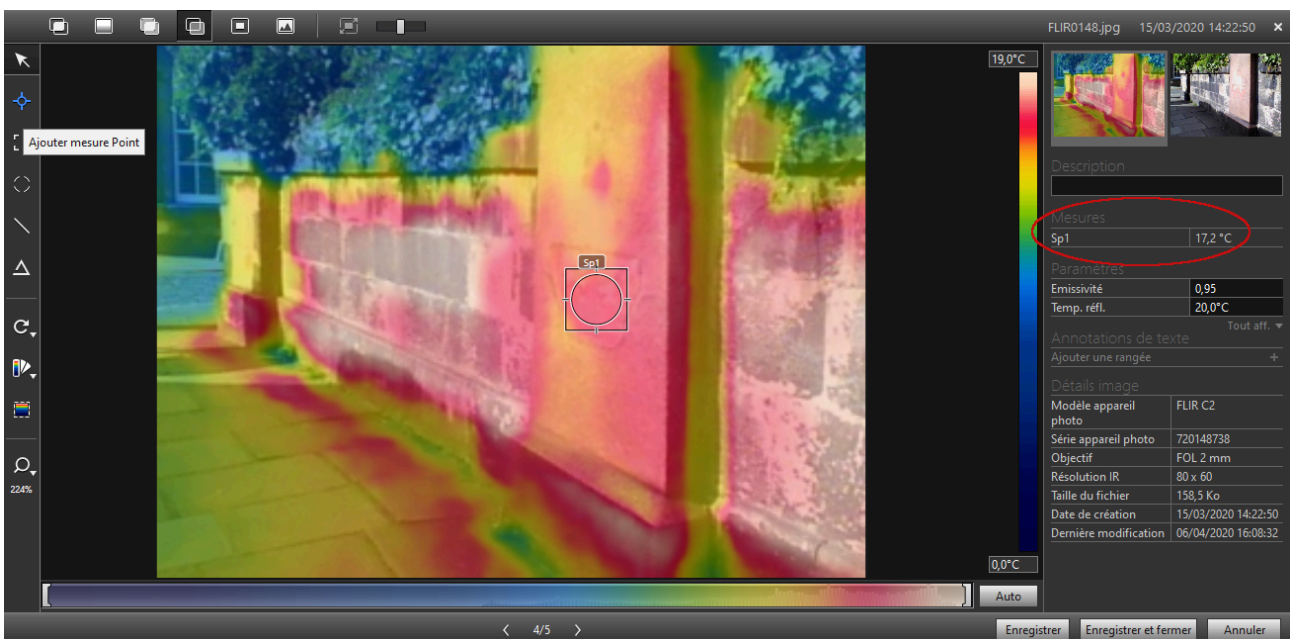


Figure 18 : Aperçu de l'outil « mesure point » du logiciel Flir Tools (+). Source : Flir Tools (+). Réalisation : Chloé Richard.

Chapitre 6 : Méthode appliquées

I. Logique de répartition des espaces verts de la ville

La première étape de cette étude est de projeter les points matérialisant les données sur une carte. La base de données utilisée est sous le format CSV. Il n'est pas nécessaire de procéder à un géocodage car les informations concernant la localisation (X, Y) sont disponibles dans la base de données. Après ouverture d'ArcGIS, nous ouvrons un fond de carte (*World Imagery*) disponible sur le logiciel car nous n'avons pas accès aux BD Ortho du Royaume Uni.

Le fond de carte étant pour système de coordonnées géographique le système mondial WGS 1984, toutes les couches et données ajoutées à la carte doivent utiliser ce même système.

Afin de projeter les points à partir du document CSV, il faut procéder comme suit :

- Dans le menu catalogue (à droite), trouver le document CSV à ouvrir et effectuer un clic droit
- Créer une nouvelle classe d'entité, sélectionner le tableau (X, Y)
- Entrer *Location Y* dans le champ X, et *Location X* dans le champ Y
- Sélectionner le système de coordonnées géographiques WGS 1984
- Saisir un emplacement d'enregistrement des données, sous le format fichier de forme (*shape*)
- Glisser la classe d'entité dans la couche pour l'afficher

Ensuite, il a été nécessaire de digitaliser les différents quartiers de la ville :

- Afficher le découpage de la ville sur la carte et le rendre transparent pour y voir le fond de carte
- Ouvrir le catalogue dans le menu de droite
- Trouver le fichier où l'on souhaite enregistrer ses données et effectuer un clic droit
- Créer un fichier géodatabase, le nommer et l'enregistrer dans le fichier désiré
- Effectuer un clic droit sur le fichier géodatabase
- Créer une nouvelle classe d'entité, la nommer, et y renseigner le type (ici, polygone), le système de coordonnées géographiques utilisé (ici, WGS 1984) et les éventuels champs désirés dans la table attributaire
- Valider : la classe d'entité apparaît dans la couche
- Afficher la boîte à outils (via clic droit ou l'onglet personnaliser)
- Ouvrir l'éditeur, puis une nouvelle session de mises à jour
- Cliquer sur la classe d'entité présente dans le menu du catalogue
- Vérifier que le bon type de digitalisation (ici, polygone) est sélectionné en bas du catalogue
- Tracer l'entité sur la carte et double-cliquer pour finaliser
- Dans le menu de la couche à gauche, effectuer un clic droit sur la classe d'entité créée
- Aller dans données, puis sélectionner exporter des données et enregistrer comme fichier de forme (*shape*)



Bien que nous puissions avoir une idée de la densité des espaces verts dans la ville grâce à la projection des points, il est intéressant de calculer une densité de Kernel. Ce calcul est basé sur la densité des entités voisines à chaque entité, de préférence concernant des entités ponctuelles ou linéaires. Cet outil est utile pour représenter la densité des points sur une carte.

Pour ce faire, il faut procéder comme suit :

- Dans l'onglet personnaliser, ouvrir les extensions et sélectionner *Spatial Analyst*
- Par recherche (menu de droite), ouvrir l'outil Densité de noyau (également appelé densité de Kernel), sélectionner les points en entrée (ici, espaces verts) et valider
- Effectuer un clic droit sur la couche de densité de Kernel, aller dans la symbologie, dans classer et sélectionner la méthode d'intervalle géométrique puis valider
- Par recherche (menu de droite), ouvrir l'outil de statistiques spatiales
- Aller dans la mesure de distribution géographique, puis appliquer les outils *directional distribution (standard deviational ellipse)* et centre médian en utilisant les points espaces verts en entrée

Pour finir, nous allons répondre à nos questionnements sur la logique de répartition des parcs à l'aide de deux hypothèses. En premier lieu, nous comparerons les localisations des espaces verts de la ville avec ceux des monuments, puis nous les comparerons avec le réseau routier de la ville.

Pour cela, il suffit de projeter les données sur une carte :

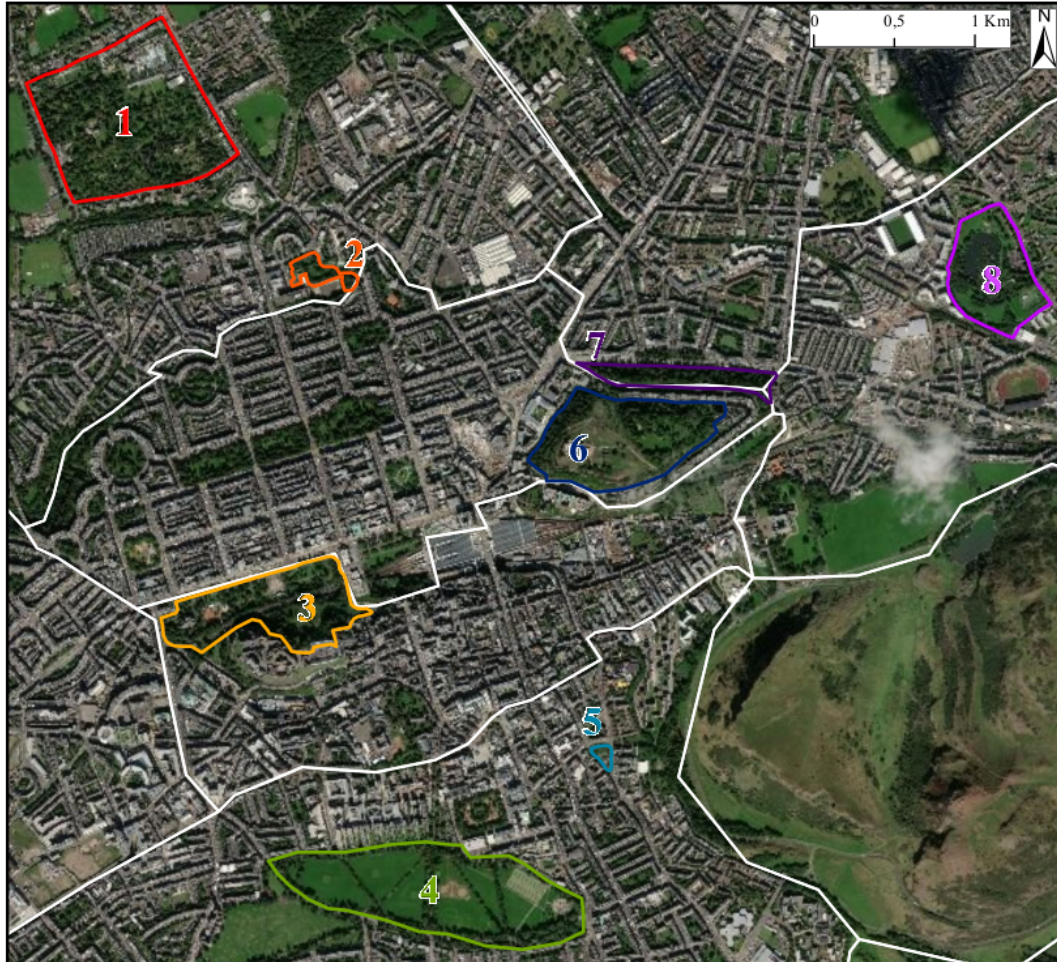
- Sur le fond de carte sélectionné, cliquer sur ajouter des données puis sélectionner le fichier de forme des espaces verts.
- Ajouter à nouveau des données et sélectionner le fichier de forme que l'on souhaite comparer
- Si les données sont sous format CSV et non sous fichier de forme, suivre la méthode de projection décrite ci-dessus.



II. Étude de terrain

Au total, 8 espaces verts ont été sélectionnés dans ce but. Ils sont localisés dans le centre-ville et appartiennent aux quartiers *Old Town*, *New Town*, *Stockbridge & Canonmills*, *Leith*, *East* et *South*.

Lieux choisis pour le terrain.



- | | | | |
|----------|------------------------|----------|------------------|
| 1 | Royal Botanic Gardens | 6 | Calton Hill |
| 2 | King George V Park | 7 | London Road Park |
| 3 | Princes Street Gardens | 8 | Lochend Park |
| 4 | The Meadows | | Quartiers |
| 5 | Deaconess | | |

Figure 19 : Lieux choisis pour le terrain.

Sources : *Word imagery* (ArcGIS), *Edinburgh Open Data Portal*.

Réalisation : Chloé Richard.

Parmi la sélection faite, nous avons des parcs de toutes tailles. Nous les avons choisis pour leur localisation, mais également pour leurs caractéristiques variées telles que la présence de plus ou moins d'arbres, d'un plan d'eau ou d'un accès via un grand axe routier. Ces caractéristiques sont répertoriées en figure 20.

	Arbres	Parterres de fleurs	Buissons	Jeux/sports	Plan d'eau
<i>Royal Botanic Gardens</i>	X	X	X		Étangs
<i>King George V Park</i>	X		X	X	
<i>Princes Street Gardens</i>	X		X		
<i>The Meadows</i>	X			X	
<i>Deaconess</i>	X		X		
<i>Calton Hill</i>	X				
<i>London Road Gardens</i>	X	X			
<i>Lochend Park</i>	X		X	X	Lac

Figure 20 : Caractéristiques des parcs sélectionnés pour l'étude de terrain.

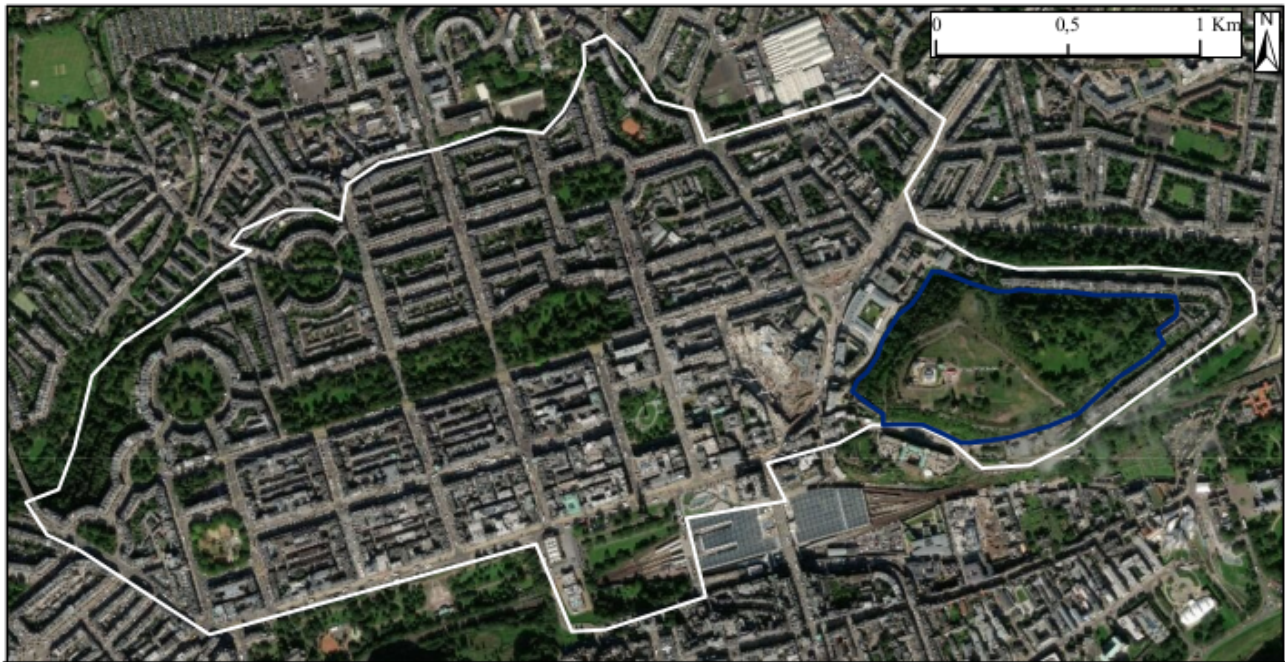


Trois méthodes ont été appliquées sur le terrain dans le but d'atteindre notre objectif. Ces méthodes sont complémentaires car elles permettent des approches différentes de la question de l'influence de la nature sur les géosystèmes urbains.

A. Étude de l'influence des conditions météorologiques sur la température globale de la ville

Nous avons pour objectif de déterminer si les conditions météorologiques peuvent avoir une grande influence sur la température globale de la ville au fil des jours. L'intérêt est de découvrir à quel point ce facteur peut impacter nos résultats. Pour cela, nous avons utilisé l'appareil de photographie numérique infrarouge C2 de Flir pour prendre des plans larges de la ville. Une photographie thermique a été prise chaque jour à 13h30 (UTC+1), à deux endroits spécifiques de *Calton Hill*. Cette colline se trouve être un très bon point d'observation de la ville. Sa localisation est représentée à l'aide de la figure 21. La première localisation était en direction du Nord pour prendre la ville côté port, tandis que la seconde localisation faisait face au Sud pour montrer le centre-ville. Ces points spécifiques sont disponibles en figure 22.

Localisation de *Calton Hill* dans le quartier *New Town*.



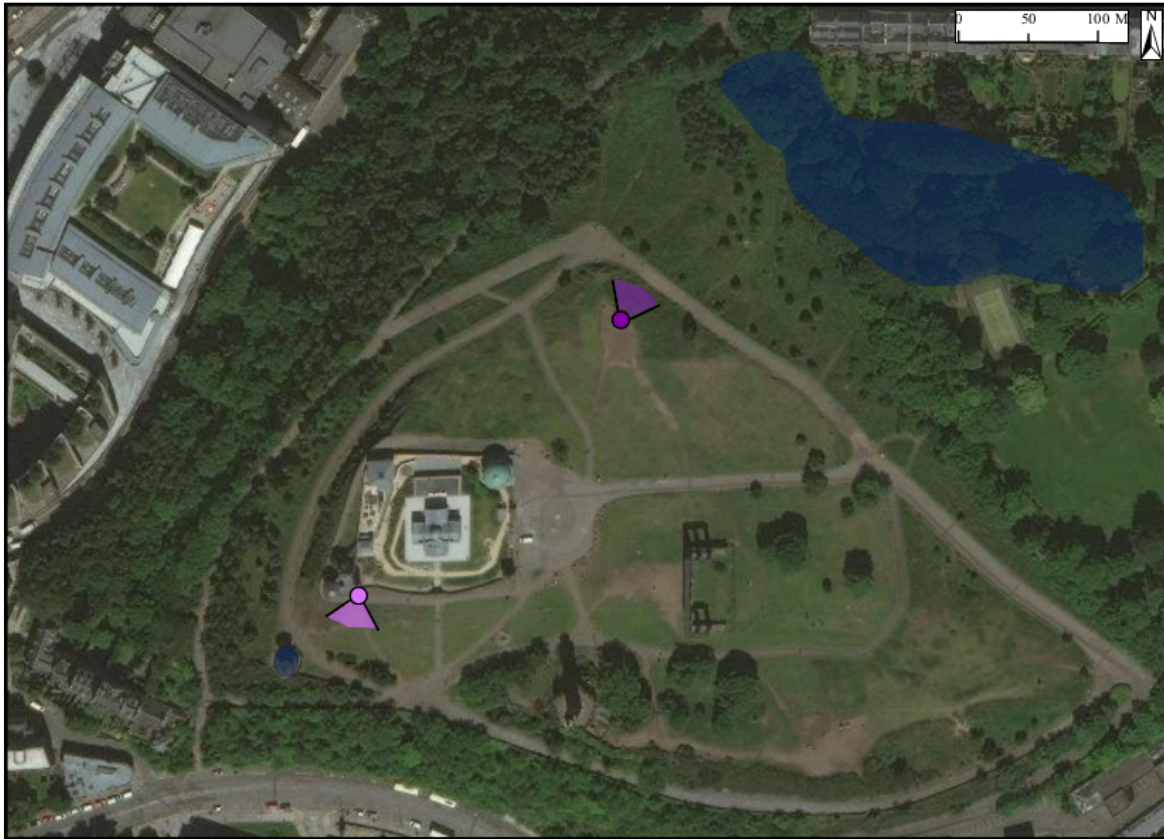
 Calton Hill

 New Town

Figure 21 : Localisation de Calton Hill dans le quartier *New Town*.

Sources : *World imagery* (ArcGIS), *Edinburgh Open Data Portal*. Réalisation : Chloé Richard.

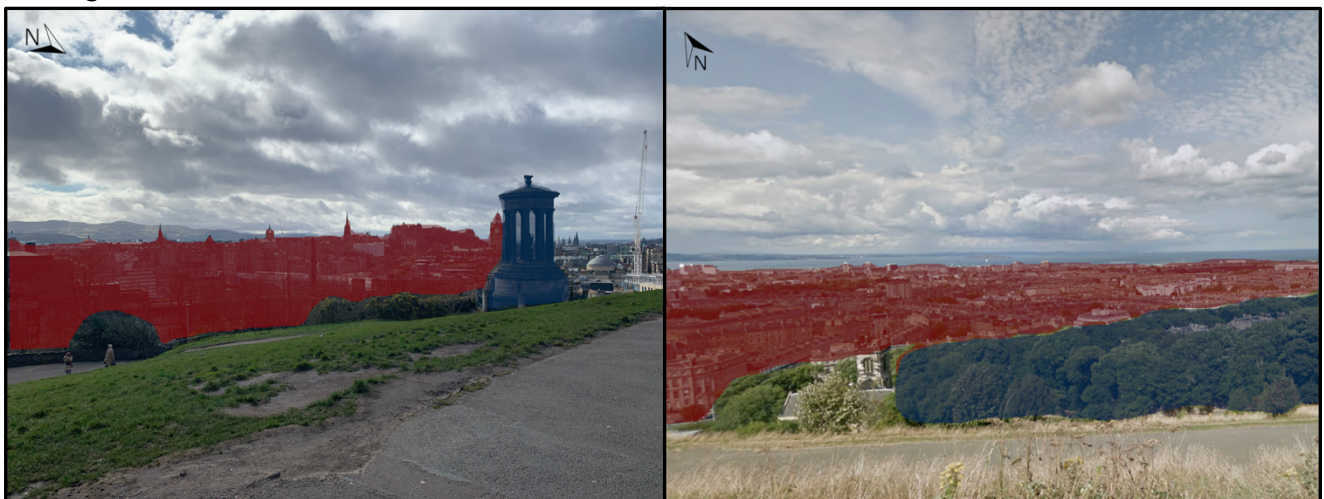
Localisation des prises de vues de la ville depuis *Calton Hill*.



- Point d'intérêt dirigé vers le port (Nord-Nord-Est)
- Point d'intérêt dirigé vers le centre-ville (Sud-Sud-Ouest)
- Points de repères visuels

Figure 22 : Localisation des prises de vues de la ville depuis *Calton Hill*.
 Source : *Word imagery* (ArcGIS). Réalisation : Chloé Richard.

Ces prises de vues ont été choisies précisément de manière à pouvoir utiliser des points de repère dans le paysage et ainsi s'assurer de prendre les mêmes cadres chaque jour. Les prises de vues sont illustrées grâce à la figure 23.



- Zone d'intérêt
- Repère visuel
- ↑ Direction Nord

Figure 23 : Prises de vues depuis l'observatoire de *Calton Hill*.
 À gauche : Vue du Nord de la ville, côté port. À droite : Vue du Sud, côté centre-ville.
 Source et réalisation : Chloé Richard.

Nous pouvons nous attendre à des variations de température très faibles ou inexistantes. Bien que les conditions météorologiques aient nécessairement une importance dans la température de surface globale d'une ville, ces évolutions ne seront pas suffisamment importantes pour influencer ce paramètre au jour le jour. De tels résultats seraient plus pertinents si nous comparions les variations de température au cours de saisons différentes.

B. Étude de l'influence de la végétation sur la température de surface d'un mur

Enfin, nous souhaitons analyser plus en détail les effets de la végétation sur la température de surface d'une construction. Nous utilisons ainsi l'appareil de photographie numérique infrarouge C2 de Flir de manière à observer les variations de température de deux murs partiellement végétalisés au fil des heures. Des photographies thermiques ont été réalisées sur deux murs longeant le Sud de Calton Hill, eux-mêmes orientés vers le Sud.

Elles ont été prises à diverses heures de la journée, allant de 10h30 à 16h00 (UTC+1), sur deux jours aux températures fraîches, partiellement ensoleillées et pluvieuses. L'un des murs était à découvert, sur un grand axe routier. L'autre se trouvait dans une ruelle, derrière un bâtiment. Ces localisations peuvent être retrouvées en figure 24.

Localisation des prises de vues murales à Calton Hill.



Figure 24 : Localisation des prises de vues murales à Calton Hill.

Sources : *Word imagery* (ArcGIS). Réalisation : Chloé Richard.

Bien que ces prises de vues soient très proches l'une de l'autre, leur orientation et les éléments les entourant sont différents et peuvent ainsi produire des résultats différents. Nous remarquons que la prise de vue située à l'entrée Sud de Calton Hill est orientée Sud-Sud-Est et donne directement sur une grande route dégagée, offrant une belle exposition au Soleil. La prise de vue située dans la ruelle plus à l'Ouest est en revanche orientée Sud-Ouest. La présence d'une bâtisse au Sud du mur sélectionné peut créer une ombre selon l'heure de la journée.

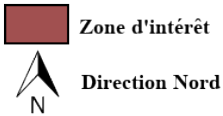


Figure 25 : Prises de vues des murs partiellement végétalisés.
À gauche : Mur longeant l'entrée Sud de *Calton Hill*.
À droite : Mur située dans une ruelle adjacente à l'entrée Sud de la colline.
Source et réalisation : Chloé Richard.

Nous devrions pouvoir observer une réduction de la température de surface induite par la présence de végétation sur les murs sélectionnés pour cette étude. Il est probable que nous ayons des résultats très significatifs tels que peut l'illustrer la figure 26. Ce schéma démontre une température plus élevée au niveau des bâtiments (et ainsi au niveau des murs dits nus) et une baisse de cette dernière sur les zones végétalisées. Cela met ainsi en évidence le pouvoir rafraichissant de la nature.

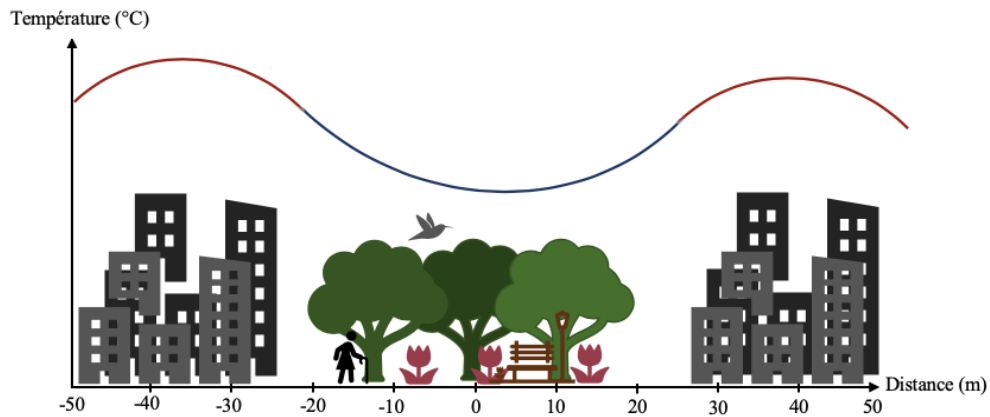


Figure 26 : Profil thermique de surface urbain schématisé.
Réalisation : Chloé Richard.

C. Étude du profil d'un « parc idéal » au sein d'une ville

Nous cherchons ici à analyser la végétation d'une sélection d'espaces verts pour définir quels éléments rafraichissent le plus l'environnement. L'intérêt est de pouvoir établir un profil de parc optimisant l'effet anti-ICU. L'appareil de photographie numérique infrarouge C2 de Flir est ici utilisé dans le but d'observer les éventuelles variations de température de surface et de les associer à différents types de végétation. Des photographies thermiques ont donc été prises à divers endroits des espaces verts de manière à étudier plusieurs choses : herbe, parterre de fleurs, arbre, buisson, chemins de terre ou de béton.

Cette étude a été menée dans les espaces verts visibles sur la figure 19 (page 31), à savoir : *Royal Botanic Gardens, King George V Park, Princes Street Gardens, The Meadows, Deaconess, Calton Hill, London Road Park et Lochend Park*.

Étant en hiver, nous ne pouvons pas nous attendre à observer des évolutions de température significatives concernant la végétation sans feuillage. Nous pouvons en revanche espérer démontrer de grands effets rafraichissants provenant des plantes hivernales ayant encore feuilles et fleurs, à savoir certains buissons et parterres de fleurs.



Partie III : Actions de la nature sur la vie urbaine

Pour faire suite à la méthodologie appliquée à notre terrain, nous exposerons nos résultats et les conclusions tirées de nos observations, démontrant ainsi les actions de la nature sur la vie urbaine d'Édimbourg.

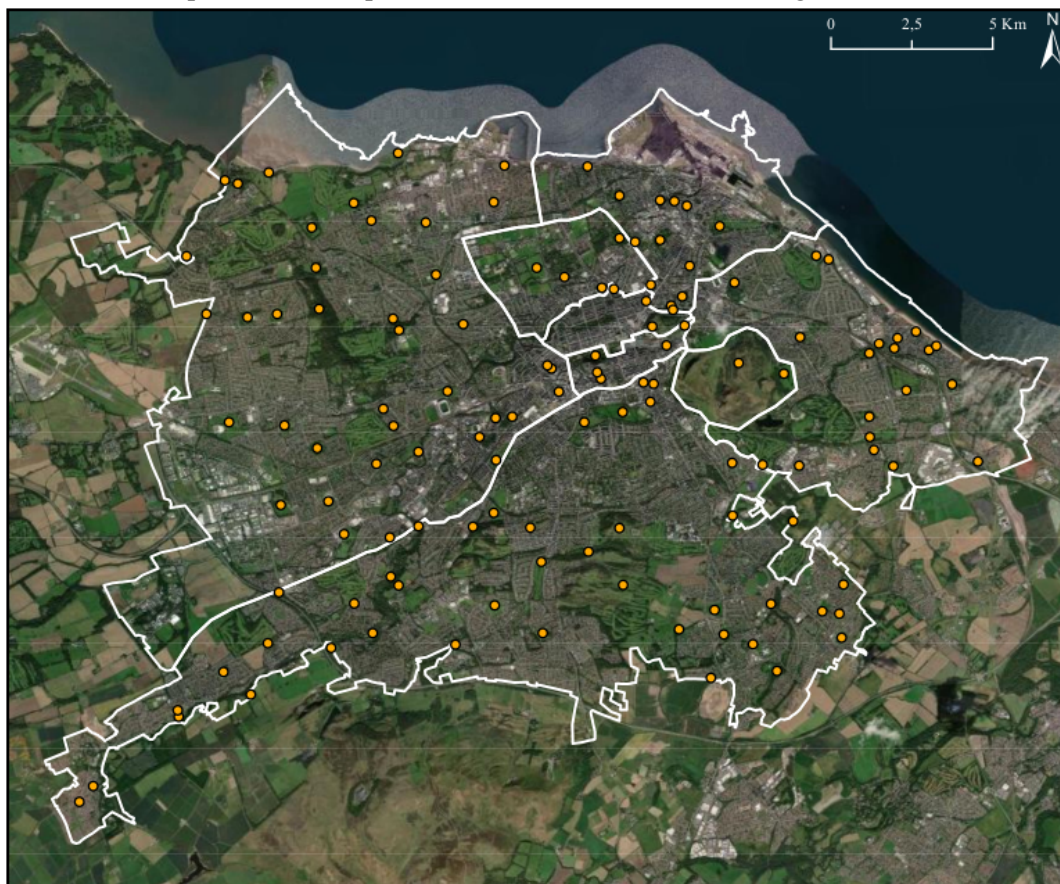
Chapitre 7 : Résultats et discussion

I. Logique de répartition des espaces verts dans la ville

A. Répartition des espaces verts à Édimbourg

Nous pouvons nous donner une meilleure idée de la densité des espaces verts dans Édimbourg par un calcul simple. En effet, nous connaissons la superficie officielle de la ville, qui est de 264 km², ainsi que le nombre de parcs et jardins recensés, qui est de 143. Cela nous donne donc une densité de parcs d'environ 0.54 par km². La figure 27 nous permet d'avoir une meilleure visibilité de la répartition des espaces verts.

Répartition des espaces verts dans la ville d'Édimbourg, Écosse.



● Espaces verts □ Quartiers **Figure 27** : Répartition des espaces verts dans la ville d'Édimbourg, Écosse.
Sources : Word imagery (ArcGIS), Edinburgh Open Data Portal, UK Data Service.
Réalisation : Chloé Richard.

Nous pouvons noter que les espaces verts peuvent aussi bien se trouver dans le centre-ville que dans la banlieue de la capitale. Ils semblent être plus présents lorsque nous nous approchons du côté Nord-Est de la ville (*Old Town, New Town* et *Leith*). En dehors de cette zone, les parcs se font un peu plus rares mais semblent répartis équitablement mis à part quelques zones vides de jardins publics. Cela peut s'expliquer par la présence de nature sauvage dans les banlieues et la campagne, ce qui diminue le besoin de créer de nouveaux espaces verts.



Nous pouvons confirmer la tendance de répartition au sein de la ville d'Édimbourg par une densité de Kernel, qui nous permet d'obtenir une carte plus explicite.

Densité de Kernel appliquée aux espaces verts d'Édimbourg, Écosse.

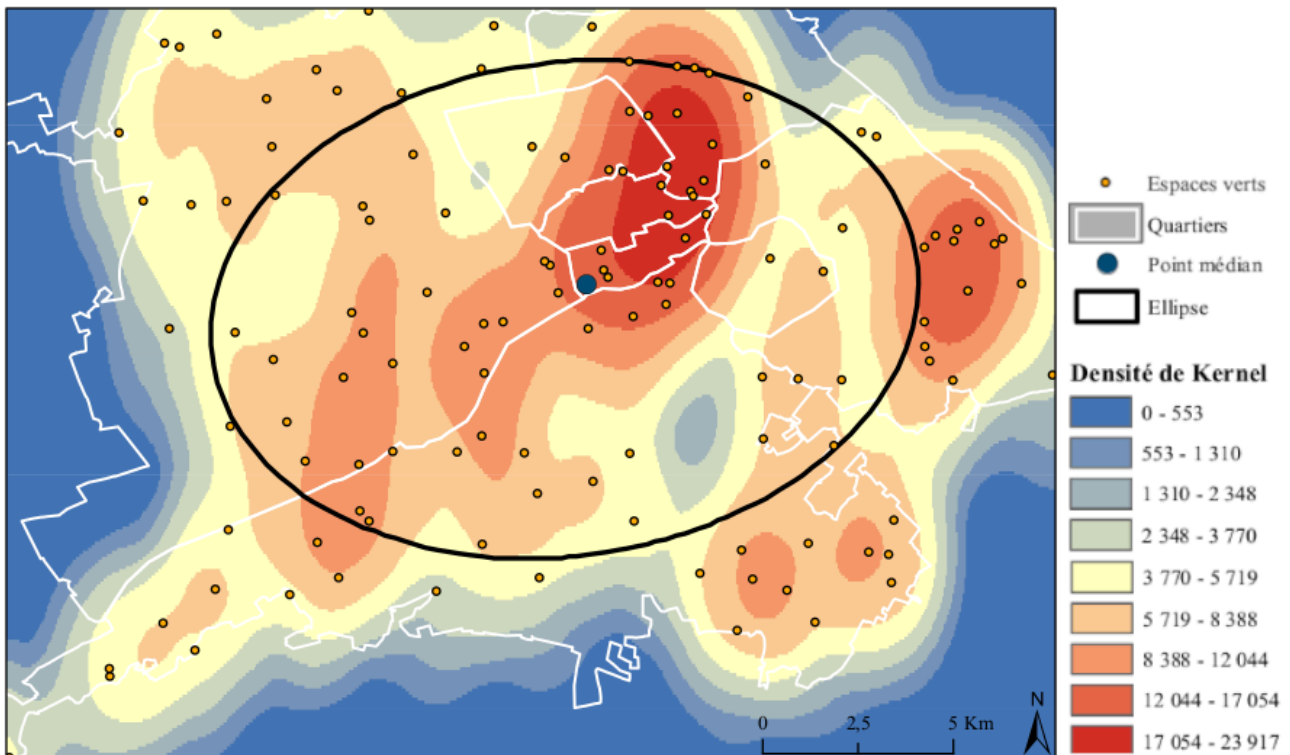


Figure 28 : Densité de Kernel appliquée aux espaces verts d'Édimbourg, Écosse.
Sources : *Edinburgh Open Data Portal, UK Data Service*. Réalisation : Chloé Richard.

La densité de Kernel est une analyse ArcGIS qui nous est très utile car elle nous montre de manière plus explicite la tendance de distribution des espaces verts dans la ville. Les couleurs montrées par notre analyse indiquent les variations de distribution à l'aide d'un dégradé du bleu (faible) au rouge (fort). La figure 28 nous montre que les zones bleu foncé surviennent très rapidement après les limites de la ville, tandis que les zones rouges (toutes nuances confondues) se concentrent au cœur de celle-ci. L'ellipse permet de montrer la tendance des répartitions de manière plus large et complète très bien les outils mis en œuvre. Le point médian quant à lui montre l'endroit de la ville où les espaces verts sont à nombre égal de chaque côté (Nord et Sud, puis Est et Ouest). Ce point est placé dans le Sud-Ouest du centre-ville, non loin de la zone la plus dense en parcs. Nous obtenons confirmation qu'ils sont en effet plus **denses** dans le centre-ville et la partie Sud du quartier de *Leith*. Nous pouvons également en conclure que les espaces verts du centre-ville ne sont pas nécessairement arrangés de manière équitable. Il est en revanche difficile d'interpréter la répartition des espaces verts avec ces seules cartes, qui ne montrent que la densité de ces derniers sans prendre en compte leur superficie. Une zone comprenant un espace vert relativement grand ne serait pas considérée en déficit face à une zone comprenant plusieurs petits espaces verts, par exemple. Il nous est malgré tout possible de comparer la densité de Kernel à une image aérienne telle que présente en figure 27. Cela nous permet de voir que les espaces verts en périphérie sont souvent bien plus grands que ceux présents à mesure que l'on s'approche du centre-ville. La nature sauvage semble également prendre le pas lorsque l'on s'éloigne de ce dernier. Ainsi, la répartition des espaces verts de la ville semble très **équitable**. Nous pouvons malgré tout noter quelques zones plus démunies : une zone du quartier *South*, au sud du centre-ville et du parc *The Meadows*, est un bon exemple. Nous pouvons cependant nous interroger sur les paramètres qui influent sur la logique de répartition dans la ville d'Édimbourg.

B. Étude de deux hypothèses

Nous pouvons nous demander quelles variables sont impliquées dans l'organisation spatiale des espaces verts de la ville. Bien que la plupart d'entre eux aient été aménagés à partir de la fin du XVIII^{ème} siècle, l'histoire et l'héritage royal de la ville n'en sont peut-être pas les seuls facteurs d'origine. Pour tenter de répondre à cette question, nous pouvons étudier plusieurs hypothèses.

1. Une logique liée aux monuments historiques de la ville

Pour rester dans une thématique historique, nous nous sommes tout d'abord intéressés aux monuments de la ville. Nous entendons par monument les édifices, ouvrages architecturaux et sculptures à caractère historique. Édimbourg étant une ville très touristique, il est possible que la localisation des monuments ait une influence sur celle des espaces verts. Cela ferait ainsi partie intégrante d'une stratégie pour mettre davantage son histoire médiévale en avant, embellir la ville et développer son tourisme.

Localisation des monuments et espaces verts d'Édimbourg, Écosse.

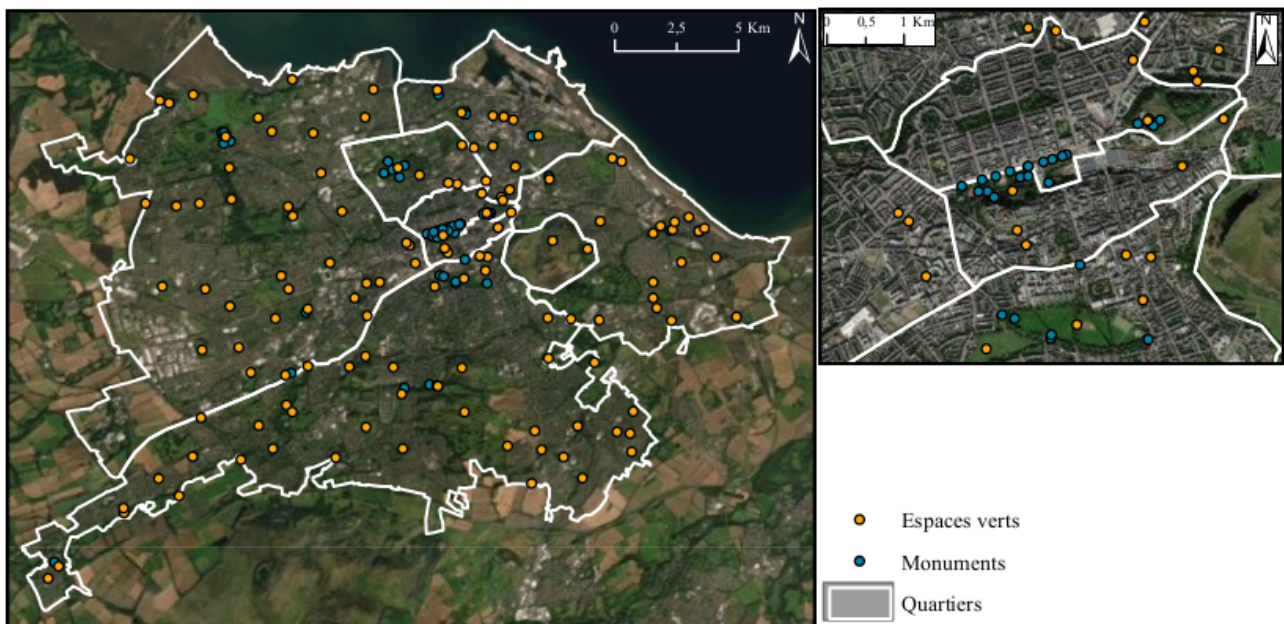


Figure 29 : Localisation des monuments et espaces verts d'Édimbourg, Écosse.
À gauche : Vue de la ville dans son ensemble. À droite : Vue du centre-ville.
Sources : *World imagery* (ArcGIS), *Edinburgh Open Data Portal*, *UK Data Service*.
Réalisation : Chloé Richard.

Comme nous le montre la figure 29, les monuments sont répartis très inégalement dans la ville. Nous observons une concentration de ces derniers à certains points du centre-ville, et quelques autres davantage sur la périphérie. Le zoom sur les quartiers de *New Town* et *Old Town* nous permettent de constater que les monuments regroupés à ces endroits sont en effet accompagnés d'espaces verts. Cela peut s'expliquer par une volonté d'enrichir le paysage, toujours dans un but touristique. Il est très fréquent de trouver des espaces verts joints aux monuments pour rendre les visites et le cadre plus agréables. Il est malgré tout difficile d'affirmer que cette variable contrôle bien l'**organisation spatiale** de ces derniers car ils sont tout simplement fréquents dans le centre-ville. De plus, nous remarquons au centre de la ville des zones agrémentées de parcs, mais sans monuments.



2. Une logique liée à leur accessibilité via le réseau routier

Le tourisme n'expliquant pas nécessairement la logique de répartition des espaces verts d'Édimbourg, il est possible que l'accès à ces derniers le soit. Comme le montre la figure 30, le réseau routier de la ville est très **étendu**.

Localisation des espaces verts et du réseau routier d'Édimbourg, Écosse.



● Espaces verts — Réseau routier

Figure 30 : Localisation des espaces verts et du réseau routier d'Édimbourg, Écosse.

En haut : Vue de l'ensemble de la ville. À gauche : Vue du centre-ville (Sud de *Leith*).

À droite : Vue de la périphérie (Sud-Ouest du quartier *West*).

Sources : *Word imagery* (ArcGIS), *Edinburgh Open Data Portal*, *Mapcruzin*. Réalisation : Chloé Richard.

Ce réseau couvre l'ensemble de la ville de manière uniforme et semble s'intensifier davantage dans les regroupements de quartiers résidentiels ainsi que dans le centre-ville. Nous profitons de vues rapprochées pour voir plus en détail la disposition des parcs par rapport aux routes. Cela confirme que chaque espace vert est bien desservi et que l'accès est grandement facilité. La carte de gauche, située dans la partie Sud du quartier de *Leith*, montre que les parcs sont tous bordés de routes malgré leur localisation très centrale au sein de la ville. Il s'agit plutôt de rues de passages et assez peu de résidences. Nous pourrions également constater que les parkings se font rares autour de ces espaces verts, ce qui laisse présager que les usagers s'y déplacent à pied ou en transports en commun. La carte de droite, située dans la partie Sud-Ouest du quartier *West*, montre quant à elle des parcs entourés de grandes routes principales ou de petites rues semblant appartenir à des quartiers résidentiels. Nous pouvons émettre l'hypothèse que ces espaces verts publics sont agrémentés de parkings pour y faciliter l'accès, tandis que les transports en commun s'y feront plus rares. Bien que les espaces verts de la ville soient tous proches de routes, il ne nous est pas possible d'affirmer si le réseau routier est une variable clé dans le contrôle de l'organisation spatiale observée. En effet, le réseau routier d'Édimbourg étant très dense, il aurait été peu probable qu'un parc soit implanté dans un lieu où l'accès était pauvre. Il s'agit là d'une règle de base concernant le choix de placement d'une attraction, afin de promouvoir son utilisation auprès de la population.



II. Étude de l'influence des conditions météorologiques sur la température globale de la ville

Nous commencerons par analyser les conditions météorologiques de la semaine de terrain lors des prises de vues de la ville à l'aide de la figure 31. Ensuite, nous effectuerons une comparaison des données jour par jour pour chaque point d'intérêt. Nous finirons par une comparaison des deux points entre eux.

Date	Temps	Température de l'air (°C)
11/03/20	Nuageux ; averses	8,0
12/03/20	Nuageux ; averses	6,4
13/03/20	Nuageux ; averses	6,2
14/03/20	Soleil ; quelques nuages	9,5
15/03/20	Soleil ; quelques nuages	9,5

Figure 31 : Conditions météorologiques lors des prises de vues larges de la ville. Source : Météo-ciel.

Nous pouvons constater que le temps était plus clément les 11, 14 et 15 mars 2020. Si nous observons des variations de température de surface de la ville, nous pouvons nous attendre à voir des températures plus chaudes pour ces jours, et donc plus faibles pour les 12 et 13 mars 2020.

→ Point 1 : vue du Nord de la ville, côté port

La vision d'ensemble des relevés de températures de surface du côté Nord de la ville via les prises de vues quotidiennes ne révèle pas de variation notable de ces températures. Une étude plus approfondie des photographies infrarouges permet de mieux nous rendre compte des évolutions de température observées. Nous pouvons sélectionner plusieurs points sur les photographies pour les étudier plus en détail. Nous constatons ainsi une hausse de la température de surface des bâtiments et de la partie industrielle de la ville lorsqu'il fait un temps doux et ensoleillé, par rapport au reste du paysage en tout temps. De légères hausses sont également montrées au niveau de la végétation lors d'un temps ensoleillé. Malgré tout, la chaleur du Soleil semble chauffer davantage les constructions urbaines, creusant ainsi les différences observées entre la partie urbaine et la partie végétalisée de la ville. Pour illustrer cela, une comparaison des photographies infrarouges des 13 et 14 mars 2020 est disponible en figure 32. Il est en revanche important de noter que ces résultats ont pu être affectés par la météo des heures précédentes. La prise de vue datant du 13 mars 2020 s'est faite par temps nuageux mais était précédée de 2h44 d'ensoleillement sur les 3h précédentes, sans précipitations. Nous pouvons ainsi considérer que la chaleur reçue par les rayonnements solaires s'est stockée et donc que les mesures faites sont plus chaudes que ce qu'on observerait lors d'un temps nuageux sur plusieurs heures. Par conséquent, ces données ne sont pas les plus représentatives du temps du moment. En revanche, la prise de vue datant du 14 mars 2020 était précédée de 2h d'ensoleillement sur les 3h précédentes, avec de la pluie 1h avant le relevé des températures. La présence de précipitations a nécessairement rafraîchi le paysage. Nous pouvons ainsi penser que les températures seraient un peu plus hautes si la météo des heures précédentes avait été en parfait accord avec la météo au moment du relevé des données.

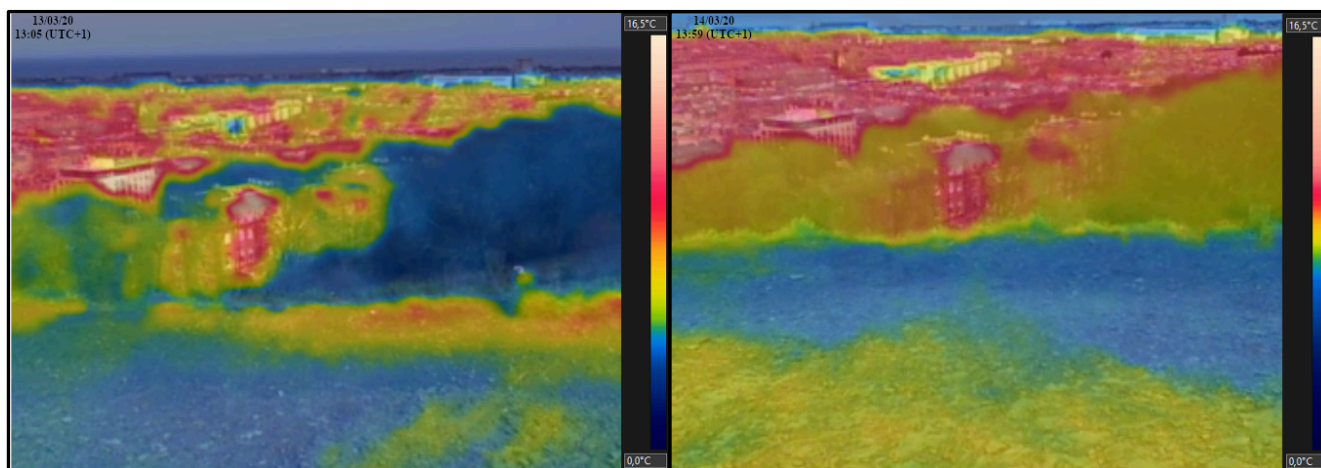


Figure 32 : Comparaison des prises de vues infrarouges du Nord de la ville les 13 et 14 mars 2020, avec une échelle de 0 à 16,5°C.
À gauche : Prise de vue du 13/03/20 à 13h05 (UTC+1) par temps nuageux.
À droite : Prise de vue du 14/03/20 à 13h59 (UTC+1) par temps ensoleillé.
Source et réalisation : Chloé Richard.

Les couleurs associées à la température de surface des différents éléments du paysage nous permettent de voir que la présence du Soleil réchauffe la ville de plusieurs degrés Celsius. Nous observons cette augmentation de température sur tous les éléments de ce paysage mise à part la terre du chemin, visible au premier plan.

→ Point 2 : vue du centre-ville et de la partie Sud

La vision d'ensemble du côté centre et Sud de la ville révèle, contrairement à l'analyse précédente, de grandes variations de température. Nous procédons ensuite à une étude plus approfondie dans le but d'obtenir davantage de détails. Nous pouvons ici aussi sélectionner plusieurs points sur les photographies pour les étudier plus en détail. Nous constatons une nette hausse de la température de surface des bâtiments du centre-ville lorsqu'il fait très ensoleillé, par rapport au reste du paysage à toute météo. Dans ce cas également, la température de la végétation augmente légèrement avec le Soleil mais très peu comparé à celle des zones aménagées par l'Homme. Nous notons une fois de plus que la chaleur du Soleil a plus d'effet sur les constructions urbaines que sur la nature. Pour illustrer cela, une comparaison des photographies infrarouges des 13 et 15 mars 2020 est disponible en figure 33. Contrairement à la prise de vue datant du 15 mars 2020, celle datant du 13 mars a pu être légèrement faussée. En effet, elle ne peut pas être considérée comme parfaitement représentative d'un temps nuageux car le soleil était bien présent plusieurs heures avant le relevé des températures. Ainsi, l'écart entre les deux relevés est moins grand que celui attendu.

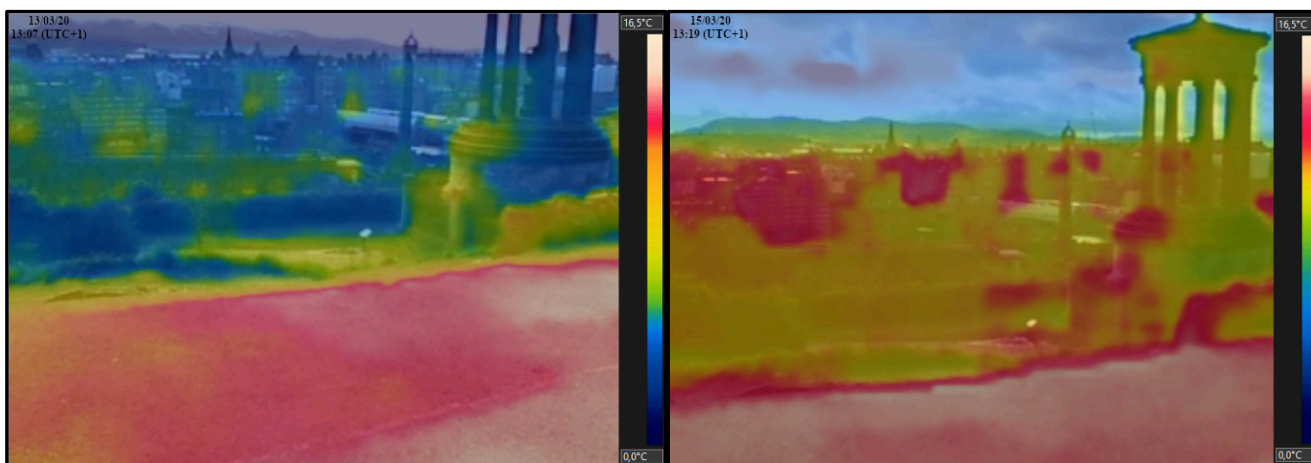


Figure 33 : Comparaison des prises de vues infrarouges du centre-ville les 13 et 15 mars 2020, avec une échelle de 0 à 16,5°C.
À gauche : Prise de vue du 13/03/20 à 13h07 (UTC+1) par temps nuageux.
À droite : Prise de vue du 15/03/20 à 13h19 (UTC+1) par temps ensoleillé.
Source et réalisation : Chloé Richard.



Tout comme lors de l'analyse précédente, les couleurs associées aux températures de surface nous permettent de mettre en évidence les effets de la chaleur du Soleil sur le paysage urbain. Nous constatons une augmentation de la température dans son ensemble, et ce de plusieurs degrés Celsius, qu'il s'agisse de constructions, de végétation ou de chemins de terre. Les zones urbanisées semblent néanmoins réagir davantage à la chaleur que les zones naturelles.

→ Comparaison entre les points 1 et 2

Si nous comparons les résultats obtenus pour chacun des points sélectionnés, nous remarquons qu'ils se trouvent être très inégaux en matière d'exposition. En effet, nous pouvons supposer que la partie Sud de la ville ainsi que le centre-ville reçoivent moins de Soleil que la partie Nord de la ville, à cause de la butte d'*Holyrood* qui projette son ombre sur une partie d'Édimbourg. Cela pourrait expliquer les grandes différences de température de surface pour un même moment, bien que la ville soit un peu plus chaude que prévu grâce au temps ensoleillé qui a précédé ces prises de vue. Les figures 34 et 35 peuvent illustrer cette hypothèse.

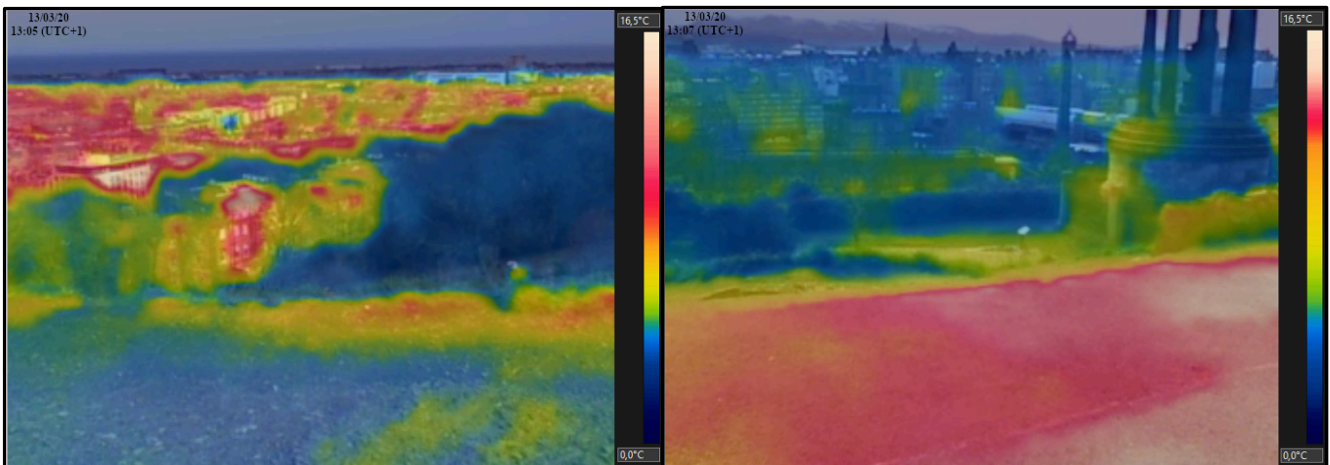


Figure 34 : Comparaison des prises de vues infrarouges du centre-ville et du Nord de la ville par temps nuageux le 13 mars 2020, avec une échelle de 0 à 16,5°C.

À gauche : Prise de vue côté centre-ville le 13/03/20 à 13h05 (UTC+1). À droite : Prise de vue côté Nord le 13/03/20 à 13h07 (UTC+1).

Source et réalisation : Chloé Richard.

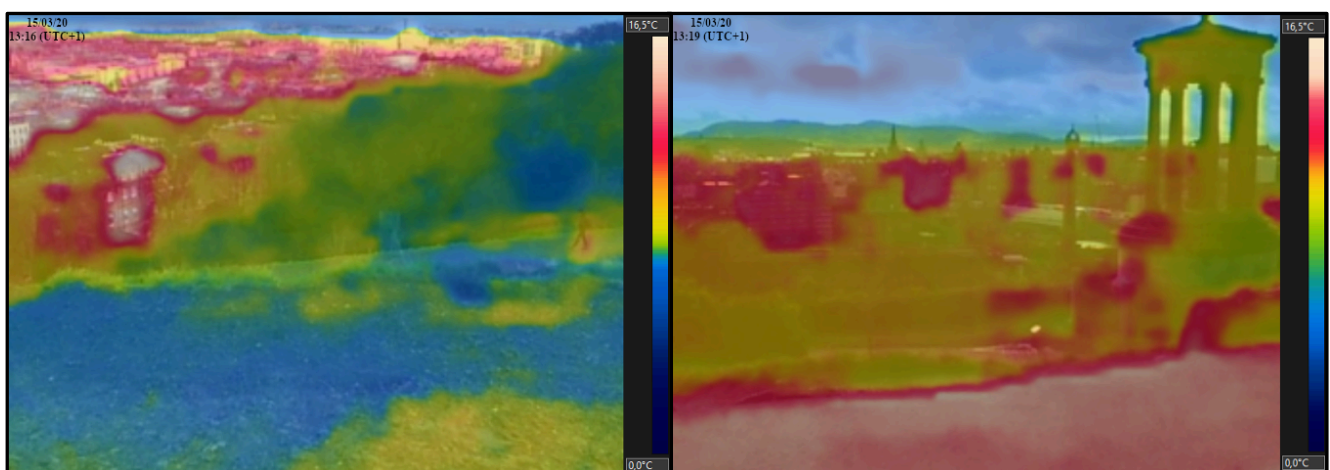


Figure 35 : Comparaison des prises de vues infrarouges du centre-ville et du Nord de la ville par temps ensoleillé le 15 mars 2020, avec une échelle de 0 à 16,5°C.

À gauche : Prise de vue côté centre-ville le 15/03/20 à 13h16 (UTC+1). À droite : Prise de vue côté Nord le 15/03/20 à 13h19 (UTC+1).

Source et réalisation : Chloé Richard.

III. Étude de l'influence de la végétation sur la température de surface d'un mur

Nous commencerons par analyser les conditions météorologiques des jours lors desquels les relevés ont été effectués à l'aide de la figure 36. Ensuite, nous effectuerons une comparaison des données jour par jour pour chaque mur, pour finir par une comparaison des deux murs entre eux.

Date	Heure	Temps	Température de l'air (°C)
14/03/20	10h30	Soleil ; quelques nuages	6,0
	11h05	Soleil ; quelques nuages	8,1
	14h	Soleil ; quelques nuages	9,8
15/03/20	13h30	Soleil ; quelques nuages	9,5
	16h	Soleil ; quelques nuages	10,2

Figure 36 : Conditions météorologiques lors des prises de vues des murs sélectionnés. Source : Météo-ciel.

Nous pouvons constater que le temps était relativement similaire pour les deux journées choisies pour cette étude. Les températures de l'air ont en revanche évolué selon l'heure des relevés, ce qui nous permet malgré tout d'obtenir des résultats selon différentes conditions météorologiques.

→ Mur 1 : longeant la route A1 avec direction Sud-Sud-Est

Une première vue d'ensemble des résultats nous permet d'observer des variations de température en fonction de l'heure de la journée. Lorsque nous étudions ces variations avec plus de précision, nous remarquons que les oscillations des températures de surface des paysages correspondent aux déplacements du Soleil. Le matin, plus nous avançons vers les heures où le Soleil est à son zénith, plus les températures associées au mur augmentent car l'exposition est plus forte. L'après-midi, nous constatons le phénomène inverse : plus nous nous éloignons de ce zénith, plus les températures relevées diminuent. En revanche, nous constatons que les températures de surface associées à la végétation fluctuent assez peu par rapport au mur. Ce dernier est l'élément du paysage qui se trouve le plus impacté par les variations de chaleur solaire. Pour illustrer cela, une comparaison des photographies infrarouges des 14 et 15 mars 2020 sera disponible en figure 37. Les températures de la prise de vue du 14 mars 2020 ont pu être réduites davantage en raison du peu d'ensoleillement enregistré à ce moment de la journée, ainsi qu'à la présence de pluie peu avant.

La prise de vue du 15 mars était en revanche précédée d'un grand ensoleillement, sans pluie, ce qui a pu renforcer la chaleur émise par le Soleil. Il est donc possible que les différences observées soient accentuées.

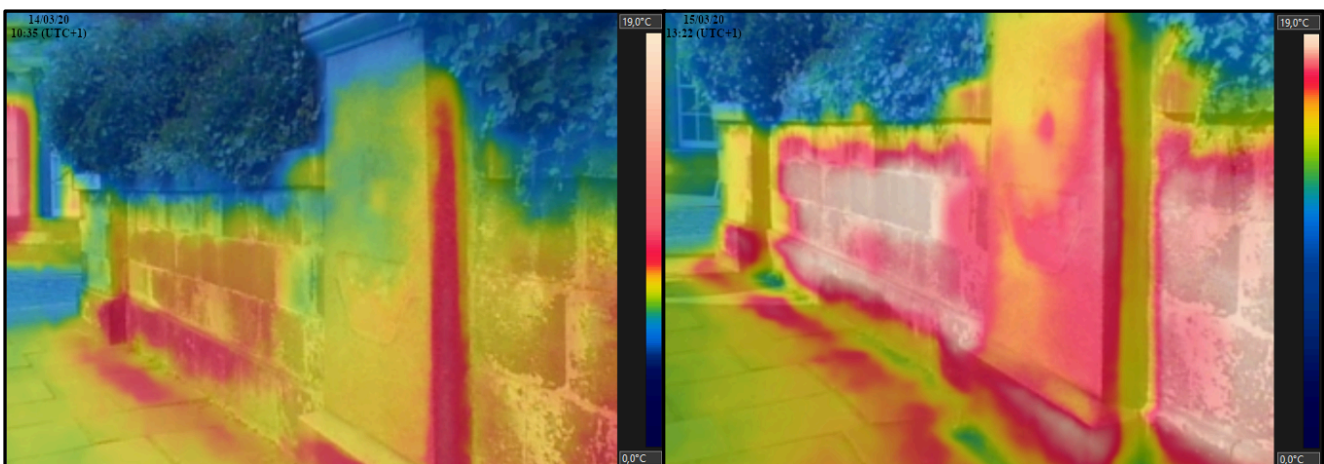


Figure 37 : Comparaison des prises de vues infrarouges du mur situé sur la route A1 les 14 et 15 mars 2020, avec une échelle de 0 à 19°C. À gauche : Prise de vue du 14/03/20 à 10h35 (UTC+1) à l'ombre. À droite : Prise de vue du 15/03/20 à 13h22 (UTC+1) à exposition directe. Source et réalisation : Chloé Richard.



Ces photographies infrarouges nous permettent de voir la température de surface du mur, d'une part lors d'un temps ensoleillé et frais, d'autre part lors d'un temps ensoleillé avec une belle exposition au Soleil. Nous pouvons voir que la température du mur a considérablement augmenté avec le réchauffement dû au Soleil. La végétation a en revanche assez peu varié.

→ Mur 2 : longeant *Calton Hill Road* avec direction Sud-Ouest

Ici encore, une première vue d'ensemble des résultats nous permet d'observer des variations de température en fonction de l'heure de la journée. Une étude plus précise de ces variations nous permet de mettre en évidence des résultats similaires à ceux observés précédemment. En effet, nous constatons que les températures de surface du paysage augmentent lorsque le Soleil est proche de son zénith et qu'elles diminuent quand il s'en éloigne. Contrairement à la situation présentée ci-dessus en revanche, la végétation semble plus affectée par la chaleur du Soleil, et ce malgré le manque d'exposition directe. Le mur reste malgré tout l'élément le plus affecté par le Soleil. Pour illustrer cela, une comparaison des photographies infrarouges des 14 et 15 mars 2020 est disponible en figure 38.

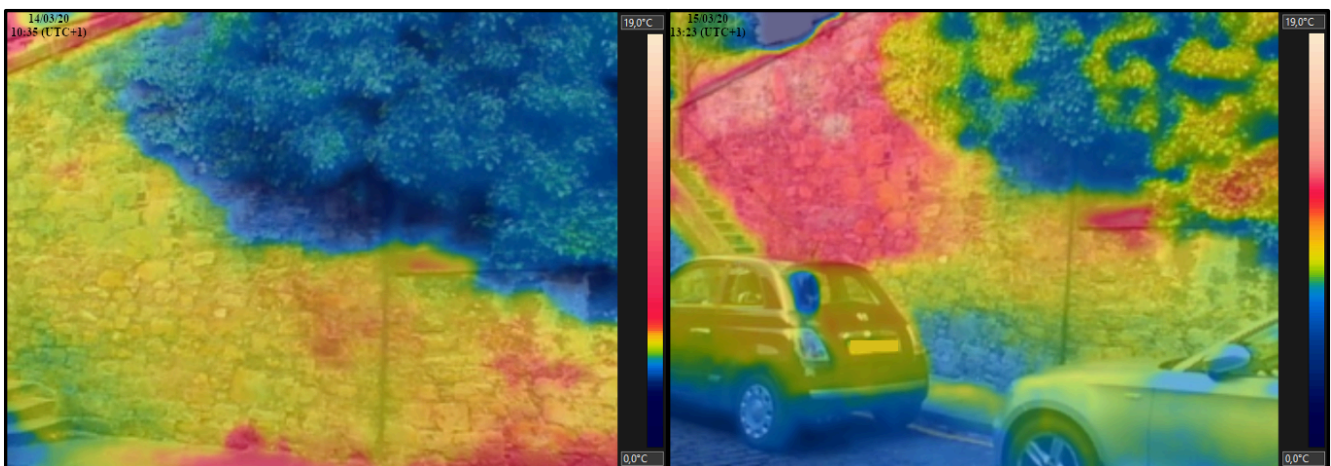


Figure 38 : Comparaison des prises de vues infrarouges du mur situé sur *Calton Hill Road* les 14 et 15 mars 2020, avec une échelle de 0 à 19°C.

À gauche : Prise de vue du 14/03/20 à 10h35 (UTC+1) à l'ombre.

À droite : Prise de vue du 15/03/20 à 13h23 (UTC+1) à exposition directe.

Source et réalisation : Chloé Richard.

Ces photographies infrarouges nous permettent de voir la température de surface du mur dans deux situations : l'une à l'ombre, l'autre en exposition directe au Soleil. Encore une fois, nous constatons les effets du Soleil sur le mur. Nous pouvons voir une nette augmentation de sa température lorsqu'il est exposé directement. Nous remarquons également une augmentation de la température de surface des buissons, bien qu'elle soit plus faible que celle du mur. Nous pouvons émettre les mêmes réserves qu'évoquées ci-dessus, les relevés ayant été faits aux mêmes moments. Les différences de température observées sont possiblement accentuées par la météo des heures précédant les relevés.

→ Comparaison entre les murs 1 et 2

Nous pouvons ensuite comparer les résultats obtenus pour chaque mur. Cela nous permet de remarquer que les fluctuations de températures de surface des murs sont similaires. Les températures relevées sur le mur situé le long de la route A1 sont en revanche légèrement plus élevées que pour l'autre mur. Nous pouvons supposer que les différences d'orientation et d'exposition au Soleil en sont la cause. Il est cependant à noter que les relevés du 14 mars 2020 ont pu être impactés par le manque de soleil et la pluie qui ont précédé les relevés, bien qu'ils aient été faits par temps ensoleillé. Les figures 39 et 40 illustrent cette hypothèse.

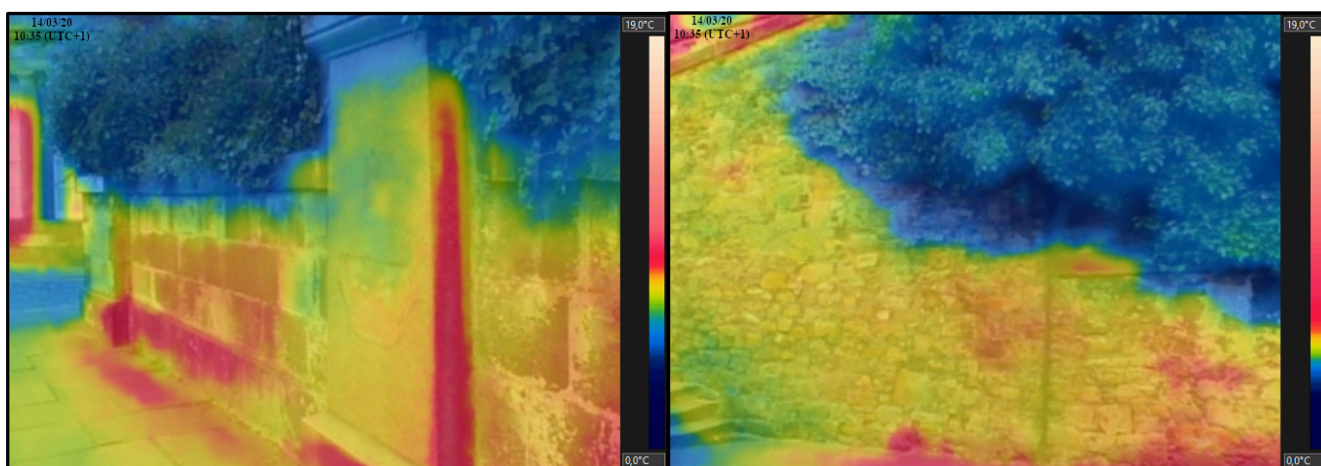


Figure 39 : Comparaison des prises de vues infrarouges des deux murs sélectionnés par temps ensoleillé le 14 mars 2020, avec une échelle de 0 à 19°C.

À gauche : Prise de vue du mur situé sur la route A1 le 14/03/20 à 10h35 (UTC+1).

À droite : Prise de vue côté du mur situé sur Calton Hill Road le 14/03/20 à 10h35 (UTC+1).

Source et réalisation : Chloé Richard.

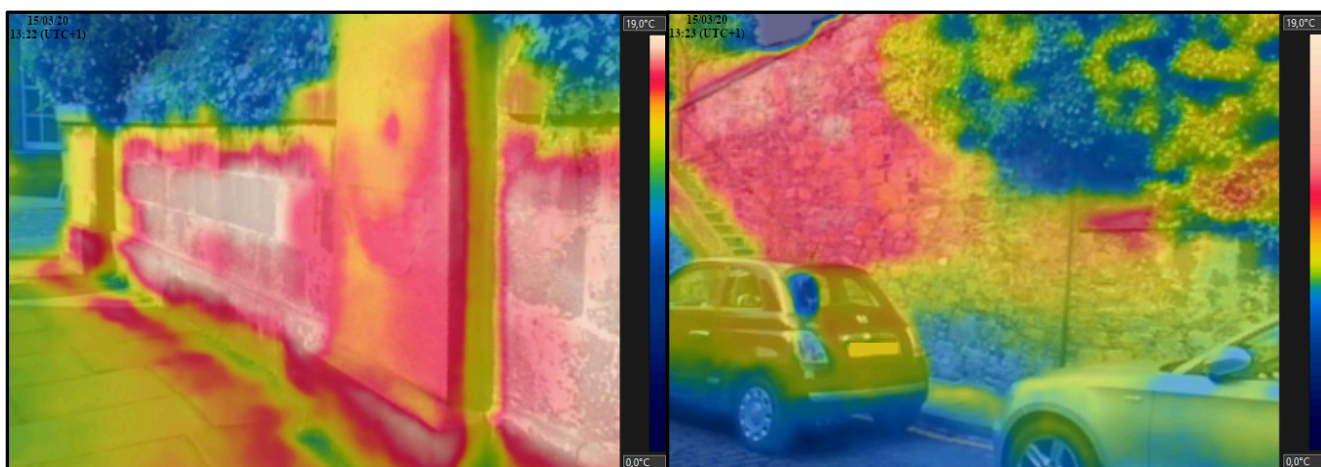


Figure 40 : Comparaison des prises de vues infrarouges des deux murs sélectionnés par temps ensoleillé le 15 mars 2020, avec une échelle de 0 à 19°C.

À gauche : Prise de vue du mur situé sur la route A1 le 15/03/20 à 13h22 (UTC+1).

À droite : Prise de vue côté du mur situé sur Calton Hill Road le 15/03/20 à 13h23 (UTC+1).

Source et réalisation : Chloé Richard.



IV. Étude du profil d'un « parc idéal » au sein d'une ville

Il a été prouvé que le feuillage des arbres et buissons pouvait rafraîchir le paysage. Nous pouvons ainsi nous poser la question de savoir si cet effet pouvait se retrouver en hiver ou non, la plupart des espèces végétales courantes n'ayant pas de feuillage à cette époque de l'année. Nos recherches de terrain nous ont permis de répondre à cette question. Nous avons en effet pu constater qu'une grande partie des zones fraîches des espaces verts en ville étaient dues à l'ombre des arbres, buissons et autres éléments du paysage.

Le premier exemple que nous pouvons donner a été observé dans l'espace vert *Deaconess*, le 12 mars 2020 à 11h43 (UTC+1). Le temps était ensoleillé mais frais (moyenne de 4,4°C avec un vent à -1,1°C). Cet espace vert s'apparente à un point de verdure dans un quartier à la fois résidentiel et commerçant. Il est recouvert d'herbe, avec quelques arbres pour délimiter l'espace. Nous notons également la présence d'un parterre de buissons. Nous pouvons voir sur la figure 41 que les arbres et les buissons sont plus frais que le reste du paysage, et notamment de l'herbe qui semble beaucoup renvoyer la chaleur subie. L'un des points les plus frais de cette prise de vue est l'ombre induite par les buissons, ce qui accentue cet effet rafraîchissant observé. Nous remarquons également que l'herbe, quand soumise à une exposition directe du Soleil, devient très facilement l'un des éléments végétaux les plus chauds d'un espace vert. Il est malgré tout possible que les températures aient pu être atténuées par la pluie qui était présente les 2h précédant le relevé des données. Cela nous confirme donc que le fait d'avoir de simples étendues d'herbe n'est pas suffisant pour combattre l'effet d'ICU.

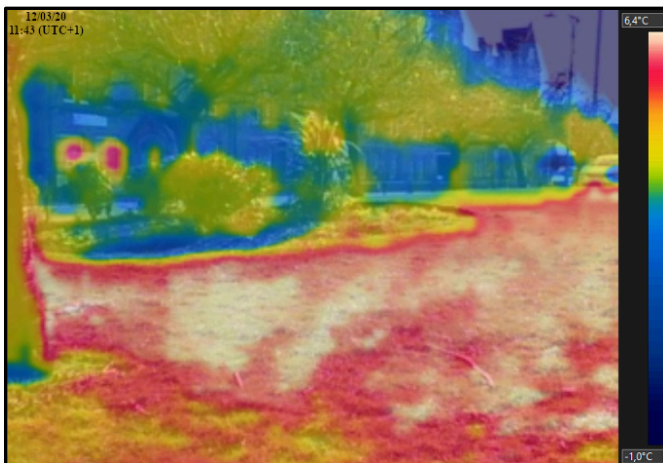


Figure 41 : Relevé de la température de surface de l'espace vert *Deaconess*, incluant arbres, herbe et parterre de buissons, le 12 mars 2020 à 11h43 (UTC+1) par temps ensoleillé.

Source et réalisation : Chloé Richard.

Nous pouvons également tirer ces conclusions grâce aux relevés faits dans le parc *King George V*, le 13 mars 2020 à 10h43 (UTC+1). Le temps était très ensoleillé et frais (moyenne de 4,4°C avec un vent à 1,0°C). Ce parc correspond à un point de verdure et de rencontre au sein d'un quartier résidentiel. Nous y trouvons des étendues d'herbe, des chemins bétonnés ou en terre, des arbres et des jeux pour enfants. Comme le montre la figure 42, nous pouvons très facilement faire la distinction entre les zones directement exposées au Soleil et les zones d'ombre procurées par les arbres grâce aux températures de surface enregistrées.



Figure 42 : Relevé de la température de surface du parc *King George V*, incluant arbres, herbe, chemins et jeux, le 13 mars 2020 à 10h43 (UTC+1) par temps ensoleillé.

Source et réalisation : Chloé Richard.

D'autres prises de vues nous ont montré que les ombres jouaient un rôle important dans notre quête du rafraîchissement de la ville. Nous pouvons prendre l'exemple du parc de *Princes Street*, situé sur le côté Nord du château d'Édimbourg. Ce château est placé sur une grande butte, projetant ainsi son ombre sur une fraction de la ville et notamment sur ce parc. Nos relevés du parc de *Princes Street* datent du 13 mars 2020 à 12h12 (UTC+1), par un temps ensoleillé (moyenne de 5,5°C avec un vent à 1,4°C). Ce parc consiste en des étendues d'herbe parcourues de chemins bétonnés et bordées d'arbres. La figure 43 montre que l'association de l'ombre du château et de la végétation présente sur la pierre apporte beaucoup de fraîcheur au parc, contrairement aux zones directement exposées au Soleil.

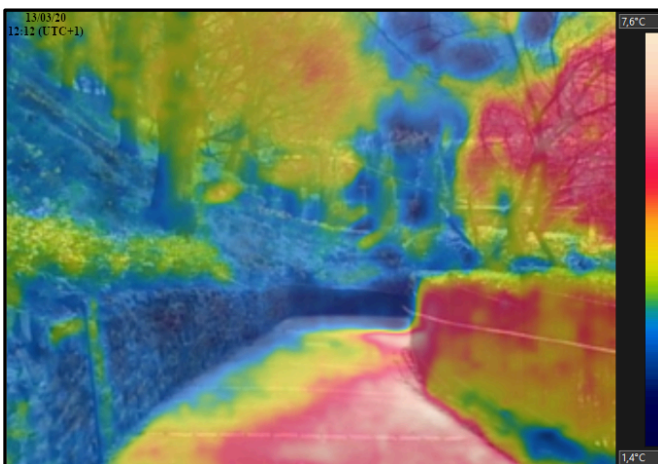


Figure 43 : Relevé de la température de surface du parc de *Princes Street*, incluant arbres, herbe et chemins, le 13 mars 2020 à 12h12 (UTC+1) par temps ensoleillé.

Source et réalisation : Chloé Richard.



Nous prendrons un dernier exemple illustrant le pouvoir rafraichissant de l'ombre, ici induite par les arbres. Des relevés ont été effectués au parc *The Meadows* le 12 mars 2020 à 12h (UTC+1). Ici encore, le temps était ensoleillé (moyenne de 5,8°C avec un vent à 0,6°C), mais la pluie présente sur les 2h précédant le relevé de données a pu rafraichir davantage le paysage. Cet espace vert comprend de très grandes étendues d'herbe, quelques arbres et chemins bétonnés, et dispositifs sportifs. Nous pouvons voir sur la figure 44 que l'ombre au pied des arbres empêche l'herbe de chauffer comme elle le fait en plein Soleil.

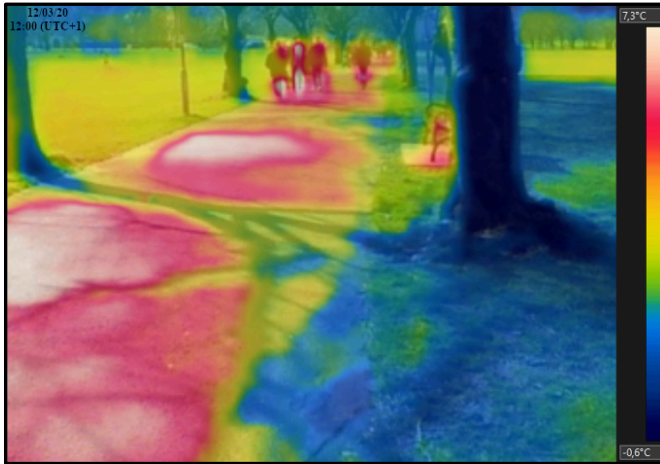


Figure 44 : Relevé de la température de surface du parc de *The Meadows*, incluant arbres, herbe, chemins et dispositifs sportifs, le 12 mars 2020 à 12h (UTC+1) par temps ensoleillé. Source et réalisation : Chloé Richard.

Notre visite à *Lochend Park* nous a fait découvrir un élément intéressant : la présence d'un point d'eau accentue grandement le rafraichissement du paysage. Nous nous y sommes rendus le 11 mars 2020 à 14h17 (UTC+1). Le temps y était nuageux, avec une température de 8,5°C et un vent à 3,8°C. Ce parc est placé dans un quartier résidentiel. Il s'articule autour d'un lac, incluant également des étendues d'herbe, des arbres, buissons et chemins de terre ou bétonnés. Nous remarquons que la biodiversité y est particulièrement développée, notamment grâce à la présence du lac. La figure 45 nous permet de voir que les températures les plus faibles correspondent au lac, dont la fraîcheur dépasse même celle de l'ombre des arbres et buissons.

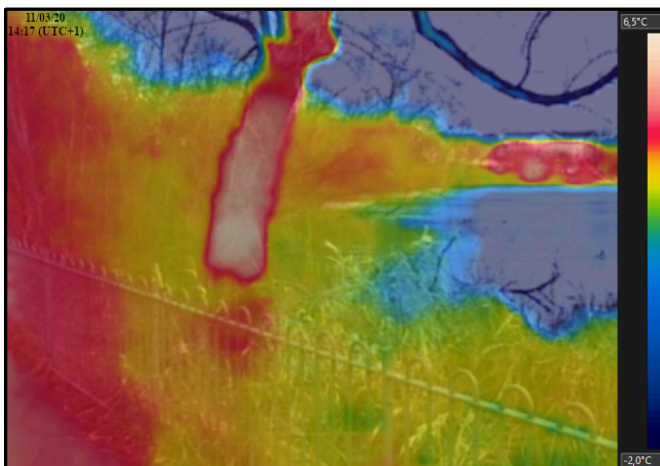


Figure 45 : Relevé de la température de surface à *Lochend Park*, incluant arbres, herbe, chemins et un lac, le 11 mars 2020 à 14h17 (UTC+1) par temps nuageux. Source et réalisation : Chloé Richard.

Nous avons également pu faire cette observation lors de notre visite du *Royal Botanic Gardens*, le 13 mars 2020 à 11h08 (UTC+1). Cette fois-ci, le temps était ensoleillé, avec une température de 5,9°C et un vent de 2,8°C. La figure 46 nous montre plusieurs éléments intéressants. Nous pouvons tout d'abord voir que le point d'eau fait partie des points les plus frais du paysage. En comparaison, nous pouvons voir que le petit pont de pierres paraît extrêmement chaud, ce qui s'explique par l'exposition directe au Soleil.

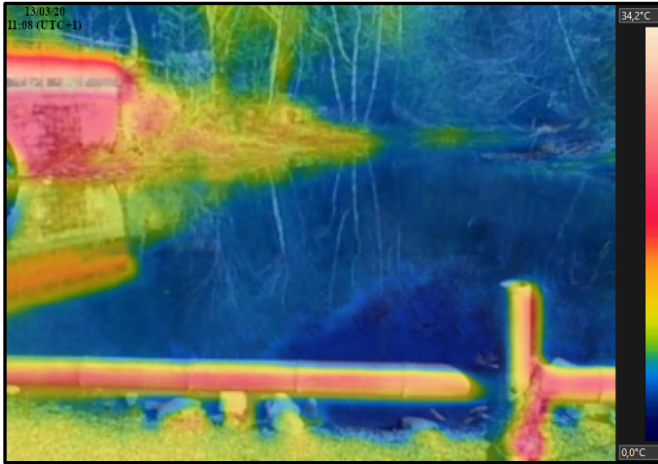


Figure 46 : Relevé de la température de surface au *Royal Botanic Gardens*, incluant arbres, herbe, chemins, points d'eau et parterres de fleurs et de buissons, le 13 mars 2020 à 11h00 (UTC+1) par temps ensoleillé.
Source et réalisation : Chloé Richard.

Les espaces verts proposant des jeux et dispositifs sportifs sont assez fréquents. Il pouvait donc être utile de s'intéresser à l'apport thermique de ces éléments. Les relevés effectués à *The Meadows* sont particulièrement explicites à ce sujet. Nous nous y sommes rendus une nouvelle fois le 14 mars 2020 à 11h40 (UTC+1), lors d'un temps ensoleillé (moyenne de 8,1°C avec un vent à 6,1°C). La figure 47 nous montre que les dispositifs sportifs, ici des cours de tennis, reflètent particulièrement la chaleur apportée par le Soleil. Nous constatons également que l'herbe ne rafraîchit que très peu ce cadre.

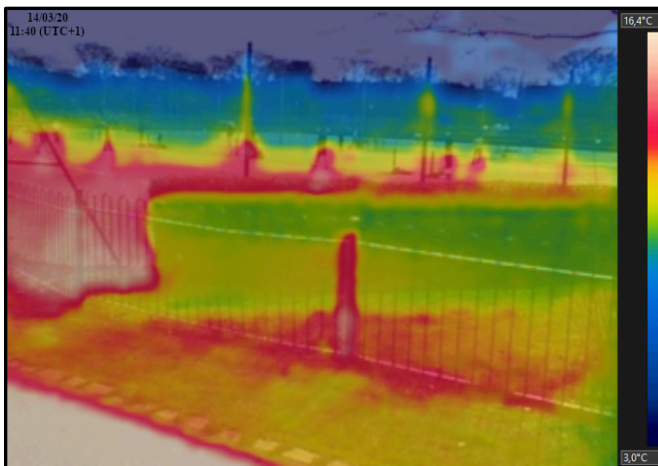


Figure 47 : Relevé de la température de surface du parc de *The Meadows*, incluant arbres, herbe, chemins et dispositifs sportifs, le 14 mars 2020 à 11h40 (UTC+1) par temps ensoleillé.
Source et réalisation : Chloé Richard.

Il est également assez courant de trouver des arrangements végétaux au sol, tel que de la terre retournée, recouverte de copeaux de bois et d'écorces ou non. Ces éléments sont destinés à isoler la terre pour l'empêcher de se dessécher ou de trop refroidir, et ainsi prévenir la pousse de mauvaises herbes. Cela promet donc un entretien moindre. Une prise de vue a été prise au *Royal Botanic Gardens*, comme le montre la figure 48. Nous notons une grande différence de température de surface entre le chemin à l'ombre (en bleu), le chemin au Soleil (en jaune), et la terre recouverte d'écorces (en rouge). Cet arrangement réfléchit beaucoup la chaleur due à l'exposition du Soleil. L'action isolante alliée à l'état mort des copeaux et écorces empêche l'eau naturellement présente dans la terre de s'évaporer, ou encore les réactions de transpirations et d'évapotranspiration des végétaux de rafraîchir le sol en évacuant la chaleur stockée. Ce phénomène est ici accentué par l'absence de précipitation avant la prise de vue, ainsi que l'ensoleillement prolongé (1h18 sur les 3h précédentes) de cette matinée du 13 mars 2020.

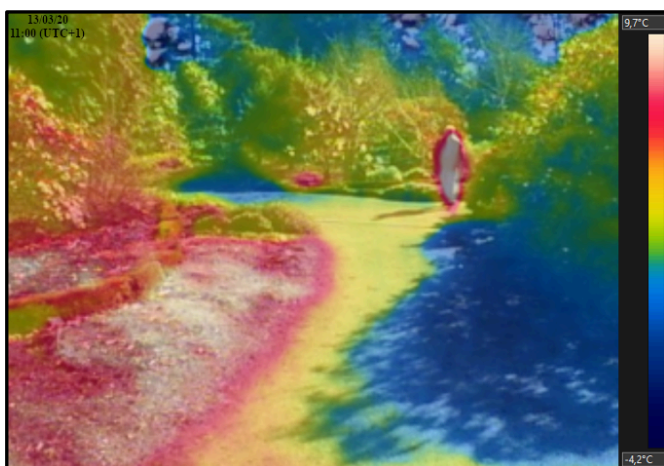


Figure 48 : Relevé de la température de surface au *Royal Botanic Gardens*, incluant arbres, herbe, chemins, points d'eau et parterres de fleurs et de buissons, le 13 mars 2020 à 11h08 (UTC+1) par temps ensoleillé.
 Source et réalisation : Chloé Richard.

Les arrangements floraux ne semblent pas très courants. Pourtant, nous avons eu l'occasion d'observer que ces derniers pouvaient être très bénéfiques pour le paysage. Nous avons étudié les parterres de jonquilles présents dans *London Road Park*, lors de nos visites des 11 et 15 mars 2020. Les temps étaient respectivement les suivants : un temps ensoleillé avec une moyenne de 8,0°C et un vent de 3,8°C, et un temps également ensoleillé avec une moyenne de 9,5°C et un vent de 5,5°C. Ce parc est placé en pente et est fait d'herbe et d'arbres, de parterres de fleurs et de chemins de terre et de béton. Les prises de vues disponibles en figure 49 nous montrent que les zones fleuries sont bien plus fraîches que le reste du paysage, qu'elles se trouvent à l'ombre ou non. Cela peut être dû à la consommation des fleurs en énergie, et donc en chaleur solaire. Nous avons vu précédemment que le feuillage des arbres et buissons étaient plus rafraîchissants, nous pouvons ainsi supposer que les fleurs ont le même métabolisme que le feuillage.

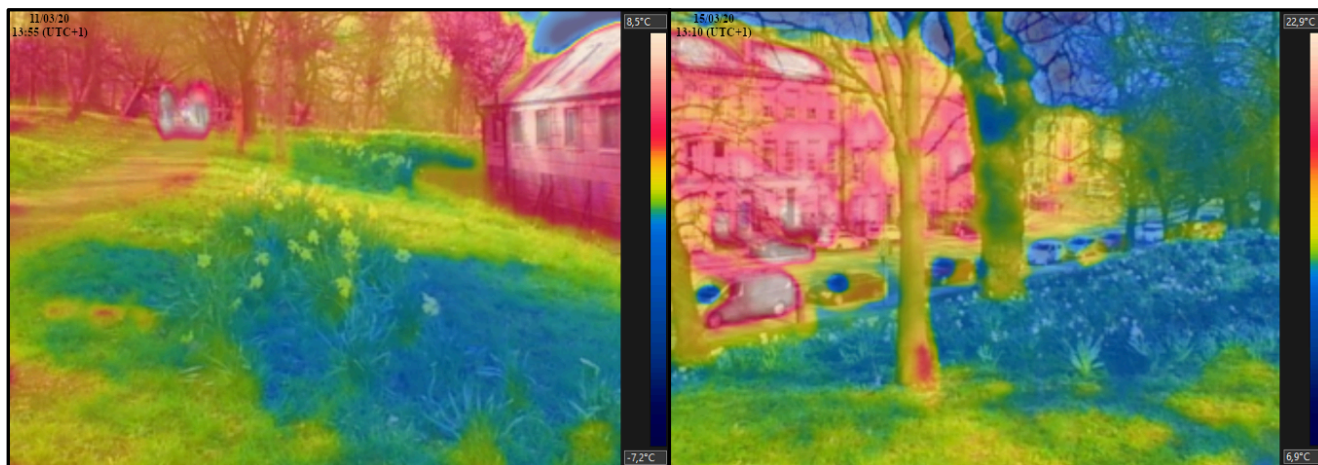


Figure 49 : Relevés de la température de surface à *London Road Park*, incluant herbe, arbres, chemins et parterres de fleurs, les 11 et 15 mars 2020.

À gauche : Relevé du 11/03/20 à 13h55 (UTC+1). À droite : Relevé du 15/03/20 à 13h10 (UTC+1).
 Source et réalisation : Chloé Richard.

Pour finir, nous avons étudié le comportement thermique de la roche, et plus particulièrement des escarpements rocheux que l'on peut régulièrement trouver au sein de villes vallonnées comme Édimbourg. L'endroit idéal pour ces observations est Calton Hill, ce point de vue de la ville étant placé sur une colline rocheuse toute en verdure. Un relevé particulièrement intéressant a été fait le 15 mars 2020 à 16h23 (UTC+1), lors d'un temps nuageux (moyenne de 10,2°C avec un vent à 6,9°C). Cet espace vert regroupe des étendues d'herbe, des chemins de terre et bétonnés, quelques arbres et des constructions (murets, bâtisses). Nous avons pu y observer de nombreuses choses, comme l'effet rafraichissant des haies et murs végétalisés comparés à la pierre nue, ou encore que la présence d'ombre sur le sol bétonné limite l'accumulation de chaleur à ces endroits. Mais nous avons également observé des petits pics de chaleur au niveau des escarpements rocheux, comme le montre la figure 50. Bien que l'élément ne soit pas très chaud en lui-même, il se démarque très nettement du reste du paysage.

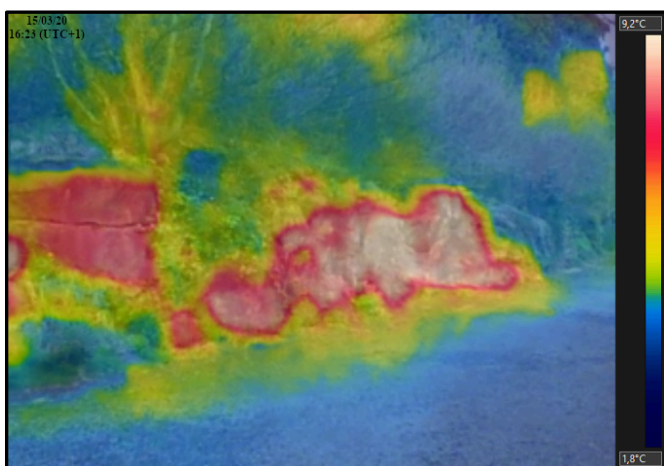


Figure 50 : Relevé de la température de surface à *Calton Hill*, incluant arbres, herbe, chemins et constructions, le 15 mars 2020 à 16h23 (UTC+1) par temps nuageux. Source et réalisation : Chloé Richard.

Cette étude nous a permis de déterminer les éléments qui pouvaient constituer un espace vert idéal. Nous rappelons que nous entendons ici une zone végétalisée qui optimise son effet anti- ICU. Nous avons ainsi analysé les températures de surface de différents éléments naturels des paysages sélectionnés. Cela nous a permis de distinguer ces éléments en deux catégories. D'une part, nous avons les éléments participant au réchauffement du paysage. Et d'autre part, nous avons les éléments induisant un rafraichissement ou n'ayant pas d'effet particulier, contribuant donc à notre lutte contre les émissions de chaleur en ville. Les résultats obtenus sont répertoriés en figure 51.

Élément	Réchauffement	Effet nul ou rafraichissant
<i>Goudron, béton</i>	X	
<i>Pierre à nue (muret, bâtiment)</i>	X	
<i>Escarpement rocheux</i>	X	
<i>Terre recouverte d'écorces</i>	X	
<i>Chemin de terre, de sable</i>		X
<i>Herbe</i>		X
<i>Point d'eau</i>		X
<i>Arbre</i>	Tronc nu	Ombre et feuillage
<i>Buisson</i>		X
<i>Parterre de fleurs</i>		X

Figure 51 : Influence thermique des éléments naturels sur le paysage urbain.



Nous constatons sans surprise que les éléments se rapprochant des matériaux utilisés pour l'urbanisation d'un espace participent au réchauffement du lieu en question. En effet, le goudron, le béton, la pierre et la roche ont la capacité de capter la chaleur émise par les rayonnements solaires et de les stocker ou de les refléter, augmentant ainsi leur température de surface. Nous retrouvons également souvent des parterres complètement ou partiellement recouverts de terre et d'écorces : cette disposition est génératrice de chaleur de par son absence de vie et son action isolante. Il est donc préférable de limiter ces arrangements pour privilégier l'herbe, dont l'effet rafraichissant est certes limité mais présent malgré tout. Le goudron n'étant pas recommandé, il est préférable de faire des chemins en terre ou en sable, dont l'influence est neutre. Il est cependant important de noter que les pluies récentes ont pu affecter les températures de surface des chemins, puisqu'un sol mouillé est plus frais grâce à l'évaporation qui y prend place. Nous pouvons ensuite constater que plusieurs éléments naturels sont bénéfiques pour le topoclimat du lieu étudié. Les points d'eau sont sans doute les éléments les plus rafraichissants, car leur composition ne permet pas à la chaleur du Soleil de se stocker ou se refléter comme elle le fait sur les matériaux cités précédemment. En revanche, il faut penser leur intégration dans l'espace vert avec soin.

La présence d'un lac ou d'un étang favorise grandement le développement de la biodiversité, mais cette dernière peut se retrouver en danger à cause de la pollution apportée par l'Homme. Il serait donc recommandé de limiter l'accès aux points d'eau, afin d'éviter que l'eau et les alentours ne soient contaminés par les déchets laissés à l'abandon en dehors des poubelles originellement prévues à cet effet. Du côté végétal, nous retrouvons les arbres, buissons et parterres de fleurs. Les troncs d'arbres participent parfois au réchauffement du lieu, de la même manière que les écorces disposées sur la terre. En revanche, l'ombre apportée par le tronc et le feuillage est essentiel pour limiter les rayonnements solaires sur le sol. Le feuillage, tout comme celui des buissons et des fleurs, contribue également beaucoup grâce à la transpiration et la photosynthèse.



V. Discussion

Nous avons considéré la logique de répartition des parcs de la ville et les variables qui y interviennent. Nous avons démontré que **cette distribution était relativement équitable** si l'on s'intéresse uniquement à une vision globale, et qu'elle se fait plus dense dans le centre-ville que dans les banlieues. Nous avons en partie éliminé l'hypothèse des parcs rattachés aux monuments de la ville. En revanche, celle concernant leur accessibilité via le réseau routier se trouve plus plausible mais apporte trop peu d'informations clés pour être considérée comme pertinente. Les données et informations à notre disposition ne sont pas assez pertinentes pour permettre d'en tirer des conclusions fiables. Il est probable que **la logique de répartition des espaces verts de la ville soit guidée par son histoire et son héritage royal**, comme nous le présumions. L'histoire royale du pays tient une place très importante dans la culture écossaise, et plus largement dans la culture britannique. Ainsi, nous pouvons supposer que la ville s'est naturellement développée autour des monuments et parcs royaux au fil des siècles, ce qui expliquerait également la concentration des espaces verts dans le centre de la ville.

L'étude de l'influence des conditions météorologiques sur la température globale de la ville nous a permis de déterminer que l'**exposition au Soleil** joue beaucoup sur les variations de température de surface d'une ville. Nous observons ainsi de grandes différences entre la partie Nord et la partie Sud d'Édimbourg, cette dernière zone étant sujette à l'ombre de *Arthur's Seat*. En effet, l'exposition directe du Soleil augmente beaucoup les températures de surface d'un paysage urbain mais relativement peu celles de la végétation. Ainsi, plus cette dernière est présente, moins les températures de la ville seront sujettes au réchauffement excessif qu'induisent les rayonnements solaires.

L'étude de l'influence de la végétation sur la température de surface d'un mur nous aura permis de confirmer les hypothèses avancées précédemment, à savoir que les rayonnements solaires sont bien le principal facteur influant sur la température de surface d'un mur. Encore une fois, la végétation se trouve assez peu affectée par ces changements puisqu'elle a la capacité de **réguler la chaleur naturellement**.

Pour finir, la dernière étude nous a permis d'établir un profil de l'espace vert idéal d'un point de vue environnemental. Il serait composé d'étendues d'herbe avec des chemins en terre ou en sable. Il comprendrait des arbres et buissons autour des éventuels dispositifs sportifs et jeux mais également bordant ses limites avec la ville. Pour finir, un point d'eau plus ou moins grand serait présent, avec des barrières pour le protéger du passage de l'Homme.

Les résultats obtenus lors de nos études sont à considérer à titre indicatif. En effet, nous avons pu remarquer que la météo de la ville pouvait changer très rapidement et passer d'un extrême à un autre. Ainsi, les données relevées ne sont pas toujours les plus représentatives des temps pour les moments en question.





Chapitre 8 : Perspectives

Bien que la nature présente en ville soit très utile et efficace pour réduire l'ICU, elle possède bien d'autres **bienfaits** tout aussi utiles pour améliorer la qualité de vie urbaine. Ces autres actions ont également une grande importance dans le quotidien de la population, aussi il est nécessaire de les mettre en valeur au même titre que la réduction de l'ICU¹⁰ pour un quotidien de qualité. Qu'il s'agisse de la protection de la biodiversité ou bien du bien-être de la population, chaque aspect de la vie urbaine est affecté. Toutes les nations se mobilisent désormais pour promouvoir la nature en ville, sous toutes ses formes.

I. Protection de la biodiversité à Édimbourg

Édimbourg est un lieu rempli d'écosystèmes et de paysages variés qu'il faut préserver. La biodiversité qui y est présente n'est pas moins affectée par l'anthropisation qu'ailleurs, sa protection est donc tout aussi nécessaire. La capitale écossaise n'est pas épargnée par le changement climatique et autres altérations urbaines. Un **plan d'action** concentré sur la biodiversité a été mis en place en 2019 et doit prendre fin en 2021 (edinburgh.gov.uk) (consult.gov.scot).

Il s'agit de la continuité des actions menées à bien jusqu'à présent en partenariat avec des associations, entreprises et la population. Le but de ces mises en place est de **préserver la biodiversité de la ville** et des campagnes avoisinantes. Le grand objectif de ce plan d'action est de faire d'Édimbourg une ville plus verte avec une biodiversité plus large et promouvant les interactions avec la nature d'ici 2050. Cela passe par une **sensibilisation de la population et des touristes** à l'importance de la nature et de la biodiversité et aux manières de les protéger. Il s'agit également de la promotion de nouveaux projets innovants sur la réduction des déchets et des émissions de gaz, du fleurissement des espaces urbains, du nettoyage des zones saccagées par l'Homme ou encore de la mise en place de plus de pistes cyclables. Le principe de la trame verte et bleue est évoqué comme un bon moyen de prodiguer habitat et **sécurité** aux espèces animales et végétales qui pourraient être mises en danger par la présence humaine. La protection de la biodiversité géologique, ou « géodiversité », est également un sujet abordé par le plan d'action écossais, puisqu'il est prouvé comme étant un pilier de la biodiversité. La géodiversité fait référence aux sols, fossiles, roches, minéraux et sédiments. Une charte a été publiée, reconnaissant son importance et la déclarant protégée au même titre que la biodiversité. Les actions prévues sont divisées en 4 catégories : faire de la sensibilisation auprès de la population, encourager la participation des partenaires, promouvoir la communication et la coordination de la ville et de ses partenaires et inciter de nouveaux projets. Ces catégories sont elles-mêmes divisées en sous-catégories qui permettent de détailler davantage les paliers et objectifs prévus. Au total, nous recensons 173 actions, réparties sur 2 ans, et visant à atteindre leur **objectif de 2050**.

¹⁰ Îlot de chaleur urbain



II. Bienfaits de la nature pour l'Homme

Parmi les innombrables bienfaits de la nature, nous pouvons également parler de ses effets sur la santé humaine. Souvent décrite comme ayant de véritables « *vertus thérapeutiques par sa simple présence* », la végétation est de plus en plus recherchée au sein des villes. De nombreuses études ont été menées dans le but de déterminer avec précision l'ensemble des bénéfices que le contact direct avec la nature au quotidien pouvait avoir sur l'Homme. Les principaux résultats sont concentrés autour des thématiques suivantes : le stress, la forme physique, la santé du corps et la santé de l'esprit. Les différents liens entre la nature et ces thématiques sont représentés par la figure 52.

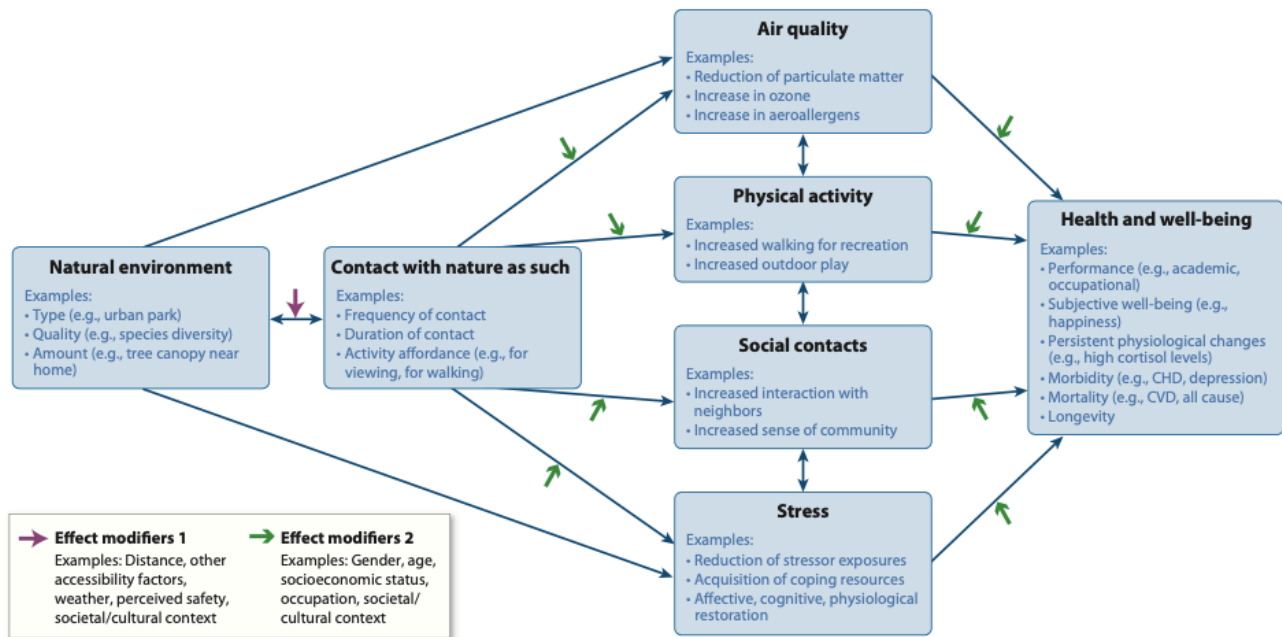


Figure 52 : Bilan schématisé des différentes interactions entre la nature et la santé au sein d'une large population. Abréviations : CHD *Coronary Heart Disease* ; CVC *Cardiovascular disease*. Source : De Vries S., et al., (2014).

Nous notons que certains processus sont le fruit d'un contact direct entre la nature et l'Homme, tandis que la qualité de l'air et le stress résultent de conséquences indirectes. Cela nous indique que la nature peut avoir un effet sur la santé sans qu'il n'y ait nécessairement un contact direct avec l'Homme. Les liens entre chaque phénomène peuvent varier en fonction des critères caractérisant la population et la ville en question.

Tout d'abord, il a été mis en lumière que la présence d'espaces verts près de son lieu de vie réduit le stress et l'obésité. Ceci peut être expliqué par l'offre d'un **meilleur cadre de vie**. Une étude a démontré que 7 Français sur 10 choisissaient leur lieu de vie en fonction des espaces verts de proximité. De plus, nous remarquons que trois quarts des Français fréquentent régulièrement les espaces verts de leur quartier. Les espaces verts sont également reconnus pour inciter la population à se sociabiliser car ils représentent des lieux de détente et de loisirs. Ils offrent également l'opportunité de pratiquer une activité physique sportive régulière. Cette dernière favorise la sécrétion d'endorphine par le corps, hormone combattant le stress et déclenchant une sensation de bonheur. La vie en ville peut être éprouvante pour l'Homme, car la chaleur urbaine induit davantage de stress. L'effet rafraichissant de la végétation peut pallier ce problème. Si un espace vert n'est pas à proximité de son domicile, il existe d'autres pratiques qui peuvent aider à se ressourcer.

Les bains de forêt deviennent de plus en plus populaires pour cette raison. Faire une balade en forêt en y engageant tous ses sens pourrait être aussi bénéfique qu'une séance de méditation (Dinardo K., 2020). Cela permet de se connecter à la nature et d'en tirer le plus de bienfaits possibles, traitant ainsi corps et esprit. L'énergie positive des arbres, par exemple, est très bonne pour s'apaiser. Cette pratique est très répandue au Japon, où elle est désignée par le terme *Shinrin-yoku* qui signifie littéralement bain de forêt. La sylvothérapie (le traitement par les arbres), rejoint une philosophie de vie norvégienne, appelée *Friluftsliv* et signifiant la vie au grand air.

Nous avons évoqué ci-dessus l'action anti-stress de la nature. Celle-ci peut également aider à la réduction des troubles de l'attention en effectuant une réduction du bruit. Mais son action principale sur l'esprit est celle aidant à **combattre la dépression**. Une étude de 2016 a été menée en Corée du Sud (Kim H-J., 2017). Elle a tout d'abord permis de démontrer un lien entre la hausse du taux de dépressions et comportements suicidaires chez les adultes et l'absence d'espaces verts. L'étude montre que les quartiers de Séoul dépourvus d'espaces verts comportent en moyenne de 13% à 25% de cas de dépression en plus par rapport aux quartiers comptant de grands et beaux espaces verts. Concernant les cas de suicides, nous recensons 18% à 25% de différence pour ces mêmes quartiers. L'étude permet également de constater que ces risques concernant la santé mentale sont plus réduits lorsque les adultes en question pratiquent une activité physique régulière, en opposition à ceux qui n'en pratiquent pas du tout. Le mode de fonctionnement est incertain, mais la présence de la végétation a bien un effet apaisant sur l'Homme : elle aide à réduire le stress, l'anxiété et aide à restaurer la santé mentale et à améliorer l'humeur. Les effets contre la dépression semblent être immédiats et restent sur le long terme.

Pour finir, la nature a également prouvé avoir des effets positifs sur la santé physique, notamment en cas de **maladies chroniques** ou de **convalescences**. Nous pouvons tout d'abord noter que les personnes vivant près d'espaces verts déclarent moins de problèmes de santé que le reste de la population. Il a été prouvé que la proximité avec la nature joue un rôle dans la réduction des maladies cardio-vasculaires et des troubles respiratoires. Le fait que la végétation aide à réduire certains facteurs problématiques tels que la pollution atmosphérique ou autres facteurs environnementaux peut également aider à réduire le taux de maladies chroniques qui en sont issues. Nous constatons notamment 30 000 morts prématurées chaque année en France à cause de la pollution atmosphérique, ou encore 20% des cancers issus d'autres facteurs environnementaux. Le fait de se trouver en présence d'un paysage végétalisé aurait des effets thérapeutiques, effets principalement constatés en hôpitaux : avoir une chambre avec une vue sur un parc réduit le temps de convalescence des patients.



III. Plans d'actions à l'international

Édimbourg est loin d'être la seule ville à vouloir mettre sa part de nature en valeur. Aujourd'hui, de nombreux services et programmes ont été mis en place dans le monde. Ils visent à inciter les villes à accorder une place importante à la nature, et à le faire de manière bien pensée. Ils essayent d'inclure un maximum la population dans les décisions cruciales à ce sujet de manière à les inciter à s'impliquer dans la vie de leur commune mais également pour leur montrer l'importance de la biodiversité et de la nature dans les espaces urbains. Le plan d'action de la ville d'Édimbourg a déjà été discuté lors de notre réflexion sur la protection de la biodiversité (chapitre 8, axe I, page 59).

L'autorité ayant le plus de poids en matière d'environnement à ce jour est celle du **Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE)** (United Nations, 2013), guidant les territoires vers un renforcement des standards environnementaux à différentes échelles (régionale, nationale et internationale). Les Nations Unies regroupent actuellement 197 États-membres, d'où cette grande influence à travers le monde. Le PNUE est axé sur 6 thématiques-clés : le changement climatique, les désastres et conflits, la gestion des écosystèmes, la gouvernance environnementale, les substances toxiques et l'utilisation des ressources.

Toujours dans cette même démarche, les Nations Unies ont créé le **GIEC**¹¹ en 1988. Cette initiative a été prise par le PNUE en association avec l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), une autre institution des Nations Unies. Le GIEC regroupe actuellement 195 pays membres. Ensemble, ils se sont engagés à évaluer de manière objective les informations scientifiques, techniques et socio-économiques liées au changement climatique. Le GIEC n'est pas un laboratoire à proprement parler, mais un lieu d'expertise collective où ses membres peuvent se réunir et travailler ensemble sur l'analyse des travaux menés dans les laboratoires de recherches du monde entier. Le GIEC fonctionne en cycles, au cours desquels sont produits un rapport d'évaluation détaillé et des rapports spéciaux pour des thèmes spécifiques. Des rapports méthodologiques et des documents techniques peuvent également voir le jour pour recueillir les méthodes à employer et les avis des scientifiques. Les rapports du GIEC se veulent « pertinents politiquement, mais non prescriptifs » (*policy relevant, but not policy prescriptive*) car le groupe tient à rester politiquement neutre. Un résumé des dix étapes composant la rédaction d'un rapport est disponible en figure 53. Les États-membres n'interviennent qu'à la fin de l'élaboration des rapports, pour la rédaction de ce qui est appelé le résumé des décideurs.

¹¹ Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat



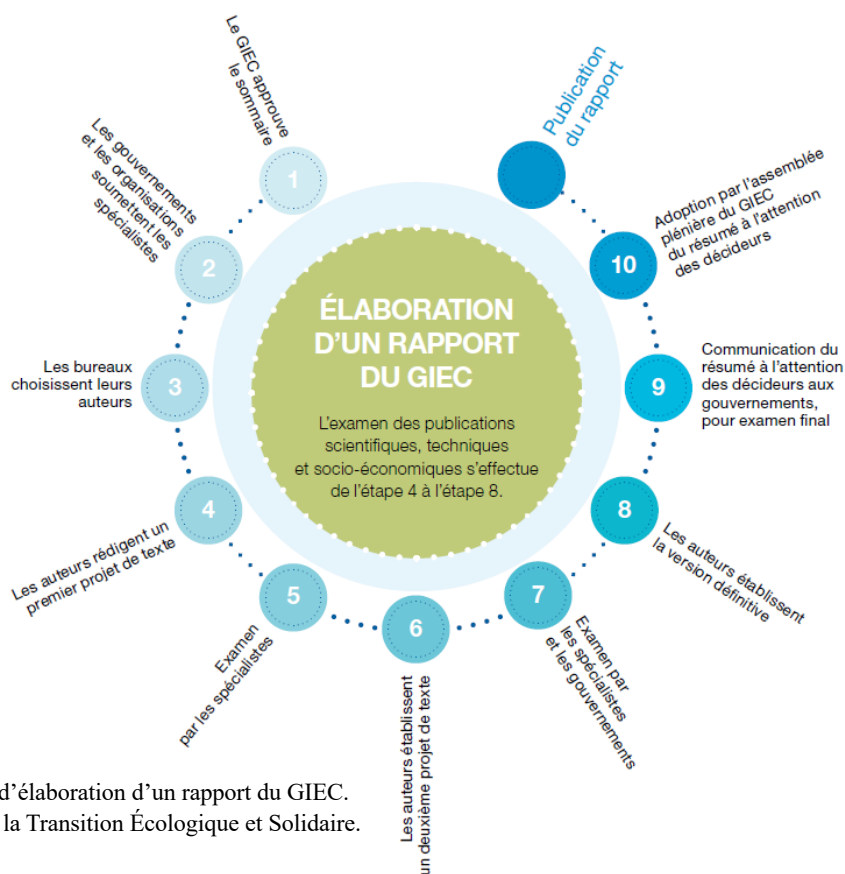


Figure 53 : Procédé d'élaboration d'un rapport du GIEC.
Source : Ministère de la Transition Écologique et Solidaire.

Des services écologiques ponctuels tels que l'**Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire** (*Millenium Ecosystem Assessment*) ont été mis en place. Celui-ci a été instauré en 2001 par le secrétaire général des Nations Unies et s'est terminé en 2006 (millenniumassessment.org). Il repose sur quatre branches principales. Tout d'abord, un service de fonctions écologiques existe pour permettre le bon fonctionnement général de l'écosystème. Ensuite, un service d'approvisionnement sert à la production de denrées alimentaires par le biais de jardins partagés ou potagers. Un service de régulation contrôle chaque processus naturel surveillé pour assurer son bon déroulement. Il peut aussi bien s'agir de risques climatiques que de pollinisation ou de qualité de l'air, de l'eau ou des sols. Pour clôturer ce système d'évaluation, un service culturel est mis en place pour promouvoir les loisirs et le tourisme en lien avec la nature, et ainsi sensibiliser la population.

Des programmes existent également pour évaluer la biodiversité d'une ville. Le plan le plus connu est celui de l'**index de Singapour** de 2009, dont une description schématique est proposée en figure 54. Également appelé Indice de Biodiversité de la Ville, il a été élaboré en 2009 par le Centre National de la Biodiversité de Singapour. L'index a pour but de noter les villes sur 100 selon 23 à 25 critères, portant sur la biodiversité indigène de la ville, les services écosystémiques de la biodiversité urbaine et la gouvernance et gestion de cette dernière (Natureparif, 2012). Ce système est prévu pour une auto-évaluation, permettant ainsi aux villes d'être autonomes dans leur quête de la ville verte imaginée pour l'avenir de la société. Cette évaluation se propageant progressivement en France, l'UICN¹² a mis en place une variante de cet index pour les collectivités territoriales (UICN, 2013) (cbd.int).

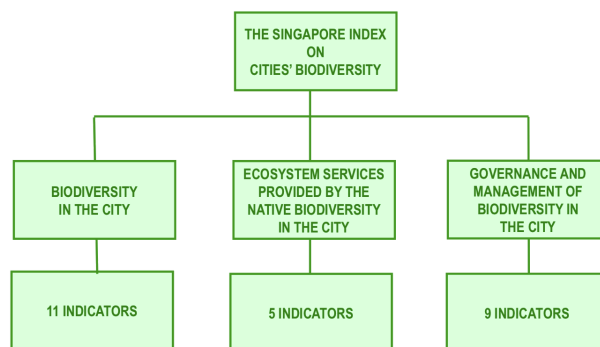


Figure 54 : Plan de l'index de Singapour.
Source : National Parks Board Singapore.

¹² Union Internationale pour la Conservation de la Nature



IV. Écotourisme et aménagements créatifs

Dans le but de toujours attirer le plus de nations dans ces programmes environnementaux, de nouvelles idées attrayantes émergent partout dans le monde. Étant toujours en quête de nouvelles idées pour intégrer la nature en ville, un nouveau concept s'est donc développé : celui de l'**écotourisme urbain**. Cette forme de tourisme est relativement récente et met en avant les arrangements végétalisés de manière à attirer davantage de touristes. Ainsi, nous pouvons remarquer l'apparition progressive de différents types de formes végétales, émergeant partout dans le monde. Les plus courantes sont les bordures de routes et parcs que nous connaissons tous, mais certaines formes de végétation sont plus créatives.

Nous pouvons par exemple parler des **toits végétalisés** qui deviennent de plus en plus populaires. Ce type d'arrangement permet la présence d'une végétation luxuriante sans occuper de place au sol, mais également une économie d'énergie pour le bâtiment sur lequel elle se trouve. Cette économie dépend de trois paramètres : le climat, l'emplacement de la toiture par rapport aux autres bâtiments et la constitution en végétaux et substrats¹³ de la toiture. Quelques chiffres permettent de voir de manière plus concrète la contribution de cette végétation. Pendant un jour d'été ensoleillé, 99% de la chaleur du toit provient des rayonnements solaires qui se réfléchissent sur le revêtement. Pour un toit végétalisé, 58.4% de cette chaleur sont évaporés par les plantes et 9.5% sont utilisés pour la photosynthèse. Seulement 1.2% est stocké par les plantes et le sol.



Figure 55 : Toit végétal dans la ville de Fukuoka, Japon.
Acros Building, 福岡, 日本.
Source : Greenroofs



Figure 56 : Toit végétal à Singapour.
Park Royal Hotel, Singapore.
Source : Simbiosisgroup

¹³ Support de la plante.

Un autre concept qui gagne en popularité est celui de la **façade végétalisée**. D'un point de vue thermique et environnemental, la façade fonctionne de la même manière que le toit et possède des effets très similaires. Il existe trois types de façades végétalisées. Le premier type de façade est celle constituée de plantes grimpantes sur une structure à distance de la paroi (en général, une vitre). Les plantes les plus utilisées pour ces structures sont les plantes caduques. Cet arrangement possède un effet radiatif sur le topoclimat, à savoir qu'il protège des rayonnements solaires la journée et fait obstacle au rafraîchissement indésirable la nuit. Cela s'explique par la capacité des plantes à capter la chaleur sans monter en température grâce à la transpiration. Le deuxième type de façade est celui fait de plantes grimpantes directement en contact avec la paroi. Cette façade a également un effet radiatif, mais également un effet convectif. Ce dernier consiste en une diminution de la vitesse du vent près de la paroi, résultant en des échanges énergétiques par convection. Le troisième et dernier type de façade est celui du mur vivant, constitué de la plante et de son substrat. Cette façade combine les effets radiatifs, convectifs, et conductifs, à savoir l'isolation du mur (qui dépend de la teneur en eau du substrat). Les différences observées entre ces trois types de façades végétalisées induisent nécessairement des différences dans les bilans thermiques. Le premier type (plantes grimpantes sur une structure à distance de la paroi) inclut une couche d'air entre les plantes et la paroi qui n'existe pas chez les autres. Cet air modifie la température, la rafraîchissant ou la réchauffant selon le pays et la météo. Pour finir, nous pouvons noter quelques différences d'un point de vue physique entre les toits végétalisés et les murs vivants, malgré leur fonctionnement similaire. La position verticale de ce dernier fait intervenir la gravité dans la distribution de l'eau, contrairement à un arrangement horizontal. L'accès au soleil est également différent, ce qui influe sur la croissance des plantes et les flux d'évapotranspiration.

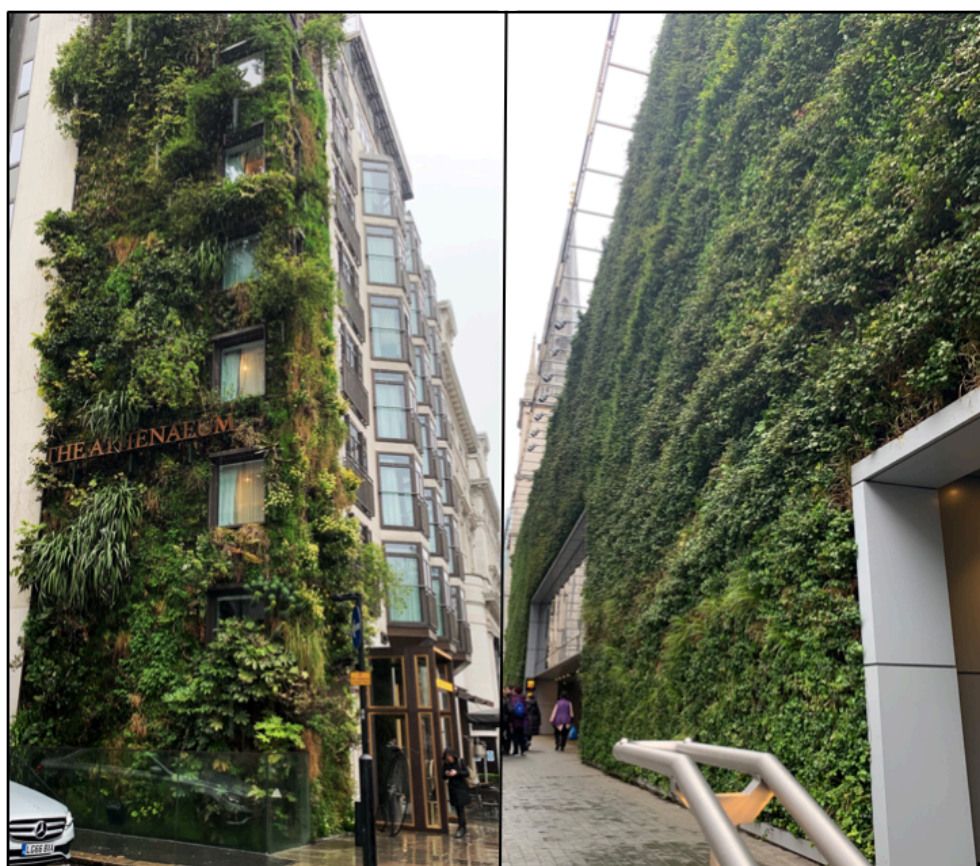


Figure 57 : Murs végétaux dans Londres. À gauche : *The Athenaeum Hotel (Mayfair, London)*. À droite : *The Sky Garden (Langbourn, London)*. Photographies et réalisation : Chloé Richard.



Bien qu'il soit parfois compliqué d'intégrer la nature de manière originale, il est en revanche possible de l'utiliser de manière différente. Les **jardins filtrants** en sont un très bon exemple. Ils s'appuient sur le principe de phytoremédiation, qui consiste à utiliser les plantes dans le but de purifier l'air, le sol et dans le cas présent l'eau. Ainsi, l'utilité d'un jardin filtrant est de filtrer l'eau naturellement pour la dépolluer. Ce sont les racines qui permettent ce processus. Ce principe a été installé à Nantes, sur l'île de la ville.



Figure 58 : Jardin filtrant de île de Nantes. Source : Musy M. (2014).

En matière de **cohabitation harmonieuse** avec la nature, la cité-État de Singapour est le meilleur exemple. Elle est surnommée la ville jardin pour l'omniprésence de la nature dans la cité, qui en recouvre en moyenne 50%. Ainsi, Singapour est le parfait exemple de la ville biophile. Au-delà des parcs et réserves naturelles, la ville est connue pour intégrer la végétation à son architecture avec brio. Le quartier le plus populaire est appelé *Gardens By the Bay*, quartier entourant *Marina Bay* en trois points : le point Est, le point Central et le point Sud. *Gardens By the Bay* regroupent beaucoup d'attractions et points d'intérêt mettant la végétation à l'honneur. Les plus connues sont la forêt artificielle *SuperTree Grove* et *Cloud Forest*, au cœur de l'écotourisme singapourien.



Figure 59 : Attractions de *Gardens By the Bay* à Singapour. À gauche : *Cloud Forest*. À droite : *SuperTree Grove*.
Sources : Stylebee, Tripadvisor.

Conclusion

Ce mémoire avait pour objectif de déterminer les effets de la nature présente à Édimbourg, face au phénomène d'îlot de chaleur urbain. Pour répondre à la question des potentiels bénéfiques de cette végétation, nous avons mené plusieurs études.

Tout d'abord, nous avons commencé par l'analyse de la trame verte de notre zone d'étude. Cette dernière est composée d'une matrice faite de routes et bâtiments, d'un noyau principal à *Holyrood* et de noyaux secondaires dispersés assez équitablement dans le centre-ville, et pour finir de corridors écologiques discontinus. À première vue, la trame semble ne pas être optimale. Les corridors écologiques sont assez dispersés et pourraient ne pas être aussi favorables au déplacement des espèces que la ville le souhaiterait. Notre analyse reste malgré tout assez superficielle en raison du manque de données à notre disposition.

Nous avons ensuite analysé la logique de répartition des espaces verts de la ville, qui semblait avoir été guidée par l'histoire et l'héritage royal de la capitale écossaise. Nous avons ensuite abordé la notion de réchauffement local à travers le topoclimat et l'ICU. Nos recherches et notre étude de terrain nous permettent d'affirmer que les radiations solaires sont la plus grande influence énergétique, alimentant activement le phénomène d'ICU. En revanche, la présence de végétation sur un mur permet à la chaleur d'être évacuée par évaporation avant même de pouvoir atteindre le mur en question. Ensuite, nous avons pu établir un profil de l'espace vert idéal, d'un point de vue environnemental. Il serait fait d'herbe et comprendrait de grandes zones d'ombre et un plan d'eau, tout en évitant le goudron et la pierre. Cet espace vert idéal serait localisé le long d'une route, en hauteur pour un but récréatif ou assez bas pour un effet purifiant de l'air. Bien que notre étude de terrain nous ait aidé à comprendre le rôle de la végétation édimbourgeoise et la place qu'elle prend au sein de la ville, nous n'avons pas pu étudier tous les aspects qui nous intéressaient en raison des moyens et du temps limités sur place. Il aurait été pertinent de pouvoir étudier davantage la température de l'air avec un abri, ou bien encore la qualité de l'air pour ensuite réaliser une cartographie de l'influence de la nature.

Nous avons poursuivi avec les différentes perspectives des bienfaits de la nature en ville. Nous avons commencé par la notion de protection de la biodiversité urbaine. Nous avons ensuite souligné le fait que la proximité avec la végétation permet d'aider la population à combattre le stress, l'obésité, les troubles de l'attention et certaines maladies chroniques liées au cœur ou aux poumons.

Aujourd'hui, le monde entier s'unit pour combattre les effets du changement climatique, qu'il s'agisse d'une échelle locale ou globale. Nous avons dressé une synthèse des principaux programmes internationaux existants. Ils ont pour but d'inciter le plus grand nombre de nations à agir activement contre la progression de ces changements. Les villes les plus modernes et touristiques montrent l'exemple, mettant en avant des arrangements plus originaux les uns que les autres. Au-delà des formes végétalisées les plus courantes comme les simples parcs ou bordures de routes et ronds-points, des installations plus atypiques comme les toits et façades végétalisés peuvent être favorisées, ajoutant ainsi au charme de la ville. Toutes les métropoles n'ont pas la chance de voir la végétation intégrée dans leur paysage de la même manière qu'Édimbourg et son héritage historique. Il existe malgré tout de nombreuses manières d'intégrer ou de valoriser la nature au sein d'une ville. L'idéal est de pouvoir à la fois créer des parcs, et disposer de points de verdure de manière plus subtile par des bordures de routes, toits ou encore murs végétalisés. Cela permet de disposer de la végétation sur l'ensemble de la ville en fonction de la place dont les lieux disposent. La végétation ayant une action très localisée, quelques espaces verts dans la ville ne suffisent pas à combattre efficacement le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Ainsi, l'action rafraîchissante de la nature peut être répartie équitablement dans la ville et accentuées dans les quartiers qui le nécessitent le plus.



Cette étude de cas nous aura ouvert à l'idée que la nature soit la clé pour combattre les effets néfastes qu'ont les villes sur l'environnement. Il pourrait être intéressant d'approfondir de telles recherches avec des analyses de températures et de qualité de l'air pour rendre un diagnostic plus complet. Il serait également intéressant de mener des études similaires au sein de plus grandes villes, telles que Paris (densité démographique de 20 755 habitants/km² en 2017), New York (7 101 habitants/km² en 2017) ou encore Séoul (16 453 habitants/km² en 2019), villes qui pourraient être des précurseurs de leurs continents respectifs en matière de réduction d'îlot de chaleur urbain.



Table des illustrations

FIGURE 1 : ABSORPTION DE LA CHALEUR EN FONCTION DE LA NATURE DU SOL.....	9
FIGURE 2 : VARIATION DES TEMPERATURES D'UN ILOT DE CHALEUR URBAIN LE LONG D'UNE COUPE TRANSVERSALE D'UNE ZONE URBANISEE.....	11
FIGURE 3 : FLUX D'AIR ENTRE UNE VILLE ET UNE ETENDUE D'EAU.....	12
FIGURE 4 : LOCALISATION DE L'ÉCOSSE ET DE SA CAPITALE DANS LE ROYAUME UNI.....	16
FIGURE 5 : LOCALISATION DE LA VILLE D'ÉDIMBOURG EN ÉCOSSE.....	16
FIGURE 6 : DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE D'ÉDIMBOURG, UTILISANT LES DONNEES MOYENNES OBTENUES DE 1982 A 2012.....	17
FIGURE 7 : ÉDIMBOURG, 55.9°N, -3.2°O, FEUILLUS TEMPERES CADUCS.....	18
FIGURE 8 : BARRETTE DES VALEURS P/T ET BIOFACIES POUR LA CLASSIFICATION DU BIOCLIMAT.....	18
FIGURE 9 : OCCUPATION DES SOLS DU TERRAIN D'ETUDE.....	19
FIGURE 10 : ÉDIMBOURG ET SES DIFFERENTS QUARTIERS.....	20
FIGURE 11 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES DU 17 FEVRIER AU 15 MARS 2020.....	23
FIGURE 12 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES DE DECEMBRE 2019 A MARS 2020.....	23
FIGURE 13 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES MENSUELLES MOYENNES CALCULEES DE 1982 A 2012.....	24
FIGURE 14 : PRESENTATION DE L'APPAREIL DE PHOTOGRAPHIE NUMERIQUE INFRAROUGE C2 DE FLIR ET DE SON INTERFACE.....	28
FIGURE 15 : APERÇU DE L'INTERFACE D'ACCUEIL DU LOGICIEL FLIR TOOLS (+).....	29
FIGURE 16 : APERÇU DE LA FENETRE DE TRAITEMENT D'UNE IMAGE INFRAROUGE SUR LE LOGICIEL FLIR TOOLS (+).....	29
FIGURE 17 : APERÇU DE L'OUTIL MELANGE THERMIQUE DU LOGICIEL FLIR TOOLS (+).....	30
FIGURE 18 : APERÇU DE L'OUTIL « MESURE POINT » DU LOGICIEL FLIR TOOLS (+).....	30
FIGURE 19 : LIEUX CHOISIS POUR LE TERRAIN.....	33
FIGURE 20 : CARACTERISTIQUES DES PARCS SELECTIONNES POUR L'ETUDE DE TERRAIN.....	33
FIGURE 21 : LOCALISATION DE CALTON HILL DANS LE QUARTIER NEW TOWN.....	34
FIGURE 22 : LOCALISATION DES PRISES DE VUES DE LA VILLE DEPUIS CALTON HILL.....	35
FIGURE 23 : PRISES DE VUES DEPUIS L'OBSERVATOIRE DE CALTON HILL.....	35
FIGURE 24 : LOCALISATION DES PRISES DE VUES MURALES A CALTON HILL.....	36
FIGURE 25 : PRISES DE VUES DES MURS PARTIELLEMENT VEGETALISES.....	37
FIGURE 26 : PROFIL THERMIQUE DE SURFACE URBAIN SCHEMATISE.....	37
FIGURE 27 : REPARTITION DES ESPACES VERTS DANS LA VILLE D'ÉDIMBOURG, ÉCOSSE.....	39
FIGURE 28 : DENSITE DE KERNEL APPLIQUEE AUX ESPACES VERTS D'ÉDIMBOURG, ÉCOSSE.....	40
FIGURE 29 : LOCALISATION DES MONUMENTS ET ESPACES VERTS D'ÉDIMBOURG, ÉCOSSE.....	41
FIGURE 30 : LOCALISATION DES ESPACES VERTS ET DU RESEAU ROUTIER D'ÉDIMBOURG, ÉCOSSE.....	42
FIGURE 31 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES LORS DES PRISES DE VUES LARGES DE LA VILLE.....	44
FIGURE 32 : COMPARAISON DES PRISES DE VUES INFRAROUGES DU NORD DE LA VILLE.....	45
FIGURE 33 : COMPARAISON DES PRISES DE VUES INFRAROUGES DU CENTRE-VILLE.....	45
FIGURE 34 : COMPARAISON DES PRISES DE VUES INFRAROUGES DU CENTRE-VILLE ET DU NORD DE LA VILLE PAR TEMPS NUAGEUX.....	46
FIGURE 35 : COMPARAISON DES PRISES DE VUES INFRAROUGES DU CENTRE-VILLE ET DU NORD DE LA VILLE PAR TEMPS ENSOLEILLE.....	46
FIGURE 36 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES LORS DES PRISES DE VUES DES MURS SELECTIONNES.....	47
FIGURE 37 : COMPARAISON DES PRISES DE VUES INFRAROUGES DU MUR SITUE SUR LA ROUTE A1.....	47
FIGURE 38 : COMPARAISON DES PRISES DE VUES INFRAROUGES DU MUR SITUE SUR CALTON HILL ROAD.....	48
FIGURE 39 : COMPARAISON DES PRISES DE VUES INFRAROUGES DES DEUX MURS SELECTIONNES PAR TEMPS ENSOLEILLE LE 14 MARS.....	49
FIGURE 40 : COMPARAISON DES PRISES DE VUES INFRAROUGES DES DEUX MURS SELECTIONNES PAR TEMPS ENSOLEILLE LE 15 MARS.....	49
FIGURE 41 : RELEVÉ DE LA TEMPERATURE DE SURFACE DE L'ESPACE VERT DEACONESS.....	50
FIGURE 42 : RELEVÉ DE LA TEMPERATURE DE SURFACE DU PARC KING GEORGE V.....	51
FIGURE 43 : RELEVÉ DE LA TEMPERATURE DE SURFACE DU PARC DE PRINCES STREET.....	51
FIGURE 44 : RELEVÉ DE LA TEMPERATURE DE SURFACE DU PARC DE THE MEADOWS LE 12 MARS 2020 A 12H (UTC+1).....	52
FIGURE 45 : RELEVÉ DE LA TEMPERATURE DE SURFACE A LOCHEND PARK.....	52
FIGURE 46 : RELEVÉ DE LA TEMPERATURE DE SURFACE AU ROYAL BOTANIC GARDENS, LE 13 MARS 2020 A 11H00 (UTC+1).....	53
FIGURE 47 : RELEVÉ DE LA TEMPERATURE DE SURFACE DU PARC DE THE MEADOWS, LE 14 MARS 2020 A 11H40 (UTC+1).....	53
FIGURE 48 : RELEVÉ DE LA TEMPERATURE DE SURFACE AU ROYAL BOTANIC GARDENS, LE 13 MARS 2020 A 11H08 (UTC+1).....	54
FIGURE 49 : RELEVÉS DE LA TEMPERATURE DE SURFACE A LONDON ROAD PARK.....	54
FIGURE 50 : RELEVÉ DE LA TEMPERATURE DE SURFACE A CALTON HILL.....	55
FIGURE 51 : INFLUENCE THERMIQUE DES ELEMENTS NATURELS SUR LE PAYSAGE URBAIN.....	55
FIGURE 52 : BILAN SCHEMATISE DES DIFFERENTES INTERACTIONS ENTRE LA NATURE ET LA SANTE AU SEIN D'UNE LARGE POPULATION.....	60
FIGURE 53 : PROCEDE D'ELABORATION D'UN RAPPORT DU GIEC.....	63
FIGURE 54 : PLAN DE L'INDEX DE SINGAPOUR.....	63
FIGURE 55 : TOIT VEGETAL DANS LA VILLE DE FUKUOKA, JAPON.....	64
FIGURE 56 : TOIT VEGETAL A SINGAPOUR.....	64
FIGURE 57 : MURS VEGETAUX DANS LONDRES.....	65
FIGURE 58 : JARDIN FILTRANT DE ILE DE NANTES.....	66
FIGURE 59 : ATTRACTIONS DE GARDENS BY THE BAY A SINGAPOUR.....	66





Table des matières

REMERCIEMENTS.....	3
SOMMAIRE	5
INTRODUCTION.....	7
PARTIE I : OBJETS DE RECHERCHE	9
CHAPITRE 1 : LES ENJEUX DU CLIMAT URBAIN.....	9
I. <i>Interactions entre le Soleil et la Terre.....</i>	9
II. <i>Climat urbain et îlot de chaleur.....</i>	10
III. <i>La végétation et ses effets.....</i>	11
IV. <i>Trame verte et biodiversité.....</i>	13
CHAPITRE 2 : ÉDIMBOURG, CAPITALE ECOSSAISE	15
I. <i>Zone d'étude.....</i>	15
A. <i>Choix du terrain.....</i>	15
B. <i>Localisation</i>	16
C. <i>Du climat au bioclimat</i>	17
D. <i>La trame verte d'Édimbourg.....</i>	19
E. <i>Découpage de la ville</i>	20
II. <i>Histoire</i>	21
PARTIE II : METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE.....	23
CHAPITRE 3 : PRESENTATION DE LA PERIODE D'ANALYSE.....	23
CHAPITRE 4 : CONTEXTES ET OBJECTIFS	25
I. <i>Logique de répartition des espaces verts de la ville.....</i>	25
II. <i>Étude de terrain</i>	25
CHAPITRE 5 : DONNEES ET MATERIEL.....	27
I. <i>Logique de répartition des espaces verts de la ville.....</i>	27
II. <i>Étude de terrain</i>	28
CHAPITRE 6 : METHODE APPLIQUEES.....	31
I. <i>Logique de répartition des espaces verts de la ville.....</i>	31
II. <i>Étude de terrain</i>	33
A. <i>Étude de l'influence des conditions météorologiques sur la température globale de la ville.....</i>	34
B. <i>Étude de l'influence de la végétation sur la température de surface d'un mur</i>	36
C. <i>Étude du profil d'un « parc idéal » au sein d'une ville.....</i>	38
PARTIE III : ACTIONS DE LA NATURE SUR LA VIE URBAINE	39
CHAPITRE 7 : RESULTATS ET DISCUSSION.....	39
I. <i>Logique de répartition des espaces verts dans la ville</i>	39
A. <i>Répartition des espaces verts à Édimbourg.....</i>	39
B. <i>Étude de deux hypothèses.....</i>	41
1. <i>Une logique liée aux monuments historiques de la ville.....</i>	41
2. <i>Une logique liée à leur accessibilité via le réseau routier</i>	42
II. <i>Étude de l'influence des conditions météorologiques sur la température globale de la ville</i>	44
III. <i>Étude de l'influence de la végétation sur la température de surface d'un mur</i>	47
IV. <i>Étude du profil d'un « parc idéal » au sein d'une ville</i>	50
V. <i>Discussion.....</i>	57
CHAPITRE 8 : PERSPECTIVES.....	59
I. <i>Protection de la biodiversité à Édimbourg.....</i>	59
II. <i>Bienfaits de la nature pour l'Homme.....</i>	60
III. <i>Plans d'actions à l'international.....</i>	62
IV. <i>Écotourisme et aménagements créatifs.....</i>	64
CONCLUSION.....	67
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	69
TABLE DES MATIERES	71
BIBLIOGRAPHIE	73
ANNEXES.....	79
ANNEXE N°1 : FAIRE SON MEMOIRE A L'ETRANGER.....	79
ANNEXE N°2 : CALENDRIER DES DEMARCHES POUR FAIRE SON TERRAIN A L'ETRANGER.....	81
RESUME.....	82





Bibliographie

→ Livres

AMAT J.-C., 2015. *Éléments de géographie physique*, 4ème édition. [lieu de publication inconnu], Bréal (Grand Amphi Géographie).

CARBONI P. et al, 2015. *La nature citadine en France et au Royaume Uni : concevoir, vivre, représenter*. [Rennes], Presses Universitaires de Rennes.

DINARDO K., 2020. *Les bains de forêt*, [Gennevilliers], National Geographic.

GARBOLINO E., 2014. *Les bio-indicateurs du climat*. [Paris], Paris : Presse des Mines (Développement durable).

KONYA A., 1980. *Design primer for hot climates*. [Londres], Architectural Press.

MUSY M., 2014. *Une ville verte, les rôles du végétal en ville*, [lieu de publication inconnu], Quæ (Synthèses).

1963. *Atlas of Britain and Northern Ireland*, Clarendon press Oxford. [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu].

1965. *Complete atlas of the British Isles*, 1ère édition. [lieu de publication inconnu], The reader's digest, Collins-Longmans.



→ Publications

BAHOU H., et al., 2019. *Estimation de la température de surface des terres : cas de la ville de Casablanca (Maroc)*,

https://www.researchgate.net/profile/Nesrine_Hmidi/publication/335928801_INONDATION_DEVASTATRICE_DANS_LA_VILLE_DE_SOLIMAN_TUNISIE_CAS_DE_SA_ZONE_INDUSTRIELLE_LORS_DE_L'EVENEMENT_PLUVIOMETRIQUE_DU_22_SEPTEMBRE_2018/links/5d84ad9192851ceb791cc8a5/INONDATION-DEVASTATRICE-DANS-LA-VILLE-DE-SOLIMAN-TUNISIE-CAS-DE-SA-ZONE-INDUSTRIELLE-LORS-DE-LEVENEMENT-PLUVIOMETRIQUE-DU-22-SEPTEMBRE-2018.pdf#page=488, consulté le 28 juin 2020.

BERZOWSKA-AZZAG E., SRIR M., 2014. *Le concept de « corridors écologiques » en milieu urbain : enjeux et contraintes d'une approche de requalification environnementale. Les exemples de renaturation de l'Oued El Harrach (Alger) et du Ruisseau des Aygalades (Marseille)*, [Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography], n°123, p. 57-72.

BERQUE A., 1996., *Être humains sur la terre*, Géocarrefour, vol. 71, n°3, p. 232-232.

BLAUSTEIN R., 2013. *Urban Biodiversity Gains New Converts*, [BioScience], vol. 63, n°2, p. 72-77.

BOURDEAU-LEPAGE L., CHASLES V., 2014. *Nature, santé et bien-être en ville*, Géocarrefour, <http://journals.openedition.org/geocarrefour/9210>, consulté le 10 janvier 2020.

BOUTEFEU E., 2007. *La nature en ville : des enjeux paysagers et sociétaux*, Géoconfluences, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/doc/transv/paysage/PaysageViv.htm>, consulté le 30 octobre 2019.

BOUYER J., et al., 2014. *Mise en place d'une méthode d'estimation du flux d'évapotranspiration en milieu urbain : étude du bilan énergétique de quartiers de l'agglomération de Nancy*, [Nancy].

BURGESS J., HARRISON C. M., 1987. *Nature in the city - popular values for a living world.*, Journal of Environmental Management, vol. 25, p. 347-362.

CANTAT O., 2004. *L'îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps*, Norois. Environnement, aménagement, société, 1 mars, n°191, p. 75-102.

CLERGEAU P., LIÉNARD S., 2011. *Trame Verte et Bleue : Utilisation des cartes d'occupation du sol pour une première approche qualitative de la biodiversité*, [Cybergeog : European Journal of Geography], <http://journals.openedition.org/cybergeog/23494>, consulté le 9 janvier 2020.

COLOMBERT M., et al., 2012. *Le climat et la ville : la nécessité d'une recherche croisant les disciplines*, VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, 15 mai, n°Hors-série 12, <http://journals.openedition.org/vertigo/11811>, consulté le 28 juin 2020.

DE VRIES S., et al., 2014. *Nature and Health*, [Annu. Rev. Public Health], vol. 35, n°1, p. 207-228.

HIDALGO J., et al., 2008. *De l'observation du microclimat urbain à la modélisation intégrée de la ville*, Météorologie, vol. 8, n°62, p. 39.



KIM H-J., et al., 2017. *Parks and green areas and the risk for depression and suicidal indicators*, [Int J Public Health], vol. 62, n°6, p. 647-656.

KRINS A., et al., 2001. *Chapter 36 - Solar radiation at the Earth's surface*, [lieu de publication inconnu], Elsevier p. 705-738, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568461X01800715>, consulté le 21 mai 2020.

MIROLO F., ROTGÉ V., 2019. *Utilisation de la trame verte et bleue pour la gestion et la prévention des inondations au Royaume-Uni*, p. 49.

NAJJAR G., et al., 2004. *Le projet Reclus - Télédétection, rayonnement et bilan d'énergie en climatologie urbaine à Strasbourg*, Météorologie, vol. 8, n°46, p. 44.

NAJJAR G., et al., 2015. *Régulation du climat thermique urbain par les arbres : ombrage et température du couvert.*, p. 13.

PLANTE & CITE, 2013. *Les bienfaits du végétal en ville*. https://www.valhor.fr/fileadmin/A-Valhor/Valhor_PDF/Plante_Cite_bienfaitsduvegetal_Juillet2013.pdf, consulté le 31 décembre 2019.

UICN, 2013. *Écosystèmes urbains*. http://uicn.fr/wp-content/uploads/2016/09/Panorama-ecosystemes_urbains-m4.pdf, consulté le 26 octobre 2019.

ZIANI Y., 1987. *Sun radiation and comfort in urban spaces*, [Glasgow], [University of Glasgow], <http://theses.gla.ac.uk/77523/1/10995571.pdf>, consulté le 15 mai 2020.



→ Web

ATLAS IMPACT 2. *Thermal Growing Season Length*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], https://www.atlas.impact2c.eu/en/climate/growing-season-length/?parent_id=22, consulté le 24 février 2020.

CLIMATE-DATA. *Climate Scotland: Temperature, climate graph, Climate table for Scotland* - Climate-Data.org, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <https://en.climate-data.org/europe/united-kingdom/scotland-257/>, consulté le 26 décembre 2019.

CLIMATE-DATA. *Edinburgh climate: Average Temperature, weather by month, Edinburgh water temperature* - Climate-Data.org, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <https://en.climate-data.org/europe/united-kingdom/scotland/edinburgh-48/>, consulté le 26 décembre 2019.

ÉDIMBOURG. *Histoire d'Édimbourg - Passé, présent et futur d'Édimbourg*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <https://www.edinburgh.fr/histoire>, consulté le 8 mai 2020.

ÉDIMBOURG. *Royal Mile - La rue la plus importante d'Édimbourg*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <https://www.edinburgh.fr/royal-mile>, consulté le 8 mai 2020.

EDINBURGH, 2019. *Edinburgh biodiversity action plan 2019-2021*. <https://www.edinburgh.gov.uk/downloads/file/26216/edinburgh-biodiversity-action-plan-2019-2021>, consulté le 15 janvier 2020.

EDINBURGH-HISTORY. *Scotland, Edinburgh History Information*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <http://www.edinburgh-history.co.uk/index.html>, consulté le 5 mai 2020.

EDINBURGH OPEN DATA. <https://edinburghopendata.info>, consulté le 21 novembre 2019.

FLIR. *FLIR Systems, imagerie thermique, vision nocturne et systèmes de caméras infrarouges*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <https://www.flir.fr/>, consulté le 10 mars 2020.

GILLARD E., 2017. *Land use data for Edinburgh*, <https://datashare.is.ed.ac.uk/handle/10283/2530>, consulté le 26 mai 2020.

GREENROOFS. *Acros Fukuoka Prefectural International Hall*, <https://www.greenroofs.com/projects/acros-fukuoka-prefectural-international-hall/>, consulté le 8 juin 2020.

LAROUSSE É., Dictionnaire de français Larousse – *Définition - bioclimat*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/bioclimat/9395?q=bioclimat#9300>, consulté le 20 février 2020.

MAPCRUZIN. *Download free Scotland ArcGIS shapefile map layers*. <https://mapcruzin.com/free-scotland-arcgis-maps-shapefiles.htm>, consulté le 21 décembre 2019.

METEOCIEL. *Archives du classement Royaume-Uni des températures*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <https://www.meteociel.fr/obs/classement.php?archive=1&ua=&all=1&mode=0&pays=uk&jour=14&mois=3&annee=2020&heure=10&mode=0&sub=OK>, consulté le 14 avril 2020.



METEOCIEL. *Climatologie de mars 2020 pour toutes les villes*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <https://www.meteociel.fr/climatologie/climato.php?mois=3&annee=2020>, consulté le 27 juin 2020.

METEOCIEL. *Observations Edinburgh (UK) (United Kingdom) - données météo de la station - Tableaux horaires en temps réel*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], https://www.meteociel.fr/temps-reel/obs_villes.php?code2=3166&jour2=11&mois2=2&annee2=2020, consulté le 27 juin 2020.

MILLENNIUM ASSESSMENT. *Millennium Ecosystem Assessment*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>, consulté le 8 juin 2020.

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE. *Comprendre le GIEC*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/comprendre-giec>, consulté le 8 juin 2020.

NATIONAL PARKS BOARD, SINGAPORE, 2010. *The Singapore Index on Cities' Biodiversity*. <https://www.cbd.int/authorities/doc/mayors-02/Wendy-Yap-en.pdf>, consulté le 15 janvier 2020.

NATUREPARIF, 2012. *Indice de biodiversité de la ville*. <http://multimedia.ademe.fr/catalogues/CTecosystemes/fiches/methode3p50.pdf>, consulté le 8 janvier 2020.

PLANET-VIE. *La photosynthèse : généralités*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <https://planet-vie.ens.fr/thematiques/manipulations-en-svt/la-photosynthese-generalites>, consulté le 25 mai 2020.

SCOTTISH GOVERNMENT, 2019. *Scotland's Climate Change Adaptation Programme 2019-2024*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <https://consult.gov.scot/energy-and-climate-change-directorate/adaptation-programme-2019-2024/>, consulté le 10 juin 2020.

SEPA. *Water Bodies Data Sheets*, [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu], <https://www2.sepa.org.uk/waterbodydatasheets/>, consulté le 1^{er} janvier 2020.

SIMBIOSISGROUP. *Lion, Park Royal on Pickering Hotel – Woha – Singapore – Symbiosis News*, <http://symbiosisgroup.net/archives/30889>, consulté le 8 juin 2020.

STYLEBEES, 2013. *Gardens By The Bay Singapore*, <http://www.stylebees.com/gardens-by-the-bay-singapore/>, consulté le 8 juin 2020.

TRAME VERTE ET BLEUE. *Présentation de la trame verte et bleue*. <http://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/definitions-trame-verte-bleue>, consulté le 31 décembre 2019.

TRAME VERTE ET BLEUE. *Qu'est-ce qu'un corridor écologique ?* [lieu de publication inconnu], [éditeur inconnu]. <http://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/foire-aux-questions/qu-est-ce-qu-corridor-ecologique>, consulté le 15 janvier 2020.

TRIPADVISOR. *Supertree Grove - Picture of Supertree Grove, Singapore*, https://www.tripadvisor.com/LocationPhotoDirectLink-g294265-d8634325-i305609202-Supertree_Grove-Singapore.html, consulté le 8 juin 2020.



UK DATA SERVICE. <https://www.ukdataservice.ac.uk>, consulté le 19 décembre 2019.

UNITED NATIONS, 2013. *PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement, Bureau de L'Envoyé du Secrétaire général pour la Jeunesse*, <https://www.un.org/youthenvoy/fr/2013/08/pnue-programme-nations-unies-lenvironnement/>, consulté le 8 juin 2020.

UNIVERSALIS. *Définition de topoclimat - Encyclopædia Universalis*, <https://www.universalis.fr/dictionnaire/topoclimat/>, consulté le 1 juillet 2020.

WORLD POPULATION REVIEW, 2019. *Edinburgh Population 2020*. <http://worldpopulationreview.com/world-cities/edinburgh-population/>, consulté le 20 décembre 2019.

2012. *User's manual for the city biodiversity index*. <https://www.cbd.int/authorities/doc/User%27s%20Manual-for-the-City-Biodiversity-Index18April2012.pdf>, consulté le 8 janvier 2020.



Annexes

Annexe n°1 : Faire son mémoire à l'étranger.

→ Comment choisir son pays ?

Choisir le pays dans lequel nous voulons partir et effectuer notre terrain n'est pas toujours si facile. En effet, plusieurs facteurs sont à prendre en compte. La première question que nous pouvons nous poser est de savoir si nous avons de la **famille ou des proches** vivant actuellement dans un pays autre que la France. Cela peut constituer un moteur majeur pour notre projet. En effet, ce pays peut représenter un intérêt particulier, car nous y trouvons une forme d'attachement personnel. Cela représente également un choix simple et pratique, car la question du logement ne serait, par exemple, pas nécessairement un problème. Un autre facteur à prendre en compte est le **contexte socio-économique** du pays où nous souhaitons aller. Le coût de la vie peut avoir un impact relativement conséquent. Choisir un pays plus ou moins riche que la France n'induit pas les mêmes conditions de vie, pour un même budget. Enfin, le **contexte politique** du pays est un aspect que nous négligeons souvent, bien qu'il soit d'une importance capitale. À notre époque, il est très important de faire attention à ces aspects. Beaucoup de pays sont en guerre civile, ou en conflits avec d'autres pays. Il faut prendre en compte les tensions entre territoires, entre cultures, et entre religions pour éviter de se retrouver dans une position délicate en arrivant dans le pays, pendant notre séjour ou même en le quittant. Pour finir, il faut bien entendu prendre en compte ses propres **goûts et affinités**, car c'est bel et bien nous qui partons à l'étranger. La langue et la culture du pays sont des critères essentiels pour choisir sa destination. Bien que la plupart des pays comprennent l'anglais, il est plus aisé de vivre dans un endroit où nous maîtrisons un minimum la langue locale. De même, et comme le dit un dicton populaire, vivre dans un pays étranger sous-entend également vivre selon leurs coutumes et leur culture. Un travail de terrain durant plusieurs semaines à plusieurs mois, il faut s'assurer de vivre dans un environnement qui nous convient.

→ Quelles démarches faut-il faire ?

Un séjour à l'étranger, peu importe la destination et la durée du séjour, se prépare à l'avance. Que nous restions au sein de l'Union Européenne ou non, il faut vérifier que notre **pièce d'identité** (une carte nationale d'identité si pays de l'Union, un passeport dans le cas contraire) soit en cours de validité. Si ce n'est pas le cas, les demandes de renouvellements se font au moins quatre mois avant le départ (selon les délais indiqués par la mairie concernée). Il est également opportun d'informer notre **assurance** santé et notre banque du futur déplacement, et si possible l'ambassade française du pays d'accueil également. Si la destination se trouve dans l'Union Européenne, il est judicieux de contacter son assurance maladie un mois à l'avance afin d'obtenir sa carte européenne d'assurance maladie (CEAM), qui permet de se faire soigner dans un pays membre de l'Union en cas de besoin. Pour finir, il faut bien entendu réserver le **transport** et le **logement**, le plus tôt possible. Un calendrier récapitulatif des démarches, basé sur ma propre expérience, est disponible en annexe n°2.

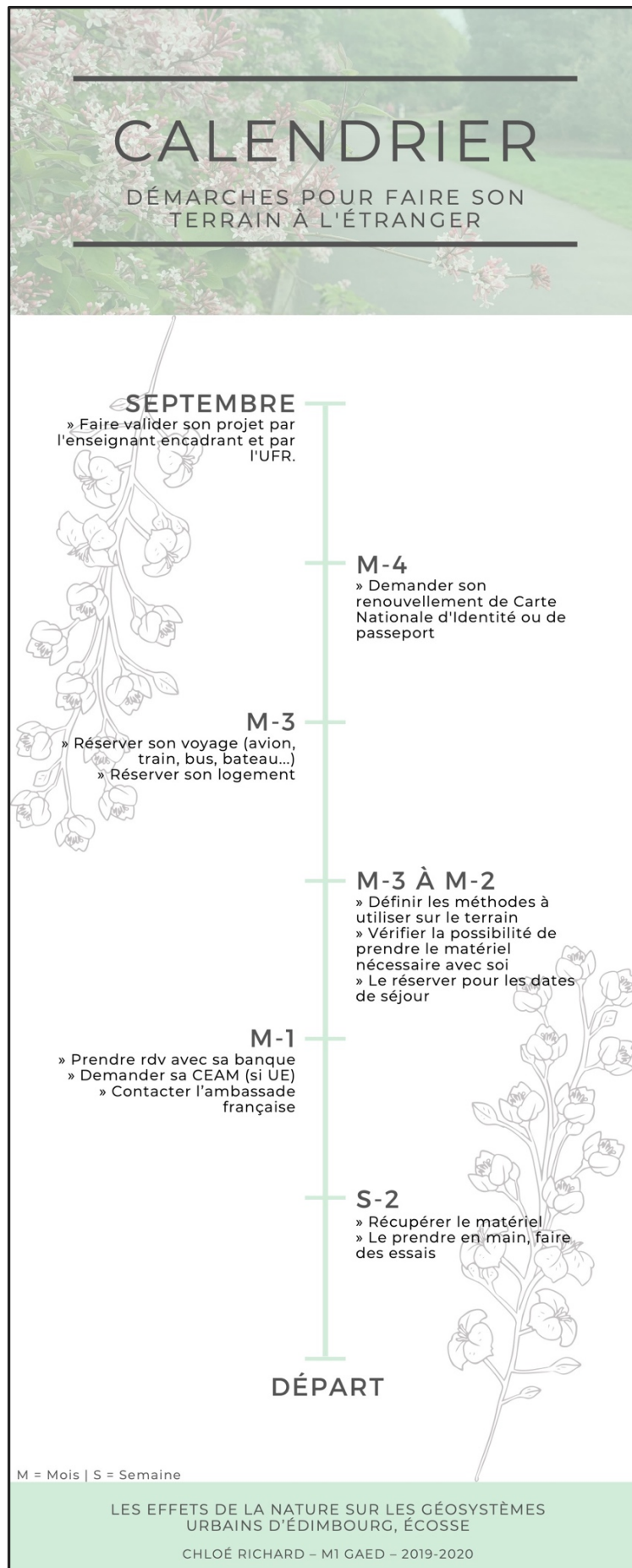


→ Comment préparer son terrain ?

Une fois la nature du projet et la destinations choisies et approuvées par notre enseignant encadrant et l'UFR, il est temps de préparer les détails concrets du terrain. Il faut tout d'abord définir les études de terrain qui semblent appropriées (et nécessaires) pour le projet mené. Il faut également prendre en compte les **moyens matériels** sur place et ce que l'on peut emmener ou non depuis l'université. Par la suite, il est important de prévoir précisément ce qui sera fait et à quel endroit. Ce sont des informations qui sont, par exemple, très intéressantes à mettre en lumière dans le pré-mémoire de janvier. Il vaut donc mieux s'y atteler relativement tôt dans l'année. Dans cette optique, il est conseillé de rassembler ses **connaissances du terrain** choisi s'il y en a, et d'en visualiser l'ensemble grâce à une vue aérienne, par exemple. Cela nous permet de déterminer les lieux stratégiques que l'on peut choisir pour nos mesures et études de terrain. Bien qu'il soit important de déterminer cela à l'avance, il faut noter que ces aspects sont susceptibles de changer, une fois sur place. Il est crucial de prendre en compte les éléments que nous avons sous les yeux et nos éventuelles découvertes sur le terrain. De nouveaux paramètres peuvent rentrer en compte et ainsi nous faire prendre une direction légèrement différente par la suite. Dès que possible, il faudra vérifier la disponibilité du matériel que l'on souhaite emporter avec nous et le réserver pour les dates du séjour. Quelques jours ou semaines avant le départ, nous pourrions retirer le matériel afin de le prendre en main et de faire des essais avant de partir, de manière à s'assurer de pouvoir l'utiliser une fois sur le terrain. Nous pouvons également conseiller d'imprimer au préalable plusieurs exemplaires de cartes de la zone d'étude, à utiliser sur place, en plus de feuilles et carnets pour prendre les notes les plus précises possibles.



Annexe n°2 : Calendrier des démarches pour faire son terrain à l'étranger.



Résumé

Depuis la fin des années 1980, la société prend conscience de l'importance de la nature dans son quotidien. Bien qu'agréable, nous avons trouvé à la végétation une utilité d'un niveau supérieur : des bienfaits sur la vie urbaine. C'est ainsi que les villes se développent en accord avec la nature, et la mettent en valeur. Ce phénomène se constate au sein de la capitale de l'Écosse, Édimbourg. La ville rassemble près de 500 000 habitants sur 264 km², soit une densité d'environ 1 894 habitants par km². Son centre est divisé en deux parties par les jardins de *Princes Street*, avec au Nord la ville moderne *New Town* et au Sud la ville historique médiévale *Old Town*. La ville semble avoir un lien étroit avec les coins de nature, lien ancré dans son histoire. Elle est par ailleurs composée à 15% de nature. Si nous considérons qu'une ville moderne sait s'épanouir en accord avec la nature, nous pouvons considérer qu'Édimbourg est moderne depuis bien longtemps.

Ce mémoire de Master 1 est intitulé « Les effets de la nature face à l'îlot de chaleur urbain : l'exemple d'Édimbourg, Écosse ». Nos études de terrain sont concentrées sur les quartiers les plus centraux de la ville : *Old Town*, *New Town*, et le Sud de *Stockbridge & Canonmills* et de *Leith*. Nous étudions ainsi la régulation de la température de la ville grâce à la nature par le biais de variations thermiques. Pour cela, les températures de surface sont étudiées à l'aide d'un appareil de photographie numérique infrarouge. Au total, quatre études sont menées. Tout d'abord, nous souhaitons identifier la logique de répartition des espaces verts de la ville. Ensuite, nous désirons déterminer l'influence des conditions météorologiques sur la température de la ville. Nous pouvons ainsi mettre en évidence que les rayonnements du Soleil sont la plus grande influence thermique en zone urbaine. Puis, nous étudions les effets de la présence de végétation sur un mur, et en concluons qu'elle participe très activement au rafraîchissement de ce dernier, l'empêchant de surchauffer. Pour finir, un profil du parc idéal est donné, d'un point de vue environnemental. Il comporte ainsi un maximum de zones d'ombre et privilégie la végétation verte et fleurie. Ce mémoire nous permet donc de mettre en lumière que la végétation édimbourgeoise joue un certain rôle dans la limitation du phénomène d'îlot de chaleur urbain.

Since the late 1980's, society has become aware of the importance of nature in daily life. Although it is enjoyable, we have found for nature a utility of a next level: benefits on daily life. The cities now promote nature and develop in agreement with it. This phenomenon can be noticed within the capital of Scotland, Edinburgh. The city gathers over 500 000 inhabitants on 264 km², henceforth a density of around 1 894 inhabitants per km². The city center is divided into two by the Princes Street Gardens, with the modern part, New Town, on the North and the medieval historic part, Old Town, on the South. The city seems to have a tight link with corners of nature, a link anchored in its history. It is composed of 15% of nature. If we consider that a modern city is one that opens up in agreement with nature, we can consider that Edinburgh is a modern city since a long time ago.

This master thesis is entitled "The effects of nature facing the urban heat island: the example of Edinburgh, Scotland". Our field studies are focused on the most central districts of the city: Old Town, New Town, and the South of Stockbridge & Canonmills and Leith. We study the temperature control of the city thanks to nature from the thermal variations. In order to do that, the surface temperatures are studied with an infrared camera. Overall, four different studies are carried out. First, we would like to identify the logic of distribution of the green spaces of the city. Then, we would like to determine the influence of meteorological conditions over the temperature of the city. Thus, we can show that solar radiations are the biggest temperature influencer in urban areas. Then, we study the effects of the presence of plants on a wall, and can conclude that plants are actively participating to the cooling of the latter, preventing it from overheating. Finally, a profile of the ideal park is given, from an environmental perspective. It would include as much shade areas as possible and favor green plants and flowers. This master thesis allows us to determine that the nature in Edinburgh plays a certain role in the limitation of the urban heat island phenomenon.

