

Master of Science in Geography

Requalification d'un site en friche face à l'adaptation au changement climatique. Outils de simulation de températures comme aide à la décision pour penser l'avenir de la Cuvette de Vauseyon à Neuchâtel.

Coraline Gaud

Sous la direction du Dre Muriel Delabarre, MER, et du Dr Christian Kaiser, MER



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

Je déclare sur l'honneur avoir déposé la version finale de mon manuscrit.

Illustration de couverture

Cuvette de Vauseyon – Gaud, 2024

Remerciements

Pour commencer, je tiens à remercier ma directrice de mémoire, Dre Muriel Delabarre, pour ses précieux conseils qui m'ont permis de développer judicieusement les différentes parties de cette recherche.

Je souhaite également remercier mon directeur de mémoire, Dr Christian Kaiser, sans qui l'installation des capteurs de température n'aurait pu être réalisée.

Merci aussi à M. Nicolas Montavon pour le temps qu'il a consacré aux entretiens réalisés dans le cadre de cette recherche, ainsi que pour les éléments précieux apportés grâce à ces échanges.

Je remercie également mes parents et ma sœur pour leur précieuse relecture et leur soutien durant la rédaction de ce mémoire.

Enfin, un grand merci à Isaac pour son aide indispensable lors de l'installation des capteurs de température et pour le traitement des données récoltées par la suite.

Résumé

Avec les changements climatiques et l'intensification des îlots de chaleur urbains (ICU), les villes sont confrontées à des défis majeurs pour garantir un cadre de vie confortable à leurs habitants. Cette recherche s'intéresse à la manière dont les mesures d'adaptation peuvent être intégrées dans la planification urbaine locale. À travers une méthodologie qui combine l'analyse de documents officiels, des relevés de températures sur le terrain et des simulations thermiques, le travail explore trois axes principaux : la prise en compte des mesures d'adaptation dans les politiques actuelles, les variations de température au sein de la Cuvette de Vauseyon, et l'impact des scénarios de projet sur la réduction des effets des ICU. L'objectif est d'offrir des pistes concrètes et applicables pour intégrer les enjeux climatiques dans les projets urbains et accompagner les décideurs dans la conception de villes adaptées aux défis de demain.

Mots clés

Incertitudes climatiques | Ilots de chaleur urbains | Ecologie urbaine | Adaptation au changement climatique | Projet urbain | Requalification | Friche | Cuvette de Vauseyon | Outils de simulation de températures

Table des matières

Liste des abréviations et acronymes.....	8
Introduction.....	9
Problématisation et questions de recherche	14
Hypothèses.....	14
PARTIE I	15
1. Changement climatique et îlot de chaleur urbain (ICU)	15
1.1. Changement climatique.....	15
1.1.1. Détection du changement climatique	15
1.1.2. Le changement climatique à court, moyen et long terme	15
1.1.3. Les causes du changement climatique	16
1.1.4. Les effets actuels du changement climatique	17
1.1.5. Scénarios pour les climats futurs.....	18
1.1.6. Impacts du réchauffement climatique	21
1.2. Ilot de chaleur urbain.....	22
1.2.1. Définition	22
1.2.2. Formation	23
1.2.3. Les enjeux urbains face au climat nouveau.....	25
Synthèse 1	27
2. L'urbanisme écologique	28
2.1. Écologie urbaine.....	28
2.2. Projet urbain	29
2.3. Mesures d'atténuation dans le projet d'urbanisme	30
2.4. Métabolisme urbain.....	32
2.5. Mesures d'adaptation des espaces ouverts	33
2.6. Ingénierie écologique.....	35
2.7. Complémentarité des deux registres de mesures	37
Synthèse 2	38
3. Friches – définition et rôle dans le changement climatique	40
3.1. Définition et potentiel.....	40
3.2. Des lieux transactionnels	41
3.3. Des espaces d'opportunité	42
Synthèse 3	44
PARTIE II	45
4. Étude de cas	45
4.1. Contexte démographique du canton de Neuchâtel	45

4.3.	Plan Climat du canton de Neuchâtel.....	46
4.4.	La stratégie de territoire de la commune de Neuchâtel.....	49
4.5.	Dialogue entre le canton et la commune	51
4.6.	Le site d'étude : La Cuvette de Vauseyon.....	52
5.	Méthodologie déployée.....	56
5.1.	Analyse des documents officiels.....	57
5.2.	Entretien semi-directif.....	58
5.3.	Diagnostic orienté par la technique de l'arpentage	58
5.4.	Cartographie de températures	59
5.5.	Simulation de températures selon les scénarios de projet	66
PARTIE III	70
6.	Analyse des documents officiels	71
6.1.	Analyse du Plan Climat du Canton de Neuchâtel	71
6.2.	Analyse du PdTNE.....	72
6.3.	Analyse des éléments du PdTNE concernant la CdV.....	74
	Synthèse intermédiaire des résultats 1.....	76
7.	Analyse discursive	77
8.	Diagnostic orienté par la technique de l'arpentage.....	79
8.1.	Analyse par quartiers.....	83
8.2.	Logique de cuvette	88
8.3.	Surfaces imperméables prédominantes.....	90
8.4.	Végétalisation de la CdV	93
8.5.	Accessibilité	96
8.5.1.	A pied	96
8.5.2.	En vélo	98
8.5.3.	En voiture	99
8.6.	Vie industrielle.....	100
8.7.	Potentiels points d'activation.....	101
9.	Résultats des relevés des capteurs de température.....	103
9.1.	Analyse mensuelle des températures	103
9.2.	Analyse diurne des jours les plus chauds	106
9.3.	Analyse des températures nocturnes.....	112
9.4.	Ajout des scénarios RCP sur les températures du 11 août 2024.....	115
9.5.	Limite de l'analyse	119
	Synthèse intermédiaire des résultats 2.....	120
10.	Projet de composition spatiale	123

10.1.	Scénario de projet 1 – hypothèse de réponse face au scénario RCP 2.6	123
10.2.	Scénario de projet 2 – hypothèse de réponse face au scénario RCP 8.5	135
11.	Simulation des températures.....	142
11.1.	Présentation des résultats et discussion	142
11.2.	Limites de la simulation	149
	Conclusion	150
	Bibliographie.....	152
	Table des figures	160
	Annexes	162

Liste des abréviations et acronymes

ICU	Ilots de chaleur urbains
PME	Petites et moyennes entreprises
GES	Gaz à effet de serre
SAT	Service de l'Aménagement du Territoire de l'Etat de Neuchâtel
PLANAM	Planification et Aménagements urbains
RCP	Representative Concentration Pathway
SSP	Shared Socio-economic Pathway
GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
OFEV	Office Fédéral de l'Environnement
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
CdV	Cuvette de Vauseyon
RNL	Région Neuchâtel Littoral
PdTNE	Projet de Territoire de la Ville de Neuchâtel
NCCS	National Centre for Climate Services
TCAM	Taux de croissance annuel moyen

Introduction

La température globale de la surface terrestre a augmenté depuis les années 1850-1900. Cette augmentation correspond à 1.09°C durant la période 2011-2020 (Calvin & al., 2023). Cependant, en Suisse le changement climatique est pratiquement deux fois plus rapide que la moyenne mondiale (GIEC, 2019 ; OFEV, 2020).

La crise environnementale touche tout le monde depuis le début des années 1950. De nombreux phénomènes extrêmes semblent liés au processus d'urbanisation planétaire (Thomas & Da Cunha, 2017). Actuellement, il existe environ 40'000 villes à travers le monde, hébergeant plus de 50% de la population mondiale et représentant moins de 3% de la surface de la Terre, qui a elles seules émettent plus de 70% de la quantité de GES et consomment pas moins de 60% de l'énergie mondiale (Thomas & Da Cunha, 2017 ; Dubois, 2014).

Les villes jouent alors un rôle clé à la fois sur le dérèglement climatique et sur les adaptations à ce changement. Les émissions de GES en milieu urbain sont causées par différents mode de consommation. Les plus grandes causes d'émission sont le chauffage, les transports et les activités industrielles (Fallot, 2023). Cela dit, les villes permettent également une économie d'énergie considérable grâce à la proximité des habitants, des commerces et des industries. De ce fait, le modèle urbain consomme moins que le modèle rural (Touati, Crozy & Charmes, 2015).

En plus de causer une partie du dérèglement climatique, les villes sont les premières à en souffrir. En effet, malgré les moyens de prévention, de protection et de gestion de crise existants, les villes du Nord comme du Sud souffrent de plus en plus des événements extrêmes d'origine météorologique (Quenault, 2013), tels que les sécheresses, les vagues de chaleur, les inondations, les cyclones et les incendies de forêts (Dubois, 2014). Les villes sont davantage vulnérables que le reste du territoire à cause de leur densité en termes d'infrastructures et d'humains, qui génèrent plus de dégâts. Même si de nombreuses politiques de gestion des risques ont été développées au fil des années, le bilan des victimes mondiales reste lourd. Par exemple, la canicule de 2003 a provoqué 30'000 décès dans les villes européennes dont environ 15'000 en France et a entraîné des dommages totalisant 17 milliards d'euros (Quenault, 2013). La grande difficulté actuelle est que ces événements extrêmes seront qualifiés comme courants voire normaux d'ici 2100, c'est pour cela que les villes sont dans l'obligation d'optimiser leur résilience au vu du changement climatique évoluant (Quenault, 2013).

Les villes subissent également le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ci-après : ICU). Les nombreux espaces imperméabilisés, le manque d'espaces verts, la densité du milieu bâti ainsi que le dégagement de chaleur lié à l'industrie et à la circulation routière accentuent la chaleur urbaine et la difficulté de refroidissement nocturne (OFEV, 2018). Les risques liés au climat constituent alors un vrai défi pour les aménagistes et les urbanistes (Thomas & Da Cunha, 2017). De plus, l'échelle de la ville permet une mise en œuvre de mesures limitant les impacts négatifs du changement climatique (Dubois, 2014).

Au vu de la concentration accrue de population dans les villes, tout ce que l'Homme fait a une implication écologique. L'Homme a un impact direct sur l'histoire urbaine, la géographie, l'économie, la sociologie, les logements, le transport, l'eau et la santé publique. L'ensemble de ces domaines seraient nettement améliorés avec l'ajout d'une dimension d'écologie urbaine forte dans leur gestion (Forman, 2014). L'écologie urbaine est une approche écosystémique de la ville née de la confluence des sciences humaines et des sciences naturelles. Cet écosystème est appelé « éco-socio-système » (Delabarre, 2023). L'Homme doit être intégré à cet éco-socio-système comme un maillon interne et non externe au fonctionnement. L'objectif de l'écologie urbaine est de comprendre et d'analyser les diverses relations entre les dimensions de cet éco-socio-système, à savoir les dimensions humaines, sociales, matérielles, écologiques (Cunha & Delabarre, s. d.).

Dans le contexte climatique actuel et au vu de l'influence des villes sur le climat, il est également important de limiter le changement climatique à l'échelle de la ville. Pour ce faire, des mesures d'atténuation visent à diminuer les émissions de GES dans l'atmosphère. Il s'agit alors de limiter le changement climatique avec des objectifs clairement définis (Thomas & Da Cunha, 2017). De ce fait, les émissions de GES urbaines seront réduites et permettront de diminuer l'effet d'ICU (Fallot, 2023).

De plus, comme expliqué précédemment, l'urbanisation planétaire a entraîné une importante consommation de sol, d'énergie et de matières premières. Le système urbain est jusqu'ici linéaire et dépasse le périmètre des villes. En conséquence, les villes puisent les matières premières et rejettent des polluants ainsi que leurs déchets au-delà de leurs frontières. Dans le contexte actuel de changement climatique, il est important de passer d'un métabolisme urbain linéaire à un métabolisme cyclique et syntrophique (Erkman, 2004). Le but consiste à transformer des villes actuellement dépendantes et influentes sur le reste du monde en des villes plus compactes et auto-suffisantes. De ce fait, par l'intermédiaire de l'aménagement du

territoire et de l'activité de projets en urbanisme, les villes doivent réduire leur consommation de sol et être aptes à créer des symbioses diverses (Erkman, 2004).

Aussi, étant donné que le réchauffement climatique est devenu inévitable et que les villes abritent 50% de la population mondiale, il est primordial de s'adapter à ce réchauffement climatique et de garantir un confort de vie à la population. De ce fait, des mesures d'adaptation consistent à diminuer la vulnérabilité des territoires et des êtres vivants touchés par les changements climatiques (Thomas & Da Cunha, 2017). Actuellement, 3.3 à 3.6 milliards d'humains vivent dans des contextes de haute vulnérabilité face au changement climatique (Calvin & al., 2023). Cette vulnérabilité est majoritairement induite par l'incertitude qu'entraînent ces changements. Les outils traditionnels de l'aménagement du territoire d'adaptation aux changements climatiques consistent à limiter le développement dans les zones à risque, d'augmenter la capacité des villes à résister aux perturbations environnementales, de préserver les milieux naturels et d'informer les décideurs et les intervenants des risques liés aux changements climatiques pour renforcer un dialogue continu (Thomas & Da Cunha, 2017).

L'OFEV¹ a établi quelques directives claires en ce qui concerne les mesures d'adaptation au changement climatique en Suisse (2018). La première directive consiste à développer une structure urbaine et des espaces ouverts en réseau en fonction du climat. La deuxième concerne la végétation urbaine et son extension irrévocable pour pallier l'augmentation des températures futures. La dernière consiste à désimperméabiliser les sols des villes pour les rafraîchir, afin de réduire l'absorption de chaleur par ces derniers et d'optimiser la gestion du ruissellement des eaux dans les villes (OFEV, 2018).

De plus, des espaces d'opportunité se dessinent dans chaque ville occidentale. En effet, la période industrielle a causé le réchauffement climatique ainsi qu'une disparité dans le tissu bâti. En effet, la désindustrialisation de l'Occident lors de la deuxième partie du 20^e siècle a engendré le désinvestissement des secteurs industriels (Andres & Gresillon, 2011). De ce fait, de nombreux territoires ont été délaissés et constituent aujourd'hui des trous dans le tissu bâti appelés des friches industrielles (Dufour, s.d).

Une friche est un site inutilisé d'une superficie minimale d'un hectare (ARE, 2008). Il existe plusieurs types de friches. L'affectation prévue à l'origine du site en question définit la friche. De ce fait, une friche est dite industrielle, artisanale, ferroviaire, portuaire, militaire ou tertiaire.

¹ Office Fédéral de l'Environnement

En complément, le terme de friche urbaine désigne une friche, peu importe sa typologie, se trouvant à l'intérieur d'une agglomération (Thomann, 2005).

Les friches se multiplient lors de la période post-industrielle en Europe occidentale. Peu à peu, les collectivités optent pour une stratégie de renouvellement urbain et une partie de ces friches se voient réinvesties et transformées en quartier d'habitation par exemple. La gestion de ces friches s'inscrit alors parfaitement dans la gestion du changement climatique en ville car elles correspondent à des espaces d'opportunité (Andres & Bochet, 2010). Cependant, une friche non réinvestie n'est pas sans vie. Au contraire, des usages nouveaux tels que du squat par certains individus peuvent émerger (Andres & Grésillon, 2011).

Aussi, les friches sont un réel habitat pour de nombreuses espèces végétales et animales qui s'y épanouissent (Natura Urbana, 2017). De plus, les changements climatiques engendrent une incertitude pour les collectivités et les habitants. Ainsi, les friches sont des territoires pouvant être considérés comme des marges de manœuvres pour les politiques de gestion des changements climatiques (Vanbutsele & Brahimllari Schafner, 2023).

Ce travail de recherche se concentrera sur une friche industrielle située dans le canton de Neuchâtel. Neuchâtel est un canton qui connaît un déclin démographique depuis quelques années. En effet, l'évolution de la population durant la période 1993-2021 connaît un taux de croissance annuel moyen positif de seulement 0,3%. De ce fait, la région littorale où se trouve la Ville de Neuchâtel souhaite une croissance de 5000 habitants d'ici 2040 (Statistiques Vaud, 2022). Afin de garantir cette évolution, un Projet de Territoire de la Ville de Neuchâtel a été élaboré (ci-après PdTNE) ayant pour but d'attirer des résidents en créant de l'emploi. Le projet prévoit 5000 nouveaux habitants pour 6000 nouveaux emplois. Pour la création de ces nouveaux emplois, la Ville compte sur ses espaces non-utilisés et peu dynamiques : ses friches (PdTNE, 2023). C'est dans ce contexte neuchâtelois que s'inscrit cette recherche portant sur une friche neuchâteloise de 8 hectares : la Cuvette de Vauseyon (ci-après : CdV).

La CdV est un site industriel depuis de nombreuses années (PDC Neuchâtel, 1992). Ce site se trouve entre la rivière du Seyon, la forêt, l'autoroute, les voies de chemin de fer et les habitations des quartiers des Parcs, des Parcs-Dessous, des Poudrières et de La Caille. De ce fait, la Cuvette est un site stratégique et central pour la Ville de Neuchâtel (Entretien exploratoire avec Nicolas Montavon, 13 novembre 2023). Elle est actuellement considérée comme une friche même si les activités industrielles sont encore présentes. Le site de la CdV est qualifié de « site qui dort » par le chef de projet du service du développement territorial de la Ville de Neuchâtel Nicolas

Montavon. En réalité, le projet de ce site n'est pas une requalification mais une réactivation de l'industrie existante. Il s'agira de densifier et d'amener de nouvelles entreprises, entre artisanat et PME, afin de créer de l'emploi, en respectant les autres enjeux et objectifs de la commune de la Ville de Neuchâtel (PdTNE, 2023).

Dans ce contexte, les outils de simulation de températures sont des leviers précieux dans la pesée des intérêts des projets urbains. Ils permettent d'évaluer l'impact de mesures comme la végétalisation et la désimperméabilisation, essentielles pour réduire les ICU. Les friches urbaines, espaces d'opportunité, offrent un cadre idéal pour tester ces stratégies et guider les décisions d'aménagement.

Problématisation et questions de recherche

La problématique de ce projet de recherche s'articule autour des différents éléments abordés en introduction, à savoir le changement climatique en ville, les solutions offertes par l'urbanisme pour pallier l'augmentation des températures, les friches urbaines, le contexte neuchâtelois ainsi que les outils de simulation de températures.

Ainsi, ce travail vise à explorer comment un projet de requalification d'une friche urbaine peut articuler stratégies d'attractivité et impératifs d'adaptation au changement climatique. Il s'intéresse également au rôle des outils de simulation dans la modélisation de scénarios futurs en faveur d'une planification urbaine plus résiliente. Cette problématique est portée par deux questions de recherche principales et complémentaires :

- De quelle manière le projet de requalification d'une friche peut-il s'inscrire à la fois dans les stratégies d'attractivité pour refaire la ville sur la ville et les stratégies d'adaptation au changement climatique de la Ville de Neuchâtel ?
- Dans quelle mesure les outils de simulation de températures sont-ils utiles pour modéliser des scénarios futurs en faveur de l'adaptation au changement climatique dans un projet de composition urbaine ?

Hypothèses

Trois hypothèses sont posées en amont de l'analyse afin de structurer le travail et de répondre de manière complète à la question de recherche globale.

- 1. Les mesures d'adaptation au changement climatique s'inscrivent dans les stratégies urbaines de la Ville de Neuchâtel et dans le projet de requalification de la CdV.***
- 2. La ripisylve du Seyon constitue un îlot de fraîcheur dont la Ville doit profiter.***
- 3. Les mesures d'adaptation préconisées par l'OFEV sont efficaces et validées par des outils de simulation de températures.***

PARTIE I

1. Changement climatique et îlot de chaleur urbain (ICU)

1.1. Changement climatique

1.1.1. Détection du changement climatique

Les rapports successifs du GIEC² ont démontré au fil des années un réchauffement climatique global. Le réchauffement climatique ainsi que l'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone étaient déjà détectés lors du premier rapport du GIEC en 1990. Ces rapports reportent également la maturation de la réflexion sur les causes de cette augmentation de la température terrestre (Planton, 2007).

À cette époque, les causes n'étaient pas encore identifiées. Ce rapport concluait que le réchauffement était principalement lié à des causes naturelles et non anthropogéniques. Ce n'est seulement dans le second rapport du GIEC, en 1995, que l'influence des activités humaines sur le climat a été cernée (Planton, 2007). En effet, les climatologues ont attendu d'avoir la certitude que les activités humaines soient corrélées au réchauffement climatique. Dans le rapport du GIEC de 2007, les chercheurs affirmaient que le réchauffement était devenu inévitable, mais qu'il pouvait encore être limité, notamment en diminuant les émissions de GES (Collins & al., s. d.).

1.1.2. Le changement climatique à court, moyen et long terme

L'ère préindustrielle (1850-1900) est considérée comme la période de référence, en réponse aux facteurs anthropogéniques induisant en partie le réchauffement climatique (OFEV, 2020). La température globale de la surface terrestre a alors augmenté depuis les années 1850-1900. Cette augmentation correspond à 1.09°C en 2011-2020. Cependant, le réchauffement n'est pas uniforme. Il est plus prononcé sur la terre (+1.59°C), que sur les océans (+0.88°C) (Calvin & al., 2023).

De ce fait, à court terme, les températures extrêmes chaudes, dont les vagues de chaleur sont déjà plus fréquentes et engendrent une augmentation des taux de mortalité ainsi que de

² Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

morbidité. Les épisodes chauds sont davantage représentés dans les milieux urbains, touchant alors une proportion importante de la population (GIEC, 2022).

À moyen terme et dans tous les scénarios actuels, le réchauffement climatique continuera d'augmenter dans un futur proche (2040), principalement à cause des émissions de CO₂. La probabilité que le réchauffement atteigne +1.5°C est de plus de 50% (GIEC, 2022 : 7).

En conséquence, les vagues de chaleur toucheront une plus grande proportion de la population et augmenteront la mortalité et la morbidité (GIEC, 2022 : 15). De plus, les maladies à transmission vectorielle deviendront plus répandues, comme la Dengue, pouvant toucher plus de territoires, dont l'Europe (GIEC, 2022 : 15). Le stress et l'anxiété en particulier chez l'enfant, l'adolescent et les personnes âgées seront en hausse (GIEC, 2022 : 15). Les augmentations respectives de ces effets sur la population augmenteront de manière disproportionnée pour chaque degré supplémentaire du réchauffement au vu du lien entre les dommages et l'ampleur des événements climatiques extrêmes, évoluant de manière non-linéaire (NCCS, 2018b).

À long terme, l'augmentation des températures pourrait atteindre plus de 3°C d'ici à la fin du siècle si les engagements pris à l'Accord de Paris ne sont pas renforcés (PNUE, 2019). En effet, les mesures prises actuellement par les politiques mènent à un réchauffement de +3.2°C d'ici la fin du siècle (Calvin & al., 2023). De ce fait, les vagues de chaleur augmenteront en nombre, en durée et en intensité (Barriopedro & al., 2011). Parmi les événements considérés comme des catastrophes naturelles, ce sont les vagues de chaleur qui témoignent de la plus grande mortalité ces dernières décennies. La décennie 2011-2020 est en moyenne la plus chaude enregistrée pour l'ensemble de la Terre depuis 125'000 ans (Arias & al. : 61). Les années 2016 et 2020 sont les plus chaudes mesurées pour l'ensemble de la surface de la Terre (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2021).

1.1.3. Les causes du changement climatique

Les causes anthropiques n'ont pas été explicitées dès le début de la détection du changement climatique, dans les années 1990. Cependant, depuis une vingtaine d'année, la relation entre les activités humaines et le changement climatique a été établie (Planton, 2007 ; Collins & al., s. d.).

Les principales causes de ce réchauffement sont liées à l'activité humaine. En effet, la fourchette du réchauffement causé par l'Homme est comprise entre 0,8°C et 1,3°C. Tandis que les facteurs

naturels, comme les facteurs volcaniques et solaires ont modifié la température globale de la surface terrestre de $-0,1^{\circ}\text{C}$ à $+0,1^{\circ}\text{C}$ (Calvin & al., 2023).

La plus grande cause anthropogénique est l'augmentation de la concentration de GES. En effet, au cours des 200 dernières années, les émissions de GES confondues ont contribué à un réchauffement de $1,0^{\circ}\text{C}$ à $2,0^{\circ}\text{C}$. Cela dit, les aérosols ont un forçage négatif qui a compensé en petite partie le réchauffement induit par les GES en diminuant la température, même si le changement climatique reste positif en termes de degré (Calvin & al., 2023 ; Collins & al., s.d.). Les concentrations actuelles dépassent de 35% celles de la période préindustrielle. La relation entre ces concentrations en hausse et les activités humaines est irréfutable, notamment pour les gaz sans origine naturelle, tels que les halocarbures. De plus, la répartition géographique des concentrations démontre la présence plus accrue de tous ces gaz dans les régions denses de l'hémisphère nord (Collins & al., s. d.). Cependant, les concentrations atmosphériques sont en baisse depuis plusieurs années et l'espérance de vie en est moins impactée (OFEV, s. d.).

1.1.4. Les effets actuels du changement climatique

Ce réchauffement climatique induit d'ores et déjà de nombreux effets sur la météo au niveau mondial (Calvin & al., 2023). De plus en plus de phénomènes extrêmes sont constatés dans toutes les régions du monde. En effet, les changements de précipitations et la fonte de la cryosphère perturbent les systèmes hydrologiques et biogéochimiques. Les conséquences déjà observables sont les suivantes : réchauffement planétaire, élévation du niveau de la mer, acidification des océans, perte de la biodiversité, augmentation de certaines maladies, ainsi que davantage d'événements extrêmes tels que les sécheresses, les vagues de chaleur, les inondations, les cyclones et les incendies de forêts (Hunt & Watkiss, 2011 ; IPCC, 2022 ; IPCC, 2018; Dubois, 2014).

En Suisse, le changement climatique est décelable depuis de nombreuses années. En effet, comme illustré ci-dessous, la tendance du réchauffement est visible d'année en année depuis 1864. Le changement climatique suisse est plus rapide que la moyenne mondiale pour deux raisons. Premièrement, l'éloignement avec l'océan empêche ce dernier de jouer son rôle de régulateur thermique, ce qui accélère le réchauffement suisse (GIEC, 2019 ; OFEV, 2020). Deuxièmement, la proximité relative de la Suisse avec des régions polaires se réchauffant plus rapidement, à cause de la fonte du manteau neigeux modifiant l'albedo, accélère également le changement climatique suisse (OFEV, 2020). Tandis qu'en 2018, le rapport du GIEC annonçait un réchauffement de +1°C (IPCC, 2018), la température de l'air suisse quant à elle a augmenté de plus de 2°C dans toutes les régions de la Suisse entre 1864 et 2017, comme illustré sur le graphique ci-dessous. Pour finir, neuf des dix années les plus chaudes suisses se situent dans le 21^e siècle (NCCS, 2018a).

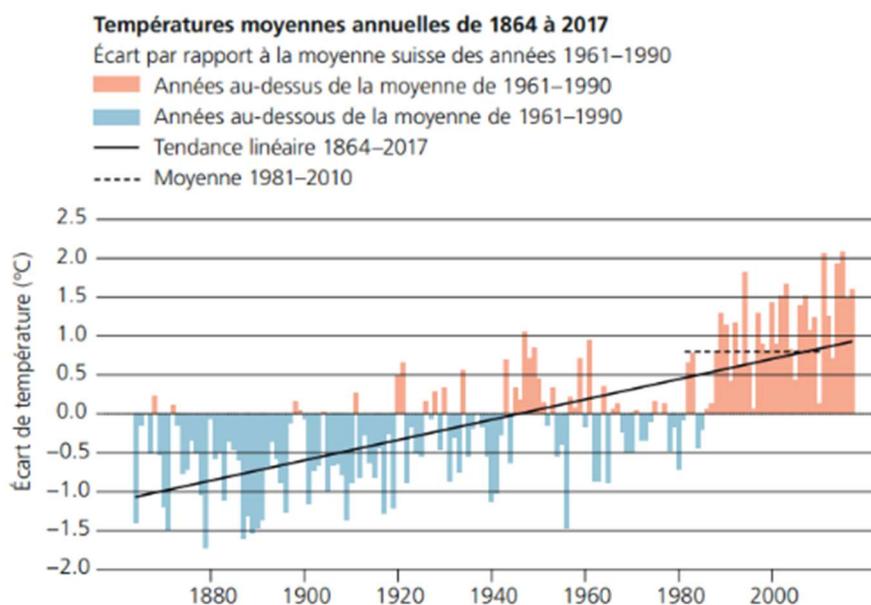


Figure 1 : Températures moyennes annuelles en Suisse pour la période 1864-2017 (NCCS, 2018)

1.1.5. Scénarios pour les climats futurs

De nombreux scénarios ont été présentés par le GIEC durant les différents rapports, pour le court-terme, le moyen-terme et le long terme : les scénarios RCP³ (2008) et les scénarios SSP⁴ (2021 ; GIEC, 2022). Les scénarios RCP sont constitués à l'aide de l'écart entre la puissance radiative reçue et celle émise par le système Terre. Les scénarios SSP correspondent à différents scénarios d'émission de GES liés à des composantes socio-économiques et différentes

³ Representative Concentration Pathway, en français Trajectoires représentatives de concentration

⁴ Shared Socio-economic Pathway, en français Trajectoires socio-économiques communes

politiques climatiques. Pour cette recherche, ce sont les scénarios RCP qui seront mobilisés, car les recherches sont plus nombreuses pour ces scénarios.

Ces scénarios RCP se déclinent en quatre scénarios différents selon les émissions de GES prédites. Le scénario le plus optimiste (RCP 2.6) prévoit une diminution considérable des émissions de GES annuelles. Le scénario moyennement optimiste (RCP 4.5) compte sur une diminution plus légère des émissions de GES annuelles. Le troisième scénario (RCP 6.0) prévoit quant à lui une continuité en termes de quantité d'émissions, puis vers 2080 une diminution. Le dernier scénario (RCP 8.5), le plus pessimiste, ne prévoit aucun changement dans le rythme actuel auquel les émissions augmentent (GIEC, 2014).

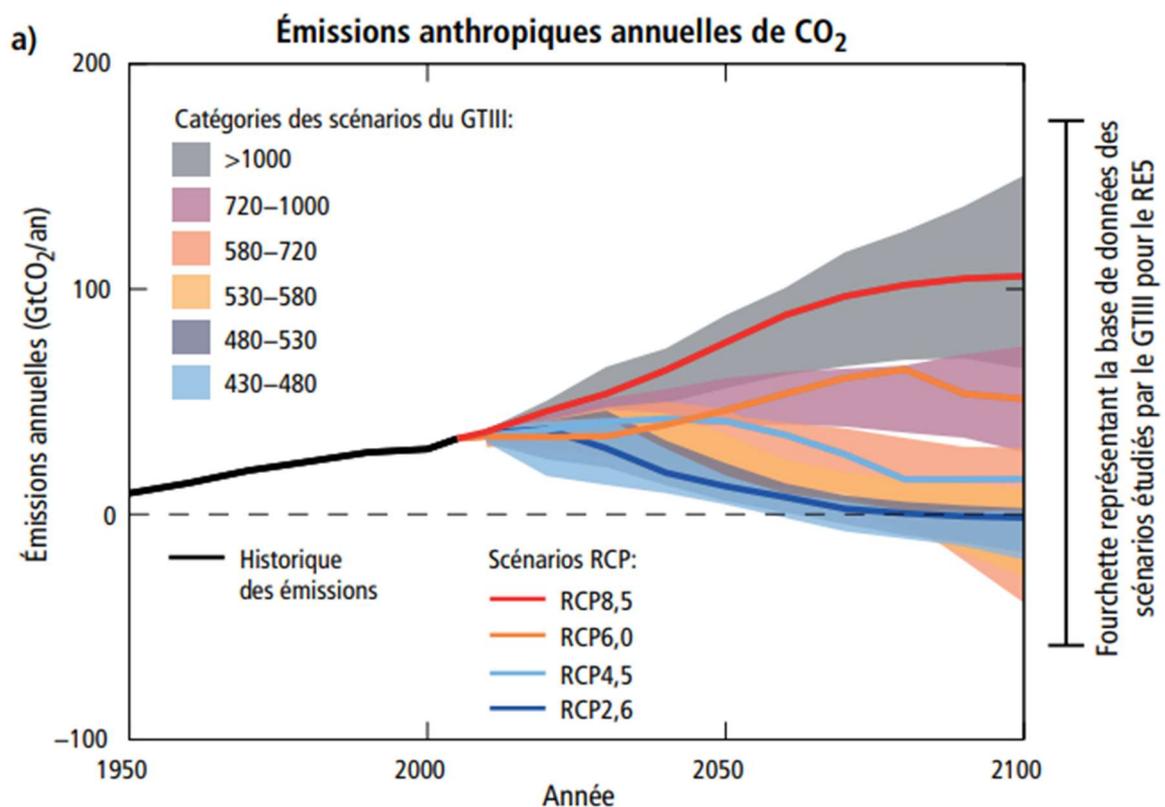


Figure 2 : Scénarios RCP selon les émissions annuelles de GES (GIEC, 2014)

Pour pallier le réchauffement climatique, la Suisse a élaboré les scénarios climatiques CH2018. Ces derniers ont été construits sous la responsabilité de MétéoSuisse, de l'EPF Zurich ainsi que sous l'égide du NCCS⁵. Les scénarios CH2018 reprennent trois des scénarios RCP et les translatent sur le contexte suisse. Les trois scénarios choisis sont les scénarios RCP 8.5, RCP 2.6 et RCP 4.5, qui lui, vise un réchauffement limité à +2°C (Rapport technique CH2018). Les

⁵ National Centre for Climate Services

scénarios CH2018 exposent dans quelle région et de quelle manière le réchauffement climatique va se manifester (NCCS, 2018a). En effet, le GIEC a approuvé un rapport sur le réchauffement global à 1,5°C, en octobre 2018. Dans ce rapport, les différences des impacts d'un réchauffement de 1.5°C et de 2°C sont explicitées (NCCS, 2018a ; IPCC, 2018). Cela dit, le scénario impliquant une augmentation de la température de 1.5°C à court terme nécessite un changement rapide de la consommation ainsi qu'une réduction des émissions de gaz (Calvin & al., 2023).

Ces scénarios CH2018 se précisent par régions et par cantons, afin de prévoir les changements climatiques de manière locale. Contrairement aux scénarios pour la Suisse entière, les scénarios cantonaux sont déclinés selon les scénarios RCP 2.6 et RCP 8.5 du GIEC (NCCS, n.d.).

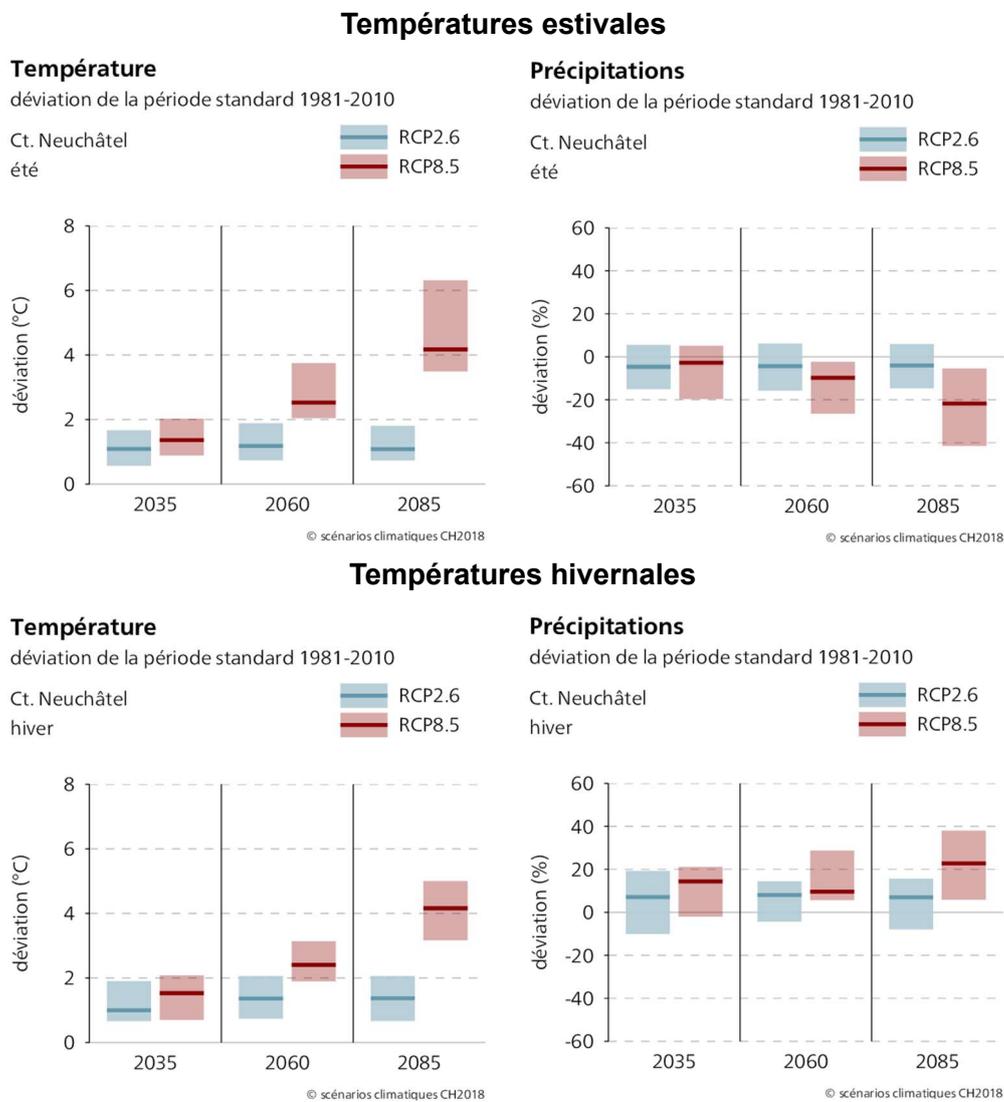


Figure 3 : Scénarios pour le canton de Neuchâtel (NCCS, n.d.)

Les deux scénarios pour le canton de Neuchâtel sont résumés pour l'été et l'hiver sur les quatre graphes ci-dessus. Le changement climatique influencera les températures et les précipitations. Pour la saison estivale, dans le cas du scénario RCP 2.6, la température médiane est plus chaude en 2060 qu'en 2035 puis plus faible en 2085, ce qui concorde avec la diminution d'émissions de GES du scénario en question. Pour le scénario RCP 8.5, la température médiane estivale augmente graduellement pour dépasser les +4°C en 2085. En ce qui concerne la saison hivernale, le scénario RCP 2.6 prévoit une température médiane ne dépassant pas les +2°C. Cependant, pour le scénario RCP 8.5, la température médiane dépasse les +2°C en 2060 puis les +4°C en 2085. En ce qui concerne les précipitations, dans le scénario RCP 2.6, les précipitations estivales et hivernales restent relativement stables au fil des années. Tandis qu'avec le scénario RCP 8.5, les précipitations estivales diminuent de 20% d'ici 2085 et les précipitations hivernales augmentent de 20% d'ici 2085 (NCCS, n.d.)

1.1.6. Impacts du réchauffement climatique

Si le changement climatique est limité à 1,5°C, de nombreux impacts seront estompés. En Suisse, en été, par exemple, l'augmentation serait de 1 à 2,5°C, contre 4 à 7°C sans atténuation (NCCS, 2018a). Cela dit, dans le nouveau rapport du GIEC de 2023, les climatologues affirment qu'au vu des avancées dans l'atténuation du changement climatique, il est plus supposé de dépasser les 1,5°C d'augmentation de la température (Calvin & al., 2023).

Dans le cas d'un réchauffement climatique non atténué, il y aurait de nombreux changements d'ordre météorologique en Suisse. Ces principaux changements peuvent se résumer en quatre points. Premièrement, le réchauffement climatique va influencer nos étés et les rendre plus secs. Les étés seront plus secs car les précipitations vont diminuer et parce que l'évaporation augmentera pendant les mois d'été. Ces deux phénomènes auront pour effet des sols plus arides. D'ici la fin du siècle, une sécheresse qui survient actuellement une à deux fois tous les dix ans pourrait survenir tous les deux ans. De manière générale, au milieu du 21^e siècle, les précipitations estivales vont diminuer de 25%, la période de sécheresse estivale la plus longue augmentera de 9 jours au maximum et les températures estivales augmenteront de 2.5°C à 4.5°C (NCCS, 2018a).

Deuxièmement et en parallèle, les températures estivales augmenteront drastiquement. Cette hausse de température se fera davantage ressentir en été, même si elle concerne toutes les saisons. Les températures maximales augmenteront beaucoup plus que les températures moyennes saisonnières. Les grandes régions européennes proches de la Méditerranée, dont la

Suisse fait partie, sont beaucoup plus touchées par ce phénomène. Au milieu du siècle, les températures maximales pourraient augmenter de 2 à 5,5°C de plus et le nombre de jours de fortes chaleurs augmentera de 3 à 17 jours. Les modèles climatiques ne tiennent pas compte des ICU (îlots de chaleur urbains), c'est-à-dire que les températures seront encore plus chaudes dans les régions urbaines et denses (NCCS, 2018a).

Troisièmement, les fortes précipitations seront plus fréquentes et d'intensité plus forte, spécialement l'hiver. Ceci s'explique notamment car l'air chaud absorbe 6 à 7% d'eau en plus par degré Celsius. Les précipitations extrêmes qui surviennent tous les 100 ans environ connaîtront une augmentation de fréquence de 10 à 20% d'ici la moitié du siècle. Cette hausse de précipitation peut entraîner de nombreux coûts de réparations en réponse aux dommages causés par des inondations et des glissements de terrain. De plus, d'autres coûts seront engendrés par les infrastructures visant à augmenter la résilience face à ces événements, telles que la protection des bâtiments, des ouvrages de protection contre les crues et des systèmes de drainage (NCCS, 2018a).

Pour finir, les hivers seront moins enneigés. En effet, les hivers seront plus chauds qu'actuellement et une augmentation de 3,5°C est envisagée. Cette augmentation de température a déjà altéré la qualité et les quantités de neige en Suisse. Depuis 1850, les glaciers ont perdu près de 60% de leur volume et depuis 1970, les jours de neige en-dessous de 800m d'altitude ont été divisés par deux. Cela dit, la tendance n'est pas près de s'inverser. D'ici le milieu du siècle, l'isotherme du 0 degré moyen pourrait s'élever à 1500m d'altitude contre 800m aujourd'hui. La hausse des précipitations couplée à l'augmentation de la température moyenne instaurera une plus faible quantité de neige et plus de pluie hivernale (NCCS, 2018a).

1.2. Ilot de chaleur urbain

1.2.1. Définition

Un ICU correspond à un secteur urbain ou métropolitain dans lequel les températures sont significativement plus élevées que celles des zones rurales environnantes (Anquez & Herlem, 2011 ; Dubois, 2014). La différence de température peut varier entre 5°C à 10°C de plus que la moyenne (Anquez & Herlem, 2011). Cependant, Oke a démontré en 1982 que l'intensité maximale d'un ICU pouvait atteindre 2°C pour une ville de 1000 habitants et 12°C pour une mégapole de plusieurs millions d'habitants (Oke, 1982). Sur l'image, l'ICU bâlois est illustré. La différence de température entre la ville et les périphéries est nette (OFEV, 2018).

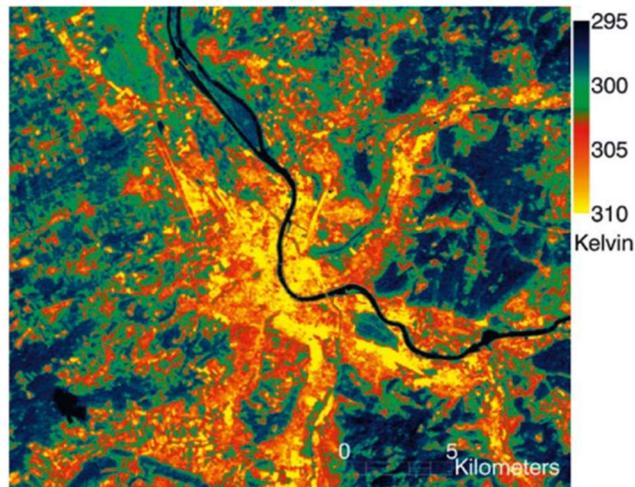


Figure 4 : Forme de l'effet d'ICU : thermographie infrarouge de Bâle, prise le 12.8.2000 à 11h07 (OFEV, 2018)

1.2.2. Formation

La formation de l'ICU est liée à la qualité de l'air urbain. L'atmosphère est composée à 99,96% d'azote, d'oxygène et d'argon. Les 0,04% restants déterminent la qualité de l'air. Le CO₂ par exemple représente actuellement 0,035% de l'atmosphère. Dans ces 0,04%, certains gaz ont des origines naturelles et d'autres humaines. Nombreux de ces GES exercent une influence directe sur le phénomène d'ICU, comme le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO, NO₂, NO_x), le monoxyde de carbone (CO), les composés volatils (COV), l'ozone (O₃), les poussières et les métaux lourds (Fallot, 2023).

La qualité de l'air urbain dépend des émissions, de la transmission et des immissions de ces polluants atmosphériques. Les émissions correspondent aux gaz provenant d'activité humaine ou naturelle, qui sont relâchés dans l'atmosphère. Ces différents gaz cités ci-dessus proviennent surtout des chauffages, des transports et des activités industrielles, c'est pour cela qu'ils sont davantage concentrés en ville. La transmission de ces gaz correspond à leur dispersion et transformations chimiques des polluants primaires lors de leur séjour dans l'atmosphère. Une fois dans l'atmosphère, les gaz voyagent et peuvent subir des transformations chimiques pour donner lieu à des polluants secondaires, tels que l'ozone (O₃). Durant cette étape, les facteurs climatiques exercent une grande influence, tels que le vent, le rayonnement solaire, la température, l'humidité et la stabilité de l'air. Puis, les immissions traduisent les effets des polluants sur les hommes, les animaux et les plantes une fois leur séjour dans l'atmosphère terminé. Ces trois composantes sont les principaux influents de la qualité de l'air et la concentration de ces gaz en ville, dans ces trois phases, explique le phénomène d'ICU (Fallot, 2023).

De ce fait, les villes exercent une influence thermique générale et la préservation des ICU découle en partie de facteurs humains. En réalité, la température augmente à cause de la qualité de l'air, et ne diminue pas à cause des facteurs suivants :

- 1) Les bâtiments augmentent la rugosité du sol et la circulation du vent en est affaiblie.
- 2) Les villes rejettent de la chaleur et des polluants dans l'atmosphère par l'intermédiaire des chauffages, du trafic et des industries. Ces rejets augmentent selon la taille de l'agglomération et le nombre d'industries et sont plus importants en saison froide et aux hautes latitudes.
- 3) Les surfaces bâties en ville ont des propriétés thermiques et hygrométriques différentes que les surfaces vertes de la campagne. En effet, les matériaux de revêtement ont des propriétés modifiant l'albedo des bâtiments et influençant ainsi l'absorption de chaleur. Ces surfaces constituent un « piège radiatif » car elles stockent de la chaleur pendant la journée et la rejettent la nuit, ce qui ralentit le refroidissement nocturne naturel.
- 4) Les sols imperméables des villes sèchent plus vite en période de précipitation, ce qui réduit l'effet rafraîchissant de l'évaporation des sols, contrairement aux sols perméables.
- 5) La végétation permet de l'évapotranspiration apportant un effet rafraîchissant. Mais, cette dernière est limitée en ville, ce qui augmente l'ICU (Dubois, 2014 ; OFEV, 2018 ; Anquez & Herlem, 2011, Falot, 2023).

À cause des différents facteurs préservant l'ICU, les concentrations de GES ne diminuent pas et leur dispersion devient impossible. Cet effet développe un dôme urbain chaud au-dessus des villes. Ce dôme peut avoir plusieurs formes selon l'ampleur et la dimension de l'ICU, la vitesse du vent général et la stabilité de l'air. Selon la taille de la ville et de l'ICU, plusieurs cellules de convection peuvent se former au sein du dôme urbain chaud, ce qui aboutit à une circulation d'air encore plus complexe (Falot, 2023).

Cela dit, la Suisse a entrepris depuis quelques années de nombreuses mesures afin d'améliorer la qualité de l'air. Ces mesures ont permis une baisse d'émissions réussie pour une partie des gaz problématiques (SO₂, NO, NO₂, NO_x, COV et PM10). Cette réduction a été réalisée grâce à des incitations économiques ainsi que le renforcement des prescriptions pour les émissions des installations stationnaires et des véhicules. De ce fait, la Suisse est optimiste pour la suite de l'évolution de ces concentrations (OFEV, 2021).

1.2.3. Les enjeux urbains face au climat nouveau

Les ICU se sont inscrits, au fil des années, comme un enjeu de plus en plus important pour les villes. Ces derniers engendrent des vagues de chaleur dans les milieux urbains devenus plus fréquentes et plus meurtrières. En Suisse, les taux de mortalité ont été en hausse pour les étés 2003, 2015 et 2018, avec presque 1000 décès supplémentaires en 2003 (OFEV, 2020). En effet, la résilience des êtres humains aux vagues de chaleur dépend de leur capacité à maintenir leur température interne à 37°C. Cette capacité s'optimise via la transpiration, l'augmentation du débit cardiaque et la redirection du flux sanguin vers la peau. Cela dit, certaines personnes comportent des réponses à la chaleur diminuées ou retardées, à l'instar des personnes âgées et des jeunes enfants (Kovats & Hajat, 2008).

Cependant, d'autres impacts des vagues de chaleur se répercutent sur la santé de la population. En effet, un risque d'augmentation des admissions dans les services d'urgence des hôpitaux pour cause de déshydratation ou de détérioration de la fonction cardiaque ou pulmonaire est à anticiper par les villes (OFEV, 2020a). De plus, les épisodes de forte chaleur touchent le confort urbain de la population et peut générer des impacts psychologiques, un accroissement de la violence ainsi que divers troubles sociaux (AEE, 2012). Aussi, lors de fortes chaleurs, les nuits sont plus chaudes, privant la population d'un rafraîchissement nocturne, ce qui augmente l'épuisement lié à la chaleur (Grize & al., 2005).

De ce fait, les villes sont très vulnérables aux changements climatiques pour plusieurs raisons. Elles sont premièrement vulnérables à cause des ICU augmentés au vu du réchauffement climatique. Elles sont ensuite vulnérables à cause de leur consommation en énergies fossiles et en ressources non-renouvelables, et la nécessité d'une transition énergétique afin d'atténuer le changement climatique. Elles sont vulnérables à cause de la concentration des populations et des activités. Effectivement, un séisme provoquera plus de dégâts en ville qu'en campagne, dû à la concentration de la population et au nombre d'infrastructures qui peuvent engendrer d'autres catastrophes (incendie, effondrement, etc.) (Thomas & Da Cunha, 2017 ; Dubois, 2014). Néanmoins, l'échelle de la ville permet une mise en œuvre de mesures limitant les impacts négatifs du changement climatique (Dubois, 2014).

La vulnérabilité se définit comme un facteur de risque interne d'un système qui est susceptible d'être endommagé. C'est pour cela que la réduction de la vulnérabilité est mise en avant pour prévenir et atténuer les catastrophes. En réalité, réduire la vulnérabilité équivaut à réduire le

risque. La gestion des risques implique trois politiques publiques : l'identification des risques, la réduction, la prévention des risques et la gestion des catastrophes (Cardonna, s.d.).

La théorie de la résilience émet l'idée que les sociétés peuvent contrer leur vulnérabilité en s'adaptant à des environnements hostiles. Ces sociétés sont alors aptes à modifier leur rapport avec l'environnement naturel, l'ordre politique et le contexte socioéconomique qui les entourent afin de ne plus être vulnérables. Cette théorie regroupe les notions de préparation, de réaction et de transformation au sein de systèmes dynamiques. Aussi, la résilience évoque que les facteurs externes ne peuvent être contrôlés et qu'il faut s'adapter à l'interne pour y faire face (Thomas & Da Cunha, 2017).

La ville devient alors le site favori pour établir la résilience. En effet, la ville est considérée ici comme un système ouvert et interconnecté. C'est-à-dire que le fait urbain se compose de la matérialité du bâti, du cadre de vie, des fonctions urbaines, mais également de la dimension politique de l'urbain, des jeux d'acteurs, des communautés et du vivre ensemble. C'est donc dans la ville qu'il faut agir et créer de la résilience face aux nombreuses incertitudes climatiques (Thomas & Da Cunha, 2017).

L'adaptation des villes représente donc un enjeu clé pour l'avenir de notre société. De plus, la vulnérabilité de la population dense des villes causera des ruptures d'approvisionnement, des pertes patrimoniales, des problèmes de santé et de mortalité, une augmentation de l'incidence des maladies contagieuses et des pollutions massives (Thomas & Da Cunha, 2017). Par exemple, lors des jours de canicule et des nuits tropicales, les courbes de mortalité sont plus élevées que d'habitude (OFEV, 2018). Dans le contexte actuel, l'atténuation des îlots de chaleur devrait être primordiale pour chaque ville, même s'il s'agit d'une préoccupation émergente. En effet, les villes ne sont actuellement pas conçues pour résister aux épisodes de chaleur estivaux que le réchauffement climatique engendre (Dubois, 2014).

Synthèse 1

Le changement climatique a été détecté dans les années 1990. Les températures ont augmenté depuis la période préindustrielle jusqu'à nos jours. Par exemple, durant la période 2011-2020, la température a augmenté de 1.09°C. Cette augmentation continue dans tous les scénarios à l'horizon 2040 et atteindra au moins +1.5°C. Dans les scénarios optimistes, le réchauffement finira par reculer après 2040. À l'inverse, les scénarios pessimistes prédisent une continuité de l'augmentation des températures jusqu'à l'horizon 2100 pour atteindre de +2.7°C jusqu'à +4.4°C. Les habitudes actuelles de consommation mènent à un réchauffement de +3.2°C.

Les principales causes du réchauffement climatique sont anthropiques et correspondent à un réchauffement compris entre +0.8°C et +1.3°C. Les facteurs naturels, eux, correspondent à un changement de -0.1°C à +0.1°C. La principale de ces causes est l'augmentation de la concentration de GES (35% plus grande que celle de la période industrielle). Cependant, les concentrations diminuent depuis quelques années.

Les effets de ce réchauffement climatique sont déjà perçus et ont de nombreux effets sur la météo au niveau mondial. Ces effets se traduisent par une augmentation de phénomènes extrêmes, tels que les sécheresses, les vagues de chaleur, les inondations, les cyclones et les incendies de forêt. En Suisse, le réchauffement est plus rapide à cause de l'éloignement avec l'océan, qui ne peut pas jouer son rôle de régulateur thermique, ainsi que la proximité relative avec des régions polaires se réchauffant plus rapidement. Les principaux effets du réchauffement climatique en Suisse, si le réchauffement dépasse +1.5°C sont : des étés plus secs et plus chauds, des précipitations plus fréquentes et plus intenses et des hivers plus chauds et moins enneigés.

En milieu urbain, le phénomène d'ICU accentue les effets du réchauffement climatique. En effet, l'air chaud se voit piégé dans les villes d'une part à cause de la concentration de certains GES et d'autre part à cause de la mauvaise circulation de l'air. La concentration de GES est plus élevée en ville à cause du mode de consommation et de la densité de la population, notamment en matière de chauffage, des transports et des activités industrielles. De plus, la forme du bâti des villes, l'albedo des bâtiments et du sol, les sols imperméables réduisant l'effet rafraîchissant des précipitations ainsi que l'absence ou la pauvreté en végétation des villes empêchent la disparition des ICU. De plus, les villes sont vulnérables au réchauffement climatique à cause de la densité de la population qu'elles représentent, ce qui augmente les impacts et les effets du réchauffement sur la population.

2. L'urbanisme écologique

2.1. Écologie urbaine

L'écologie urbaine est une discipline traitant de l'interaction entre la société et la biosphère (Barles, 2010). Cette discipline voit le jour dans les années 1960 et 1970, où les urbanistes tendent à élargir l'échelle de la nature dans le design urbain comme un défi et une réponse pratique aux problèmes urbains post-industriels (Gandy, 2015). Ce domaine évolue sans cesse et change de nombreuses fois au fil des années, pour évoluer finalement en des écologies urbaines plurielles. Ces écologies urbaines plurielles correspondent à de multiples disciplines et constituent un large champ d'analyse (Barles, 2010 ; Lévy, 2010).

Le concept d'écologie urbaine est né du constat de l'impératif écologique (Cunha & Delabarre, s.d.). En effet, la population accrue des villes implique que l'Homme ait une réelle implication écologique. De ce fait, tous les domaines de gestion urbaine seraient nettement améliorés avec l'ajout d'une dimension d'écologie urbaine forte (Forman, 2014). Donc, la prise en compte de l'action transformatrice de la nature sur les villes a finalement créé le lien entre les sciences humaines et les sciences naturelles dans le fonctionnement et l'organisation des systèmes vivants. L'écologie urbaine démarre d'un constat de « problèmes collectifs » dans les zones urbaines, tels que l'imperméabilisation des sols réduisant la recharge des nappes phréatiques, l'étalement urbain, les espaces verts perdant de la place au profit des constructions, etc. (Cunha & Delabarre, s.d.).

L'écologie urbaine est une approche écosystémique de la ville. Cet écosystème est appelé « éco-socio-système », dans lequel l'Homme est intégré comme un maillon interne au fonctionnement (Delabarre, 2023 ; Cunha & Delabarre, s.d.). Aujourd'hui, la question des trames vertes et bleues en milieu urbain permet de relier urbain et nature mais également la construction d'un paysage vivant offrant de nombreux services écosystémiques, dont l'Homme fait partie (Cunha & Delabarre, s.d.).

De plus, la dimension humaine de cet éco-socio-système urbain n'a pas seulement un impact négatif via le mode de consommation mais également des clés pour s'adapter au changement climatique et rendre l'écosystème viable. Le concept de l'écologie urbaine permet alors de mettre en lien les actions humaines et les autres dimensions (Cunha & Delabarre, s. d.).

La ville est un écosystème qui consomme, produit et entretient des échanges matériels avec le support écologique à large échelle (Delabarre, 2023). En effet, elle s'approvisionne dans son

environnement et y rejette des déchets, des émissions polluantes, des eaux usées mais aussi de la chaleur. La ville interagit donc constamment avec son environnement direct et cohabite avec ce dernier (Cunha & Delabarre, s.d.). De ce fait, les villes et leurs métabolismes doivent être repositionnés dans leur rapport à la biosphère et comprendre comment orienter le développement urbain pour rendre la ville habitable (Delabarre, 2023 ; Cunha & Delabarre, s.d.). Les écologies urbaines rencontrent alors d'autres problématiques, telles que celles de la composition urbaine, le design urbain, l'urbanisme écologique et des approches paysagères. Toutes ces problématiques ont le même but aujourd'hui : créer des lieux de vie de qualité au sens de la qualité environnementale et de la qualité des usages (Cunha & Delabarre, s.d.).

2.2. Projet urbain

Dès les années 1950, l'augmentation de la taille des opérations urbaines, le développement des villes, l'évolution des théories sur l'architecture et la ville ont empêché une organisation d'ensemble. De plus, l'autonomie de la voirie par rapport au bâti a étalé les villes sans que des espaces publics de qualité soient construits. Les routes et les chemins ruraux étaient perçus comme le squelette de la ville. De ce fait, le modèle de la maison individuelle était le seul offrant aux habitants des espaces extérieurs qualitatifs sous forme de jardins. La construction de logements se retrouve dans une opposition entre individuel et collectif et ne permet alors pas de construire un tissu cohérent et agréable pour tous. La ville continue d'être pensée par catégories fonctionnelles, par programmes séparés et par quantités de logements à offrir (Mangin & Panerai, 1999). Cependant, cette planification va faire l'objet de certaines réclamations, stipulant que l'urbanisme moderne ne prend pas assez en compte les habitants et les tendances démographiques fortes (Bonard, 2006).

Après cet urbanisme fonctionnaliste des Trente Glorieuses et ses impacts sur les modes de consommation et sur l'écologie, les logiques de l'écologie urbaine s'invitent dans l'urbanisme pour créer le terme de projet urbain dans les années 1970 (Berdoulay & Soubeyran, 2002 ; Da Cunha, 2015 ; Ingallina 2008). En effet, l'ancienne notion simpliste de plan renvoyait à une approche très fonctionnaliste, avec comme uniques experts l'aménagiste et l'urbaniste (Ingallina 2008 ; Bonard, 2006). Ce changement de nom et de notion a été marqué par certaines expériences, notamment en Italie. Bologne a été l'une des premières villes à expérimenter le courant postmoderne intégrant l'idée de projet et ouvrant la participation des citoyens. Cette expérience s'est accompagnée d'une analyse de typologie et de morphologie urbaine, ayant contribué à la culture du projet (Ingallina, 2008). Via la notion de projet urbain, les acteurs

politiques pensent la ville comme un lieu spécifique à valoriser et plus comme un continuum spatial neutre (Pinson, 2010).

Le projet urbain s'inscrit comme une redéfinition des rapports entre l'architecture non-formaliste et l'urbanisme non-technocratique. Il s'agit d'une approche holistique des changements sociétaux et urbanistiques. Cette approche permet des modes d'action innovants en réponse aux enjeux de nos sociétés. L'urbanisme passe alors de simple plan réglementaire à un catalogue d'actions interdisciplinaires et multisectorielles faisant face à la complexité des problèmes ayant leur propre contexte et leurs incertitudes. L'urbanisme postmoderne réfléchit par les vides pour construire les pleins, pense espace public de qualité, vivre-ensemble, par et pour les usages (Rabinovich & Navez-Bouchanine, 2005). Le projet urbain s'intéresse à un espace multiple ; rue, place, parc, quartier, objet paysager, infrastructure de transport, etc. en adéquation avec le contexte social, économique, politique et environnemental (Delabarre & Dugua, 2017). Il s'agit donc d'une discipline répondant à une pluralité d'enjeux par une pluralité d'actions, et grâce à une pluralité d'acteurs (Arab, 2018).

Aujourd'hui, le projet urbain se doit d'être durable. Il existe un grand nombre de projets urbains qui ont tenté d'anticiper le développement durable. En effet, le projet urbain consiste à lier les hommes, les espaces et les fonctions. Cela dit, il est essentiel de ne pas faire table rase des acquis au profit d'une approche technocrate. Ce projet durable croise les logiques sectorielles, crée du vivre-ensemble, du lien entre les espaces, les fonctions et les hommes. Dans la logique d'un projet urbain durable, le changement climatique et ses incertitudes ne sont pas vus comme des contraintes mais comme une logique sectorielle ajoutée, il s'agit alors d'une nouvelle composante à prendre en compte, même davantage que les autres. Ici, la durabilité s'impose comme le sujet même des projets (Masbourni, 2012). Dans ce contexte d'incertitude et le projet urbain se faisant sur le long terme, les démarches du projet doivent être modifiables. En effet, un projet urbain s'établit sur un bon nombre d'années, durant lesquelles le contexte climatique ou les techniques peuvent changer. De ce fait, chaque décision doit être réversible (Pinson, 2010).

2.3. Mesures d'atténuation dans le projet d'urbanisme

Les mesures d'atténuation sont mises en place afin de lutter contre les causes du changement climatique. Elles prennent différentes formes et prouvent leur efficacité sur le long terme. Leur objectif est de diminuer la vulnérabilité des systèmes naturels et humains aux effets des

changements climatiques escomptés. Ces mesures se concentrent notamment sur les émissions de GES, principale cause anthropique du changement climatique (Dubois, 2014).

D'un point de vue urbanistique, la prise de conscience des dommages créés par le mode d'urbanisation moderne engendrant de l'étalement urbain encourage l'exploration de solutions alternatives. En effet, la ségrégation systématique des fonctions dans le territoire entraîne un éloignement progressif entre les lieux de résidence et les lieux d'activité, résultant en une dépendance automobile pour la plupart des déplacements. Ces solutions alternatives passent notamment par le développement d'une urbanisation plus dense, plus mixte et mieux coordonnée aux réseaux de transports publics (Dubois, 2014).

2.3.1. Ville compacte et densification

Dès les années 1990, le concept de ville compacte émerge. En Suisse, la ville compacte est directement associée à la ville durable. En effet, cette dernière s'inscrit dans des systèmes de planification prônant la densification au regard d'un développement durable. La plupart des définitions de ville compacte s'articulent autour de la forte densité et d'une urbanisation continue. Une ville compacte permet également de freiner le déclin des centres-villes au profit de l'attractivité des périphéries, en revalorisant le patrimoine bâti (Andres & Bochet, 2010).

La densification vers l'intérieur est essentielle afin de lutter contre l'étalement urbain (OFEV, 2018). Cette dernière permet également des économies d'échelle ainsi que des synergies (Breuillé & al., 2022). Le sol est une ressource rare en Suisse et, plus largement, doit être utilisé de manière optimale. Cela dit, il est important de concilier cela aux autres mesures visant à combattre l'effet d'ICU. Il est donc essentiel également d'intégrer ces stratégies d'adaptation dans le développement de l'urbanisation suisse (OFEV, 2018).

Plusieurs formes de densification existent actuellement. La densification douce, par exemple, se décline en plusieurs techniques, telles que le fait d'occuper l'entre-deux de l'existant, surélever l'existant, construire de manière adossée à l'existant, etc. Ces techniques permettent alors de densifier une ville en conservant les infrastructures initiales (Desgrandchamps, Ferrand, Léger & Le Roy, 2010).

Cela dit, une telle politique peut s'avérer défavorable au niveau du climat et de la qualité de l'air, car une densification du bâti favorise des ICU plus prononcés et une moins bonne ventilation et dispersion des polluants atmosphériques près du sol. Certes, une ville compacte réduirait les déplacements et les émissions de polluants, mais une telle baisse ne suffirait pas à

compenser les effets d'une ventilation moins bonne au niveau de la qualité de l'air. (Fallot, 2023)

2.3.2. 5^e façade

Un autre exemple de densification est l'exploitation de la 5^e façade. Cette typologie de densification permet de bénéficier de la toiture d'un immeuble. Ces toitures plates ont plusieurs potentiels, comme une économie du sol, une valorisation d'un potentiel, une amélioration des conditions de vie, une possibilité d'intégrer de nouveaux équipements, et surtout une attractivité pour la ville (Desmet, 2019).

2.3.3. Ville du quart d'heure

Les mesures d'atténuation en urbanisme s'intéressent également à la mobilité. En effet, la densification et le concept de la ville compacte vont de pair avec la gestion de la mobilité (Cremaschi, 2022). La ville compacte offre de la proximité et des alternatives aux transports individuels motorisés (Andres & Bochet, 2010). Il existe par exemple le concept de la Ville du quart d'heure. Ce concept consiste à penser les villes en « micro-quartiers » et offrir aux usagers toutes les commodités urbaines à moins de quinze minutes à pied de leur logement. De ce fait, les déplacements peuvent être réduits et les habitants privilégient la mobilité douce (Cremaschi, 2022).

2.4. Métabolisme urbain

Comme expliqué précédemment, l'urbanisation planétaire a entraîné une importante consommation de sol, d'énergie et de matières premières. La ville constitue alors un système au cœur de la problématique environnementale. Elle correspond au lieu où sont concentrés les activités économiques, les services publics et la majorité des flux de matière et d'énergie. Toutes ces composantes induisent, entre autres, une forte consommation du sol, une importante importation et consommation de matières premières et d'énergie ainsi que des rejets importants de polluants et une forte production de déchets (Barles, 2002 ; Da Cunha, 2015 ; Lévy, 2010 ; Lhomme & al., 2010).

Les sols urbains sont généralement artificialisés, imperméables et ne génèrent donc pas de matières premières (Barles, 2002 ; Da Cunha, 2015). De ce fait, l'écosystème urbain n'a d'autres choix que de puiser dans les ressources environnantes (dans les campagnes, les forêts, les lacs, les mers, etc.). Cela implique que le support urbain est plus vaste que le périmètre urbain. Les déchets et polluants rejetés dépassent également les frontières du périmètre urbain

pour s'imbriquer dans le support urbain à plus large échelle. De ce fait, la ville fonctionne en système ouvert, linéaire, complexe et soumis aux lois de l'entropie, impliquant une empreinte écologique conséquente et non durable (Barles ; 2002 ; Da Cunha, 2015 ; Forman, 2014 ; Lévy, 2010 ; Lhomme & al., 2010 ; Erkman, 2004).

L'étalement urbain ainsi que la périurbanisation ont largement renforcé l'extension des systèmes urbains. La dispersion des activités et des infrastructures, couplée à la faible densité du bâti, a impliqué une imperméabilisation massive du sol et une augmentation de la consommation énergétique et des rejets de polluants. Ces effets sont majoritairement entraînés d'une part par la mobilité croissante et de l'autre par les bâtiments et les ménages (Da Cunha, 2015 ; Quenault, 2013).

Dans le contexte actuel, il est essentiel de considérer les enjeux en termes d'aménagement du territoire et de restructuration du système urbain. L'aménagement du territoire se doit de réorganiser le tissu bâti, les centralités, la mobilité, les activités industrielles et les espaces publics (Da Cunha, 2015 ; Dureau & Lévy, 2010). De ce fait, au travers de l'aménagement du territoire et du projet urbain, il est essentiel de transformer le métabolisme linéaire d'un système urbain entropique actuel en un métabolisme cyclique d'un système syntrophique, c'est-à-dire un système pouvant vivre sur un autre mais sans en tirer ses ressources (Erkman, 2004). Ce métabolisme urbain cyclique doit être le plus compact et le plus auto-suffisant possible, comme le sont les systèmes naturels. Cette transformation permettra la création de symbioses diverses et l'optimisation de la gestion des déchets et des rejets de polluants (Erkman, 2004). Dans cette optique, la densification permet et amplifie ces symbioses car elle offre une proximité entre les différents éléments urbains (Da Cunha, 2015).

De manière plus concrète, un métabolisme urbain cyclique correspond à plusieurs mesures, à la fois réparatrices et préventives. Ces mesures s'inscrivent dans l'urbanisme principalement en valorisant les déchets comme des ressources, en bouclant les cycles de matières et en minimisant les émissions, en dématérialisant les produits et les activités économiques et en décarbonisant l'énergie (Delabarre, 2023).

2.5. Mesures d'adaptation des espaces ouverts

Les principales mesures pour lutter contre les changements climatiques se sont longtemps inscrites dans l'atténuation des changements climatiques. Aujourd'hui, les changements sont inévitables. De ce fait, il est essentiel d'opter également pour des mesures d'adaptation (Locatelli, 2010). Les mesures d'adaptation sont spécifiques au contexte local. De plus, le

champ d'action des mesures d'adaptation est plus petit et restreint que celui des mesures d'atténuation. En urbanisme, ces mesures sont développées à l'échelle du quartier et varient donc à l'intérieur même de la ville (Dubois, 2014 ; Bouramdane, 2022).

2.5.1. Développer une structure urbaine et des espaces en réseau

En Suisse, les directives de l'OFEV regroupent une série de mesures d'adaptation afin d'anticiper et protéger la population. La première est de développer une structure urbaine et des espaces ouverts en réseau en fonction du climat (OFEV, 2018). Les interventions sur la forme urbaine sont un des leviers d'action. En effet, une forme urbaine adaptative et résiliente permet de réduire les émissions de GES ainsi que la chaleur anthropique en agissant sur le secteur des transports. Par exemple, modifier la forme urbaine pour diminuer les places de stationnement dans un quartier agira sur le mode de consommation des habitants et les encouragera à choisir d'autres modes de transport. Un deuxième exemple est de privilégier des formes urbaines qui favorisent la circulation de l'air et du vent, afin de rafraîchir les villes et d'optimiser la dispersion des GES (Dubois, 2014).

2.5.2. Créer des espaces verts et des petits espaces rafraîchissants

Les deuxième et troisième mesures consistent à développer une stratégie de végétalisation. L'idée est de faire des espaces verts des petits espaces rafraîchissants au niveau micro local, et d'implanter des arbres en milieux urbains. Ces derniers induisent de grands effets en réduisant la concentration de chaleur urbaine grâce à leur ombre couplée à leur évapotranspiration qui offre une perte de degré considérable lorsqu'on s'y abrite (OFEV, 2018). En effet, le couvert naturel permet de réduire les émissions de GES et de s'adapter aux températures estivales plus élevées. De ce fait, le couvert végétal agit pour atténuer l'ICU ainsi que pour le refroidissement passif des bâtiments, en leur offrant également de l'ombre (Dubois, 2014). Dans cette incertitude de changement climatique, la nature est alors une alliée (Delabarre, 2023).

2.5.3. Offrir de l'ombre

La quatrième rejoint la mesure précédente en indiquant que l'ombre favorise le confort thermique. Cette mesure ne se traduit pas par un couvert végétal cette fois-ci, mais par des toiles blanches ou thermiques. De ce fait, l'ombre, même si elle n'est pas végétale, peut réduire la température de quelques degrés en cas de canicule ou de fortes chaleurs. Cette mesure est utile dans les espaces ouverts dans lesquels il est impossible ou compliqué de développer la végétalisation. De ce fait, elle s'adapte à tous types d'espaces urbains (OFEV, 2018).

2.5.4. Désimperméabiliser les villes

La cinquième mesure consiste à désimperméabiliser les villes pour les rafraîchir. En effet, le choix de matériau de revêtement urbain est important dans la gestion des ICU car des surfaces imperméables renforcent la chaleur en ville pour deux raisons. Premièrement, les sols imperméables des villes sèchent plus vite en période de précipitation, ce qui réduit l'effet rafraîchissant de l'évaporation des sols, contrairement aux sols perméables. Deuxièmement, l'albedo de ces sols entraîne davantage d'absorption de chaleur que des sols perméables, généralement plus clairs (OFEV, 2018 ; Dubois, 2014).

2.6. Ingénierie écologique

L'écologie urbaine, développée ci-dessus, découle sur certaines formes de nature qui sont pertinentes dans le cadre de la lutte contre les changements climatiques, comme illustré sur le schéma ci-dessous. La forme principale est la « Techno-nature ». Cette dernière regroupe une vision écosystémique, l'ingénierie écologique, les performances écologiques et les alliances pluridisciplinaires (Delabarre, 2013).

Dans cette partie, l'ingénierie écologique sera développée et exposée comme un catalogue de mesures d'adaptation aux changements climatiques. Les mesures de végétalisation, d'arborisation sont abordées ici. De plus, d'autres types de mesure liés à l'eau, à l'air et à la qualité des sols sont apportés.

Pour le végétal, il est nécessaire de privilégier la diversité des essences en plantant de manière généreuse et en anticipant l'évolution du paysage. L'intégration des végétaux aux usages locaux doit se faire en soignant le choix des essences et en l'adaptant au climat local ainsi qu'en maintenant des pratiques de gestion respectueuse. Cela nécessite également un travail sur la population via une sensibilisation auprès des écoles et des associations sur la richesse de l'environnement et les règles d'usage. Pour finir, il est également recommandé de créer des corridors écologiques et de sanctuariser certains espaces pour préserver la faune et la flore des perturbations humaines (Delabarre, 2023).

En matière d'eau, il est prioritaire de lutter contre la pollution des ressources souterraines en veillant à l'infiltration des eaux et leur qualité. Il faut également élaborer un travail de désimperméabilisation des sols et de contrôle des eaux pluviales afin de diminuer l'aléa du ruissellement. Ceci peut se faire via des aménagements adaptés servant notamment à l'irrigation

des sols ou à des usages récréatifs. Pour terminer, une gestion économe de l'eau dans les espaces extérieurs est à encourager (Delabarre, 2023).

Pour améliorer la qualité de l'air, il est préconisé de s'adapter aux variations saisonnières et de favoriser des modes de transports doux (marche, vélo) afin de réduire les émissions de GES. Le choix de certaines essences végétales permet de capter davantage les poussières et le CO₂, améliorant ainsi la qualité de l'air (Delabarre, 2023).

Concernant le sol, il est important d'identifier les éventuelles pollutions lors d'études parallèles, puis de mettre en place des traitements adaptés et nécessaires. La valorisation de cette ressource passe par la reconstitution de sols fertiles en composant différentes couches de terre enrichie ainsi que par la mise en place de zones de stockage pour ces matériaux. Pour finir, il est recommandé de sélectionner des essences rustiques adaptées au climat et au sol local, réduisant ainsi les besoins d'entretien et les coûts à long terme (Delabarre, 2023).

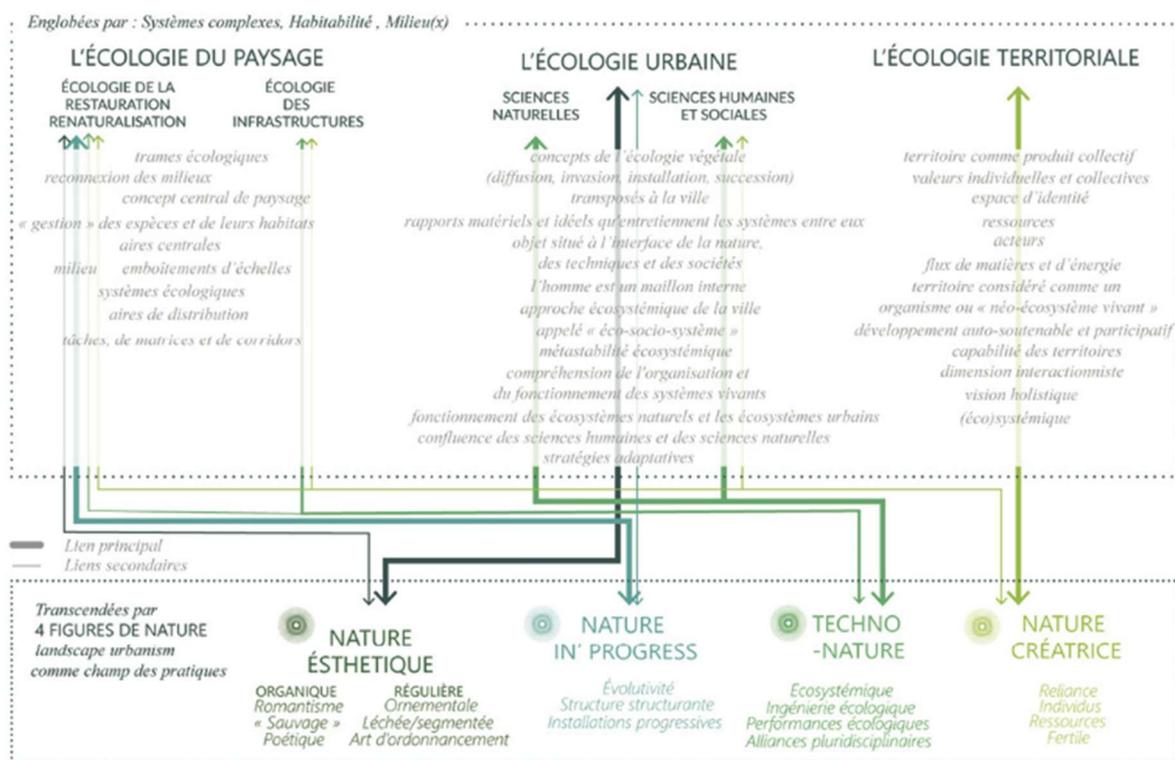


Figure 5 : Schéma récapitulatif des formes de nature (Delabarre, 2023)

2.7. Complémentarité des deux registres de mesures

Le contexte climatique actuel impose une impérativité de décisions et de mesures. Le changement climatique doit être atténué le plus possible afin de minimiser les impacts. Cependant, le changement climatique est devenu inévitable et il est également primordial d'adapter les villes à ce dernier afin de protéger la population (Calvin et al., 2023).

Comme expliqué précédemment, l'une des mesures d'atténuation concerne la densification. Néanmoins, ce besoin s'oppose au besoin de végétalisation, de ventilation et de perméabilité des sols. Il est alors indispensable de penser en termes de projet urbain afin de mettre tous les enjeux actuels en cohésion et d'y intégrer toutes les incertitudes (Da Cunha, 2015 ; Emelianoff, 2007).

Les mesures d'atténuation et les mesures d'adaptation aux changements climatiques s'inscrivent dans deux registres distincts. Cela dit, ces registres sont complémentaires. Sur le schéma ci-dessous, nous pouvons voir leurs actions et leurs effets en parallèle. Les mesures d'atténuation concernent davantage les émissions de GES et la transition énergétique. Elles travaillent alors sur la consommation de la population. Les mesures d'adaptation, elles, concernent la résilience et la vulnérabilité de la population ainsi que les risques liés aux changements climatiques et leurs incertitudes. Les deux registres sont traités en parallèle par la régulation et la coordination des politiques publiques (Thomas & Da Cunha, 2017).

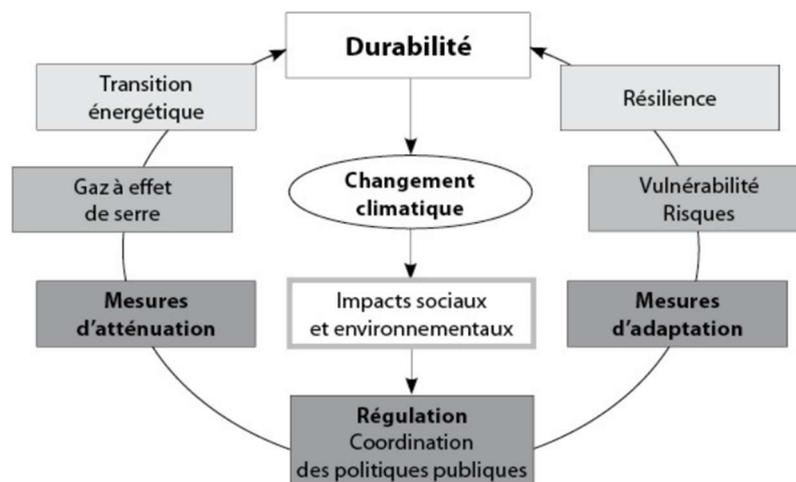


Figure 6 : Atténuation et adaptation : des approches complémentaires de la durabilité urbaine (Thomas & Da Cunha, 2017)

Synthèse 2

L'urbanisme se déploie en plusieurs solutions palliant le réchauffement climatique. En effet, étant donné le phénomène d'ICU, les villes n'ont d'autre choix que d'agir pour préserver le bien-être de leur population. Dès les années 1960-1970, les urbanistes adoptent une approche écosystémique de la ville dans laquelle l'Homme est inclus comme un maillon interne. Cette approche s'appelle l'écologie urbaine et elle permet de concevoir la ville dans son ensemble et de relier l'urbain et la nature. De cette approche naissent les questions de trames vertes et bleues dans le milieu urbain et également les questions de construction d'un paysage vivant, offrant des services écosystémiques. La dimension humaine de cet écosystème offre des opportunités d'actions adaptatives au changement climatique.

Depuis les années 1950, l'urbanisation vers l'extérieur ainsi que la prédominance de la voirie dans l'organisation urbaine ont empêché une organisation d'ensemble. De plus, dans cet urbanisme moderne des années 1950, les espaces sont conçus par catégories monofonctionnelles. Après cet urbanisme fonctionnel et ses impacts sur les modes de consommation, l'écologie urbaine s'invite dans l'urbanisme afin de créer le terme de projet urbain, émergeant dans les années 1970. Le projet urbain se présente comme une approche holistique permettant des modes d'action innovants en réponse aux enjeux de nos sociétés. L'urbanisme passe alors de simple plan réglementaire à un catalogue d'actions interdisciplinaires et multisectorielles faisant face à la complexité des problèmes.

Afin de réduire les effets du changement climatique, les villes doivent agir sur leurs modes de consommation ainsi que leurs émissions de GES. Pour ce faire, des mesures d'atténuation du changement climatique s'offrent à ces dernières. Ces mesures concernent principalement la consommation du sol ainsi que la mobilité. La densification vers l'intérieur est essentielle afin de prévenir l'étalement urbain. Densifier le milieu bâti permet également de renforcer les synergies existantes et de diminuer la consommation d'énergie. Plusieurs formes de densification existent actuellement, telles que la densification douce et l'exploitation de la 5^e façade. En ce qui concerne la mobilité, le modèle de la ville compacte offre de la proximité et réduit les déplacements, notamment ceux en transports individuels motorisés en permettant aux usagers de réduire leur distance de parcours et de privilégier la mobilité douce.

Étant donné que le réchauffement climatique va, dans tous les scénarios, s'accroître à l'horizon 2040, les villes doivent également s'adapter à ce dernier. Pour pallier l'augmentation des températures, de nombreuses mesures d'adaptation des espaces ouverts ont émergé. Ces

mesures comprennent le développement d'une structure urbaine et des espaces ouverts en réseau, la création d'espaces verts et de petits espaces rafraîchissants, le renforcement du couvert végétal, l'ajout d'espaces ombragés avec des toiles claires dans la ville et le choix des matériaux de revêtement en privilégiant les albedos les plus élevés afin de rejeter la chaleur et non de l'absorber.

De plus, la forme urbaine a des conséquences sur ces cycles et leurs métabolismes. L'étalement urbain a eu des effets nets sur la consommation du sol, l'imperméabilisation des sols ainsi que la consommation énergétique et les rejets de polluants liés notamment à la mobilité. De ce fait, le métabolisme urbain doit être repensé. En effet, l'aménagement du territoire et l'urbanisme peuvent optimiser la consommation urbaine et permettre de créer des symbioses diverses. De ce fait, les villes passeraient d'un métabolisme urbain linéaire à un métabolisme urbain cyclique dans le but de rapprocher le support urbain du périmètre urbain.

Ces deux types de mesures – d'atténuation et d'adaptation – sont complémentaires et doivent être traitées en parallèle dans le contexte climatique actuel. En effet, le réchauffement climatique est inévitable et nécessite une adaptation mais il est important de continuer à l'atténuer via la réduction des émissions de GES.

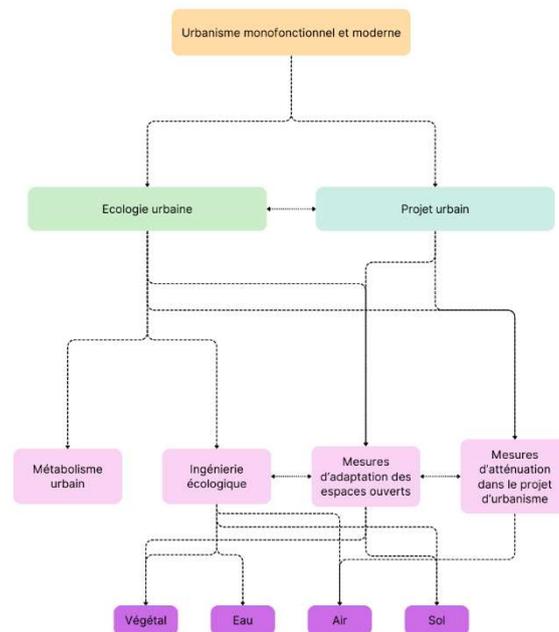


Figure 7 : Synthèse des concepts d'urbanisme de projet mobilisés (Illustration personnelle)

3. Friches – définition et rôle dans le changement climatique

3.1. Définition et potentiel

Le terme de friche provient du monde agricole et désignait la terre non cultivée pendant un cycle de jachère. Puis, le terme s'est étendu à toute chose non utilisée depuis un certain temps et dont le potentiel n'a pas été exploité. L'arrivée du terme dans les sciences sociales a décrit les terrains abandonnés et justement laissés en friche, à proximité des villes (Raffestin, 1988).

Un site est appelé friche s'il correspond à une surface inutilisée d'un hectare au minimum (ARE, 2008). La friche est définie par son utilisation initiale. Par exemple, un site industriel qui n'est plus exploité se transforme en une friche industrielle (Thomann, 2005). En effet, l'héritage physique de la période fordiste constitue aujourd'hui un vide dans le territoire. De nombreuses villes ont des friches qui, il y a quelques années, étaient des usines ou des entrepôts. Aujourd'hui, ces friches constituent des trous dans le tissu urbain (Andres & Gresillon, 2011). En réalité, ces sites correspondent à une perte de cohérence entre contenant et contenu, c'est-à-dire entre cadre bâti et activités (Chaline, 1999 ; Rey & Lufkin, 2015). La constitution de friche n'est pas un phénomène nouveau, mais c'est lors de la deuxième moitié du XX^e siècle que le processus s'accélère, correspondant à la période de désindustrialisation du monde occidental (Chaline, 1999).

Pour certaines collectivités, les friches sont de véritables catastrophes économiques et sociales. Elles sont le reflet d'une activité économique fuyante (Dufour, s.d.). Néanmoins, les friches sont rapidement vues non seulement comme des problèmes économiques mais également comme des problèmes urbains. Les liens entre l'environnement physique et le site apparaissent et entraînent des questions sur la qualité des lieux et leurs formes. De ce fait, la friche comme opportunité pour l'urbain apparaît (Chaline, 1999). Les friches urbaines suisses s'imposent comme des solutions face à l'étalement urbain. Ces ressources ne représentent pas moins de 2500 à 3500 hectares, soit le double de la superficie d'une ville comme Genève (Rey & Lufkin, 2015).

À partir des années 1990, les enjeux d'étalement urbain et de mobilité émergent en urbanisme et en aménagement du territoire. Des systèmes de planification des usages deviennent centraux

pour un développement durable des villes. Les friches ont une place importante dans le concept de ville compacte et s'affirment comme des terrains d'opportunité de densification (Andres & Bochet, 2010). Ces territoires délaissés sont alors rapidement intégrés dans les politiques d'aménagement concernant le renouvellement urbain (Dufour, s.d.).

Dans le contexte de volonté de densifier, de rapprocher les lieux de vie aux lieux d'activité et de réduire la dépendance automobile pour les déplacements, les friches urbaines s'inscrivent effectivement comme des solutions intéressantes et des territoires à reconquérir (Rey, 2009). Elles ont l'avantage d'être dans le tissu bâti existant et offrent un terrain d'opportunité déjà raccordé aux réseaux techniques et aux dessertes de transports publics. En comparaison à d'autres modes de densification, tels que la construction sur des « dents creuses » ou la surélévation de constructions existantes, elles permettent, étant donné leur surface, de reconquérir et repenser des portions importantes du tissu existant et de modifier le paysage urbain à l'échelle d'un quartier entier (Rey, 2009).

Le concept de ville mutable émerge également dans les années 1990 (Andres & Bochet, 2010), au même moment que les friches industrielles se multiplient en Suisse sous l'effet de la désindustrialisation occidentale (Rey, 2009). Le renouvellement urbain via la ville mutable s'affirme pour les acteurs publics et les poussent à revaloriser et requalifier des espaces, dans le tissu bâti, peu dynamiques sur le marché foncier. Dès 1996, la Confédération positionne la rénovation et la revitalisation des villes ainsi que la lutte contre l'étalement urbain comme des enjeux majeurs pour l'organisation urbaine. Les friches sont alors explicitement définies comme des chances uniques de développement de la ville vers l'intérieur (Andres & Bochet, 2010).

3.2. Des lieux transactionnels

Cependant, une friche n'est pas dépourvue de vie. Il existe plusieurs temporalités suivant l'évolution des friches avec des usages spécifiques. Premièrement, une fois que l'activité initiale a cessé, il y a un temps d'avant-friche dans lequel l'abandon commence à se faire ressentir. Ensuite, le temps de friche est celui dans lequel l'utilisation de la friche ne correspond plus à son affectation. Puis soit le site est réinvesti et requalifié, soit le lieu ne se voit pas requalifié (Andres & Grésillon, 2011).

Dans le cas où le lieu reste à l'abandon, la nature reprend ses droits (Andres & Grésillon, 2011). De nombreux systèmes s'y développent, qu'ils soient humains ou biologiques. Ces sites ne sont pas sans utilisation (Natura Urbana, 2017). De plus, la forme de nature urbaine se trouvant dans les friches n'est pas contrôlée par l'Homme. Elle correspond à un paysage urbain sauvage (Kowarik, 2013). La friche peut aussi devenir une friche illégale, dite « rebelle », dans laquelle certains individus s'installent et prennent possession des lieux. Il est aussi possible de devenir une friche « régularisée », c'est-à-dire que des collectifs de quartier ou des associations s'en occupent pour éviter le réinvestissement par un promoteur et donc pour conserver le lieu intact. Enfin, la friche peut se transformer en friche « institutionnalisée » donc directement réinvestie par les pouvoirs publics. Cela dit, avec cette dernière forme, il est dangereux d'être trop rapide si la population est attachée à ce lieu (Andres & Grésillon, 2011).

Pour finir, le temps d'après-riche correspond au moment où le lieu se voit réinvesti d'une nouvelle fonction (Andres & Grésillon, 2011). Les projets de requalification de friches donnent souvent naissance à des quartiers durables, tels que le quartier Vauban à Fribourg en Allemagne sur une friche militaire, Ecoparc à Neuchâtel ou le secteur de la Praille-Acacias-Vernets sur des friches ferroviaires à Genève, le quartier Hammarby Sjöstad à Stockholm sur d'anciens docks, le quartier GWL à Amsterdam sur des friches de la compagnie municipale, le quartier Rime à Munich sur une friche aéroportuaire, le quartier Vastra Hamnen à Malmö sur une friche industrielle, etc. (Andres & Bochet, 2010).

Aussi, les stratégies d'adaptation doivent être flexibles en vue de l'incertitude du contexte actuel. Les friches sont alors de bonnes candidates pour maintenir cette flexibilité. En effet, la densification pousse les collectivités à construire dans le bâti existant. Cependant, les espaces vides permettent d'avoir des marges de manœuvre considérables et devraient être vus comme des opportunités de flexibilité plutôt que de densification. De plus la préservation du vide permet de réduire les îlots de chaleur en réduisant la densité du bâti (Vanbutsele & Brahimllari Schafner, 2023). Les friches s'inscrivent alors parfaitement dans la gestion du changement climatique.

3.3. Des espaces d'opportunité

La Suisse a mis en place un monitoring des terrains laissés en friche. En juin 2008, le Conseil Fédéral a adopté un plan de mesures d'encouragement à la réaffectation des friches incluant un

inventaire de ces dernières. En effet, la Suisse dispose d'un outil de suivi rigoureux. Il en résulte que les friches représentent à elles seules l'équivalent d'une ville. Ainsi, croisées au phénomène de pénurie de logements, les friches urbaines représentent un réel enjeu pour les villes afin de permettre l'accueil de nouveaux logements (Rey, 2009).

En considérant un indice d'utilisation du sol moyen (0,7), les friches suisses constituent environ 11,3 millions de m², soit 85'000 logements (ou près de 450'000 postes de travail dans le tertiaire). En tenant compte des terrains de 5000 m² à 10'000 m² et en envisageant un indice d'utilisation du sol plus élevé (1,2 à 2,0) le nombre de logements potentiels s'élèverait, en théorie, de 300'000 à 700'000 logements correspondant à plus de 10 ans des besoins en matière de logements. Ces chiffres représentent bien le potentiel de densification contenu dans les friches urbaines en Suisse (Rey, 2009).

Cela dit, la capacité de requalification des friches urbaines dépend également des conditions du marché foncier local. En effet, plus le marché immobilier est dynamique, plus la requalification a des chances de voir le jour. Cependant, des projets de requalification demandent un investissement élevé et l'émergence d'une dynamique de projet pour pallier les différents obstacles. Un terrain en friche peut indiquer plusieurs propriétaires, un besoin de procédures de planification (changement d'affectation) ou la gestion d'infrastructures antérieures et parfois une dépollution du site (Rey, 2009).

Un projet de requalification doit également se situer entre la volonté de conserver tout l'existant et la volonté de faire tabula rasa. La nouvelle affectation doit permettre un maintien d'une partie du patrimoine offert par la friche urbaine. Le projet de requalification du site de l'ancien Hôpital des Cadolles à Neuchâtel en quartier de logements illustre bien cet équilibre recherché. Le projet consiste simultanément à transformer l'ancien front bâti sud datant de 1914 en logements et à la démolition des autres édifices de la partie nord, dans le but de laisser place à de nouveaux immeubles d'habitation (Rey, 2009).

Synthèse 3

Une friche correspond à un site de plus d'un hectare dont l'utilisation n'équivaut plus à l'affectation initiale. L'héritage physique de la période fordiste constitue aujourd'hui de nombreux vides dans le territoire créés par la désindustrialisation occidentale. Ces sites représentent une perte de cohérence entre le cadre bâti et ses activités. Elles sont le reflet d'une activité économique fuyante et d'un désinvestissement. Cependant, elles constituent également des terrains d'opportunité à l'intérieur des villes, dans un contexte où la densification est préconisée.

Le concept de ville mutable émerge dans les années 1990 et encourage le renouvellement urbain afin de revaloriser et requalifier les espaces délaissés. Cependant, une friche n'est pas dépourvue de vie. En effet, de nombreux usages peuvent bénéficier de sites non-exploités et désinvestis. Par exemple, le lieu peut rester inexploité et la nature se déploie sans limite. Aussi, des squats peuvent s'organiser. Il est également possible qu'une friche devienne « régularisée » et soit investie par des collectifs de quartier ou des associations.

Les projets de requalification de friches donnent souvent naissance à des quartiers durables et respectent les stratégies d'adaptation des communes. Cependant, il est essentiel de préserver une gestion flexible afin de pouvoir moduler le projet en fonction des nouvelles innovations potentielles. De plus, les friches représentent également un territoire d'opportunité pour les collectivités car elles correspondent à une marge de manœuvre dans la gestion du territoire et des changements climatiques. Aussi, la préservation du vide permet de réduire les îlots de chaleur et d'optimiser la circulation de l'air.

PARTIE II

4. Étude de cas

4.1. Contexte démographique du canton de Neuchâtel

Le canton de Neuchâtel perd des habitants depuis quelques années. La population neuchâteloise en 2021 s'élève à 175'967 résidentes. L'évolution durant la période 1993-2021 était de 17'200 nouvelles résidentes, soit un taux de croissance annuel moyen (ci-après TCAM) positif de 0,4%. Comme illustré sur le graphe ci-dessous, 3 scénarios sont envisagés par le canton pour les prochaines années (Statistique Vaud, 2022).

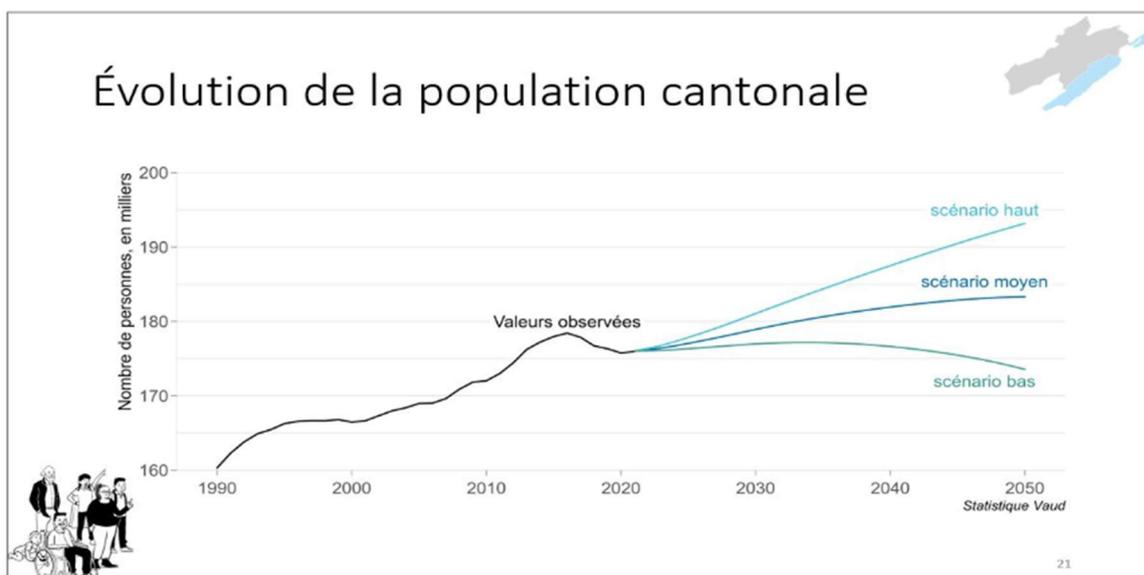


Figure 8 : Evolution de la population cantonale de Neuchâtel (Statistique Vaud, 2022)

Le scénario bas envisage un TCAM négatif de 0,05% au cours de la période 2022-2050. Le scénario moyen anticipe un TCAM positif de 0,14%, soit la moitié du TCAM de la période 1993-2021. Pour finir, le scénario haut correspond à un TCAM positif de 0,32%, soit pratiquement équivalent au TCAM de la période précédente (Statistique Vaud, 2022).

4.2. Impacts sur les différentes régions du canton de Neuchâtel

Cette difficulté de croissance connue par le canton de Neuchâtel se répartit différemment sur le territoire. En ce qui concerne la région du Val-de-Travers, une baisse de la population est attendue dans les trois scénarios projetés. Pour la région du Val-de-Ruz, une croissance positive

de 0,27%, plus grande que celle du canton, est attendue selon le scénario moyen. En ce qui concerne la région Montagnes, la croissance de la population se stabiliserait selon le scénario moyen. La région Littoral quant à elle restera la région la plus peuplée du canton de Neuchâtel en 2040, avec 100'400 résidentes, soit 5090 de plus (Statistique Vaud, 2022).

Cette faible croissance entraîne des enjeux démographiques importants pour le canton. Dans les trois scénarios, la population connaîtra un vieillissement. En effet, le rapport de dépendance des personnes âgées serait de 28% à 33% en 2021 contre 42% à 45% en 2040. Ce rapport de dépendance ne varie que peu selon le scénario choisi. Avec le scénario moyen, un quart de la population aurait 65 ans ou plus dans les régions Littoral, Montagnes et Val-de-Ruz et un tiers pour la région du Val-de-Travers en 2040. Ce vieillissement de la population peut se compenser par un solde migratoire positif. De manière générale les nouveaux arrivants sont des personnes plus jeunes que la population locale (Statistique Vaud, 2022).

Cet enjeu est traduit dans le PdTNE. En effet, la région Littoral ne connaît pas la plus grande croissance démographique du canton et n'a pas la population la plus jeune (Statistique Vaud, 2022). De ce fait, la Ville souhaite créer de l'emploi (5000 nouveaux emplois prévus en 2040) dans l'espoir d'attirer de nouveaux arrivants dans sa commune (environ 6000 nouveaux habitants prévus). Ainsi, les nouveaux habitants seront des travailleurs et non des personnes de plus de 65 ans. Pour ce faire, les nombreux secteurs industriels actuels, tels que la CdV, Pierre-à-bot, Serrières vont être réactivés afin de valoriser la place de l'artisanat et des PME dans la commune. En effet, la commune privilégie ces sites étant donné leur localisation à l'intérieur du milieu bâti et leur potentiel d'activation (PdTNE, 2023).

4.3. Plan Climat du canton de Neuchâtel

Le 24 janvier 2023, le Plan climat cantonal 2022-2027 a été adopté. De ce fait, la politique climatique du canton a franchi une nouvelle étape dans son engagement pour le climat. Ce Plan climat mènera le canton à une neutralité en carbone à l'horizon 2040. Ce plan donne les premières directives afin d'accélérer la dynamique du développement durable dans le canton. Il implique également un engagement financier de 57 millions de francs pour la période 2022-2027 (Canton de Neuchâtel, n.d.).

Les 56 mesures du plan climat sont séparées en trois catégories, comme illustré sur la figure ci-dessous. La première catégorie est la réduction des GES (RX). Ces mesures portent sur l'énergie et les bâtiments, les transports, l'alimentation et l'agriculture, la gestion déchets et les puits de carbone. La deuxième catégorie concerne les mesures liées à l'adaptation aux changements

climatiques (AX). Ces mesures s'intéressent aux crues, à la sécheresse, aux fortes chaleurs, à la qualité de l'eau, du sol et de l'air, aux milieux naturels, aux organismes nuisibles et aux espèces exotiques, aux limites des chutes de neige ainsi qu'aux mouvements de terrain. Dans la dernière catégorie, sont décrits les accompagnements du changement (TX). Ses mesures permettent la transition vers un canton durable, notamment grâce à la formation, à la mobilisation des jeunes, à la communication, à la solidarité, à la participation, aux entreprises durables et au monitoring (Canton de Neuchâtel, 2024).

Le plan climat est élaboré au niveau cantonal et se prête donc à un grand territoire. La commune de la Ville de Neuchâtel traduit ces mesures grâce à un office de l'environnement communal, dans lequel un expert et des collaboratrices travaillent afin de dresser les mesures pour la commune. Ces directions se retrouvent dans le PdTNE puis elles seront concrétisées dans le PAL et son règlement (N. Montavon, entretien semi-directif, 15 mars 2024).

RÉDUCTION DES GAZ À EFFET DE SERRE	ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES
<p>R1. Augmenter le taux d'assainissement du parc neuchâtelois de bâtiments</p> <p>R2. Subventionner les installations solaires photovoltaïques sur de grands toits</p> <p>R3. Soutenir la recherche et l'innovation dans le domaine de l'isolation, du stockage de l'énergie et du solaire dans le domaine des bâtiments</p> <p>R4. Intégrer la planification énergétique dans les Plans d'aménagement locaux</p> <p>R5. Élaborer et mettre en œuvre le Programme d'agglomération de 4ème génération</p> <p>R6. Réviser les dispositions relatives au stationnement privé des véhicules</p> <p>R7. Développer la mobilité électrique dans les transports publics urbains</p> <p>R8. Promouvoir l'hydrogène d'origine renouvelable pour le transport routier de marchandises</p> <p>R9. Promouvoir les transports publics auprès des jeunes adultes</p> <p>R10. Promouvoir une tarification TP favorable au transfert modal</p> <p>R11. Poursuivre le soutien au développement de la mobilité cyclable</p> <p>R12. Soutenir la pose de panneaux solaires sur les bâtiments agricoles</p> <p>R13. Valoriser le potentiel cantonal de production de biogaz à partir de déchets agricoles</p> <p>R14. Soutenir la couverture des fosses à purin</p> <p>R15. Élaborer un projet en faveur des circuits-courts dans la restauration collective</p> <p>R16. Évaluer le potentiel de reconversion de surfaces de grandes cultures fourragères vers des cultures dédiées à l'alimentation humaine</p> <p>R17. Informer, inciter et sensibiliser à une alimentation durable</p> <p>R18. Informer et sensibiliser à la réduction et à la gestion des déchets</p> <p>R19. Adapter la gestion des matériaux minéraux</p> <p>R20. Augmenter le taux de valorisation matière des déchets</p> <p>R21. Maintenir le potentiel de valorisation thermique en lien avec l'incinération des déchets</p> <p>R22. Revitaliser les marais d'importance nationale du canton</p> <p>R23. Étudier le potentiel de captation du CO2 dans les sols</p> <p>R24. Encourager les maîtres d'ouvrage à construire en bois</p> <p>R25. Étudier le potentiel pour un projet-pilote d'émissions négatives sur le canton</p> <p>R26. Orienter les investissements publics vers plus de durabilité</p> <p>R27. Évaluer, organiser, informer et sensibiliser sur les enjeux de la compensation volontaire</p>	<p>A1. Localiser et lutter contre les îlots de chaleur</p> <p>A2. Formaliser et diffuser un Plan canicule</p> <p>A3. Adapter le vignoble et les cépages cultivés et lutter contre les organismes émergents nuisibles à la viticulture</p> <p>A4. Mettre en place une gestion quantitative des eaux prélevées</p> <p>A5. Mettre en place la gestion intégrée des eaux par bassin versant</p> <p>A6. Adapter la mise sous protection et la surveillance des eaux souterraines</p> <p>A7. Promouvoir et former à la préservation des sols</p> <p>A8. Augmenter les capacités d'adduction en eau dans les zones rurales</p> <p>A9. Protéger les biens immobiliers et les infrastructures contre le phénomène de subsidence</p> <p>A10. Adapter la sylviculture pour limiter les risques d'incendie sur les stations sensibles</p> <p>A11. Adapter les traitements des eaux potables en fonction des nouveaux défis posés par les changements climatiques</p> <p>A12. Compléter et adapter la cartographie des dangers naturels et développer une gestion basée sur les risques</p> <p>A13. Créer/adapter les bases de données liées aux dangers naturels</p> <p>A14. Préciser la mise en œuvre des zones de danger dans l'aménagement du territoire et sur les projets constructifs</p> <p>A15. Adapter la sylviculture pour garantir la multifonctionnalité des milieux forestiers</p> <p>A16. Adapter la carte des forêts à fonction protectrice</p> <p>A17. Favoriser le développement d'offres touristiques de quatre saisons</p> <p>A18. Promouvoir la récupération et le stockage d'eaux pluviales</p> <p>A19. Développer le tourisme responsable</p> <p>A20. Revitaliser et créer un réseau de biotopes humides</p>
	<p>ACCOMPAGNEMENT DU CHANGEMENT</p> <p>T1. Créer une fonction transversale de "délégué(e) développement durable et climat"</p> <p>T2. Modifier les comportements en lien aux enjeux climatiques</p> <p>T3. Valoriser la mobilisation des jeunes</p> <p>T4. Intégrer les thématiques du développement durable et du climat dans la formation continue de l'État</p> <p>T5. Monitorer les effets du Plan climat</p> <p>T6. Accompagner la population vers les nouveaux métiers induits par la transition énergétique et les changements climatiques</p> <p>T7. Atténuer les conséquences sociales découlant des changements climatiques</p> <p>T8. Accompagner les PME et les ONG neuchâteloises vers la transition énergétique et la durabilité</p> <p>T9. Élaborer les nouvelles étapes du Plan climat</p>

Figure 9 : Plan Climat du canton de Neuchâtel (Canton de Neuchâtel, n.d.)

4.4. La stratégie de territoire de la commune de Neuchâtel

La commune de la Ville de Neuchâtel a publié son Projet de Territoire en octobre 2023. À travers ce dernier, la commune avait pour but de retracer les étapes majeures de la réalisation de son futur plan d'aménagement local. La commune a fusionné au 1^{er} janvier 2021 et a donc repris les planifications des communes de Corcelles-Cormondrèche, Neuchâtel, Peseux et Valangin. De ce fait, il était indispensable de réaliser une planification globale pour cette nouvelle commune fusionnée. Le Conseil communal a alors dévoilé en octobre 2023 sa stratégie territoriale pour les 20 années à venir (PdTNE, 2023). Ce chapitre a comme objectif de retracer les points clés de ce PdTNE afin d'obtenir un aperçu de ce que la commune souhaite devenir au fil des prochaines années.

Afin d'accueillir ses nouveaux habitants, la commune a estimé que les zones à bâtir existantes sont suffisantes. De ce fait, certains secteurs-clés seront ciblés afin de densifier. Cette densification devra intégrer des espaces publics accueillants, favoriser les interactions sociales et assurer les liens avec l'environnement. Cette densification concerne aussi l'économie locale et l'accueil de nouvelles entreprises (PdTNE, 2023).

Le futur de la commune de Neuchâtel s'articule en 3 visions. La première est celle d'une ville des proximités. Cette vision consiste à améliorer les réseaux de transports publics neuchâtelois et la connexion nationale et internationale en affirmant la place de la commune et du canton dans plein de domaines différents. Cette connexion sera améliorée notamment via le réseau ferroviaire et autoroutier du Pied du Jura et de l'axe Zurich-Genève. De plus, les relations transfrontalières et internationales et particulièrement les rapports à l'Europe sont fondamentaux et déjà affirmés par la population, la culture, les exportations et échanges économiques ainsi que grâce au domaine de la formation, de la recherche et de l'innovation (PdTNE, 2023).

La deuxième vision est celle d'une ville durable. En effet, la commune souhaite favoriser les interactions entre la ville, le lac, les vignes et les forêts. Pour ce faire, les lieux de vie et les quartiers devront être davantage connectés par des infrastructures performantes et mis en réseau afin d'élaborer un maillage d'espaces publics et d'espaces naturels. De plus, l'adaptation au changement climatique comprend également la durabilité du bâti et la préservation des ressources. Afin d'y parvenir, la Ville souhaite renforcer son autosuffisance énergétique en ayant une consommation efficiente et en développant la production et l'usage d'énergies renouvelables et locales (PdTNE, 2023).

La troisième et dernière vision est celle d'une ville vivante. Afin de promouvoir la cohésion sociale, la ville souhaite renforcer son tissu associatif et les assemblées citoyennes, notamment à l'échelle des quartiers. Il s'agira de rendre possible le déploiement des commerces et des services de proximité ainsi que de stimuler des dynamiques sportives, culturelles et socioculturelles. Cela se traduira par de nouveaux lieux de rencontre jouant un rôle d'espaces culturels urbains et favorisant ainsi le vivre-ensemble (PdTNE, 2023).

Ces trois visions sont traduites par sept images directrices exposant les principaux enjeux traités par ce PdTNE:

- 1) **Renforcer les centralités** : Afin de répondre aux enjeux de densification dans les zones à bâtir, il faut identifier les centralités afin de les renforcer. Pour y répondre, la ville propose de favoriser les espaces publics attractifs en tenant compte du patrimoine architectural, culturel, historique, naturel et paysager. De plus, une mixité fonctionnelle est recherchée. Il s'agit donc de développer, à l'échelle du quartier, des services et des commerces de proximité ainsi que des équipements publics. Ce parc immobilier favorisera la cohésion et la mixité sociale en répondant aux besoins des différents ménages. Du point de vue de la mobilité, les différentes centralités identifiées seront desservies par des axes urbains majeurs ainsi que les lignes ferroviaires (PdTNE, 2023).
- 2) **Stimuler l'activité économique** : Cette image découle des enjeux de la distribution des travailleurs parmi les secteurs. En ville de Neuchâtel, le secteur tertiaire représente 80% des emplois, contre seulement 20% pour le secondaire. A titre comparatif, en 2022, en Suisse, le secteur tertiaire représente 74% et le secondaire 24% (BetterStudy, n.d.) et dans le canton de Neuchâtel 65% pour le secteur tertiaire contre 33% pour le secondaire (Service de statistique du canton de Neuchâtel, 2024). De ce fait, les zones d'activités économiques seront destinées en grande partie au secteur secondaire. Cela dit, les activités secondaires à haute valeur ajoutée sont fortement encouragées dans ces secteurs, comme dans le quartier de l'innovation. Afin de gérer convenablement les flux de marchandises, les accès aux jonctions autoroutières seront optimisés (PdTNE, 2023).
- 3) **Requalifier les axes urbains** : Neuchâtel est une ville linéaire structurée par des axes urbains majeurs, qui représentent les artères de la ville, autour desquels se déploient une mixité de logements et d'activités. Ces axes sont utilisés principalement par le trafic de transit causant des nuisances sonores et affectant la qualité de l'air urbain. Ces axes sont étroits et insuffisants pour la place dédiée à la mobilité douce ainsi que la structure du maillage des espaces publics. Afin d'y remédier, des places urbaines seront aménagées

aux carrefours des axes majeurs et les rues s’y connecteront. L’animation des rues sera également renforcée par l’activation des rez-de-chaussée et les bâtiments seront implantés de façon non contiguë de manière à assurer des percées visuelles et garantir des espaces publics de qualité (PdTNE, 2023).

- 4) **Franchir la pente** : La commune connaît une pente parfois perçue comme un obstacle pour certains usages. La pente rend l’accès à certains quartiers difficiles et les liaisons des transports publics ou de mobilité douce ne sont pas encore optimales. De plus, cette topographie complexifie la gestion des eaux de surface et de ruissellement. Dans un contexte climatique où les phénomènes extrêmes deviennent plus fréquents, il est primordial de savoir gérer ces eaux. De ce fait, il s’agit ici de franchir la pente en créant des liaisons optimales et en offrant une accessibilité aux quartiers en hauteur via des ascenseurs, des funiculaires ou des passerelles (PdTNE, 2023).
- 5) **Vivre avec la nature** : La nature est un enjeu majeur dans le contexte climatique actuel. La Ville dispose de nombreuses structures paysagères et une diversité de milieux naturels et est ainsi constituée de différentes trames (verte, bleue et brune). Cependant, la formation d’ICU se fait ressentir, tout comme la fréquence des inondations et des phénomènes de ruissellement. De plus, les espaces naturels urbains sont de plus en plus morcelés par les infrastructures autoroutières, ferroviaires ou encore des îlots bâtis. De ce fait, la Ville souhaite constituer un réseau biologique continu afin de permettre de rafraîchir la Ville (PdTNE, 2023).
- 6) **Vivre les lisières** : La commune est entourée de forêts, du lac et des espaces agricoles. La forêt représente une ressource pour de nombreuses activités (équipements sportifs, culturels et de loisirs). De ce fait, l’accès aux lisières de forêts doit être amélioré ainsi que les fonctions des espaces forestiers (protection, production, biodiversité) préservées (PdTNE, 2023).
- 7) **Valoriser la rive** : Il s’agit ici de renforcer le rapport de la Ville à l’eau en développant l’ouverture des quartiers sur le lac, en valorisant l’accès à l’eau et en apaisant l’axe urbain le long du littoral entre Serrières et Monruz. En effet, les rives du lac participent à la qualité de vie urbaine offerte par la Ville et doivent donc être aménagées pour optimiser les bénéfices de vivre proche d’un lac (PdTNE, 2023).

4.5. Dialogue entre le canton et la commune

Le service du développement territorial de la Ville de Neuchâtel s’articule en deux offices. Le premier est celle des permis de construire et le deuxième celle de la planification et des

aménagements urbains. Dans le deuxième office, deux spécialisations se déploient, d'un côté l'organisation des espaces publics traitant principalement de la modération du trafic et des aménagements urbains, de l'autre côté l'organisation de planification élaborant notamment le PAL et les plans de quartiers (N. Montavon, entretien semi-directif, 15 mars 2024).

Le canton s'organise en différents départements, dont celui du développement territorial et de l'environnement. Au sein de ce département, plusieurs services participent au développement cantonal. Parmi ces services, le service de l'aménagement du territoire (SAT), le service de l'énergie et de l'environnement (SENE), le service des ponts et chaussées et le service de la faune, des forêts et de la nature collaborent avec le service du développement territorial de la Ville de Neuchâtel. Ce dialogue entre canton et commune se développe pour chaque projet communal avec les services cantonaux concernés (N. Montavon, entretien semi-directif, 15 mars 2024).

4.6. Le site d'étude : La Cuvette de Vauseyon

La CdV se situe dans la commune de la Ville de Neuchâtel et correspond à l'intersection des deux axes de la commune fusionnée, Cormondèche-La Coudre et Vauseyon-Valangin (cf. figure 10, CdV indiquée en rouge). La CdV est également l'endroit où les autoroutes se séparent pour aller de La Neuveville en direction de Lausanne ou en direction de la Chaux-de-Fonds.



Figure 10 : Carte de la Commune de la Ville de Neuchâtel fusionnée avec la CdV indiquée en rouge. (Ville de Neuchâtel, n.d.)

Dès 1537 des moulins sont installés dans la CdV aux abords du Seyon. Puis, de nombreux changements de propriétaires animent son histoire. En 1797, une brasserie est construite,

appelée à l'époque « La Grande Maison », puis dès la fin du XIX^e « La Maison du Prussien ». La CdV fut rachetée par la Société immobilière de Neuchâtel en 1902, puis par la Ville de Neuchâtel en 1906 pour y faire une zone industrielle. De 1950 à 1953, la CdV devient une décharge communale, afin de soulager les rives du lac et la pollution de ce dernier. Cette décharge fut déplacée en raison de la fermentation des déchets insupportable pour le voisinage et les incendies engendrés (Ville de Neuchâtel, 2020b). En 1985, la promenade du Gor du Seyon fut rendue praticable grâce à l'installation de passerelles. En 2000, des études de réhabilitation prirent forme (GOR, n.d.). En 2012, des restes de polluants posèrent encore un problème lors d'un chantier à l'emplacement de l'ancienne décharge (Ville de Neuchâtel, 2012). Depuis, la CdV est un site industriel (PDC Neuchâtel, 1992).

Le Seyon creuse son lit dans la CdV et prend la forme d'un ruisseau sinueux, se tortillant à travers les galets et les rochers. Puis, il chute dans deux bassins d'eau claire. Le nom « Gor » découle justement de la présence de ces chutes d'eau. Il finit son chemin enterré dans une gorge surdimensionnée l'emmenant jusqu'au Lac de Neuchâtel (GOR, n.d.).

La CdV est aujourd'hui considérée comme une friche, même si l'industrie perdure, car cette dernière est devenue moins dynamique et partiellement dormante. De plus, le site est dépourvu d'activités attractives pour les habitants, hormis la Maison du Prussien (N. Montavon, entretien semi-directif, 15 mars 2024). Dans le cadre du PdTNE explicité ci-dessus, la commune a choisi ce site parmi d'autres pour proposer de nouveaux emplois. De ce fait, cette friche industrielle sera réactivée et accueillera de nouvelles industries, principalement de l'artisanat et des PME (PdTNE, 2023). De plus, la CdV possède une gare non exploitée actuellement mais qui pourrait être remise en service afin d'améliorer la desserte du lieu et de permettre aux futurs travailleurs de venir en transport public sur le site. Aussi, en raison de sa topographie, il sera question de relier davantage la Cuvette avec les quartiers environnants pour améliorer la mobilité douce entre les différents niveaux topographiques (N. Montavon, entretien semi-directif, 15 mars 2024 ; PdTNE, 2023 : 28).

La CdV est également située à l'intersection des axes de grandes forêts communales et constitue un écosystème important. De plus, la rivière du Seyon ainsi que la fin de la promenade de ces gorges se trouvent dans le Gor de Vauseyon. Cette dernière est accompagnée de nombreux moulins faisant partie du patrimoine local et offre donc à ses visiteurs des paysages exceptionnels entre forêt, rivière et moulins historiques (cf. figure 11 et 12). De plus, la fin de la promenade mène ces visiteurs au restaurant de la Maison du Prussien. Le site de la CdV bénéficie de réels points d'intérêts et d'îlots de nature paisibles. Il s'agit donc de revaloriser ces



Figure 11 : Photographie du Gor du Vauseyon (Illustration personnelle)



Figure 12 : Photographie du Gor du Seyon (Illustration personnelle)

derniers et d'amener des visiteurs en rendant le reste de la Cuvette plus accueillante et agréable à vivre (N. Montavon, entretien semi-directif, 15 mars 2024).

Aussi, le point de départ de la promenade à Valangin offre des possibilités limitées, et parcourir les gorges du Seyon en longeant intégralement son cours s'avère impossible. De ce fait, cela représente un autre objectif du PdTNE, c'est-à-dire d'améliorer la liaison de mobilité douce de Valangin à Vauseyon. Aussi, afin d'optimiser l'accès aux lisières, la passerelle en amont du Gor de Vauseyon sera valorisée ou un nouvel ouvrage sera effectué (N. Montavon, entretien semi-directif, 15 mars 2024 ; PdTNE : 38).

De plus, en termes d'adaptation, ce site est intéressant. Premièrement, un site industriel qui dort partiellement constitue une marge de manœuvre pour la commune en termes d'utilisation ou de

réaffectation de ce dernier (N. Montavon, entretien exploratoire, 13 novembre 2023). Ensuite, la CdV représente une opportunité grâce à l'îlot de fraîcheur qu'elle représente pour la commune (N. Montavon, entretien exploratoire, 13 novembre 2023).

5. Méthodologie déployée

La méthodologie utilisée dans le cadre de cette recherche est multiple. Cette méthodologie s'appuie sur les différents éléments théoriques parcourus dans la revue de la littérature afin de répondre aux questions de recherche posées en amont.

Les deux questions de recherche sont distinctes dans leur traitement méthodologique. Premièrement, la question de recherche : *De quelle manière le projet de réactivation d'une friche s'inscrira à la fois dans les stratégies d'attractivité pour refaire la ville sur la ville et d'adaptation au changement climatique de la Ville de Neuchâtel ?* sera traitée avec quatre méthodologies différentes :

- L'analyse des documents officiels permettra de se rendre compte de la position des services publics face aux enjeux d'adaptation au changement climatique. Pour cette étape, une grille d'analyse sera réalisée à l'aide des outils théoriques évoqués dans la revue de la littérature.
- L'entretien semi-directif avec Nicolas Montavon, chef de projet du service du développement territorial de la Ville de Neuchâtel, servira à compléter les informations des différents documents officiels.
- Le diagnostic sur le terrain permettra d'illustrer et de confirmer certains enjeux détectés lors de l'analyse des documents officiels et de l'entretien semi-directif individuel.
- La cartographie des températures actuelles servira à confirmer (ou non) que les températures de la CdV représentent une opportunité pour la Ville de Neuchâtel et constituent un îlot de fraîcheur important.

Puis, la deuxième question de recherche : *De quelle manière les outils de simulation de températures sont utiles pour l'adaptation au changement climatique dans le cadre de projet de composition urbaine ?* sera traitée grâce à une méthodologie :

- L'outil de simulation de températures selon différents scénarios de projet aura pour but de tester plusieurs projets urbains réalisés à l'aide des éléments d'adaptation développés dans la revue de la littérature. Cette étape servira premièrement à démontrer l'utilité des outils de simulation pour le projet urbain, et deuxièmement à tester les méthodes d'adaptation abordées.

Cette méthodologie appuiera les scénarios de projet de cette recherche. Elle servira également de recommandation afin de mobiliser les outils de simulation de températures dans d'autres projets de la Ville de Neuchâtel notamment.

5.1. Analyse des documents officiels

Les documents analysés ici sont le Plan Climat du canton et le PdTNE, déjà présentés dans la section 4.3. Plan Climat du canton de Neuchâtel et 4.4. La stratégie de territoire de la Commune de Neuchâtel. Pour permettre une analyse systématique, il s'agira de développer une grille d'analyse afin d'étudier les mesures en faveur de l'atténuation et de l'adaptation du PdTNE, les éléments théoriques explicités dans la revue de la littérature seront repris ici. Cette grille sera mobilisée pour chacun des éléments théoriques afin de renseigner leur représentation dans les documents officiels puis les propos exacts ainsi que l'emplacement des propos seront renseignés (cf. Tableau 1). La grille d'analyse finale se trouve dans les annexes (cf. annexe 1).

Thèmes		Présent dans le Plan Climat cantonal	Présent dans le Projet de Territoire	Emplacement(s) du(es) propos		
				Dans le Plan Climat	Dans le Projet de Territoire	Concerne la Cuvette de Vauseyon
Ecologie urbaine	Ingénierie écologique	Projet urbain Construire la ville de manière globale et cohérente				
		Qualité de l'air Diminuer les émissions liées au chauffage, à l'industrie et à la mobilité				
		Mobilité				
		Densification				
		Métabolisme urbain				
	Mesures d'adaptation	Forme du bâti et circulation de l'air				
		Création d'ombre				
		Nature en ville				
		Perméabilisation et choix de matériau de revêtement				
		Eau				

Tableau 1 : Grille d'analyse pour le Plan Climat et le PdTNE (Illustration personnelle)

Cette méthodologie comporte un avantage principal car elle permet une comparaison rapide entre les différents documents officiels et regroupe les différentes idées par thématique. De plus,

une grille d'analyse apporte un support visuel à la lecture et permet de faire ressortir les éléments non représentés rapidement.

Cependant, un tel exercice implique une interprétation de la part du chercheur et peut engendrer une subjectivité quant au traitement des propos des différents documents officiels. De plus, aucune validation externe n'est mobilisée dans ce type d'analyse, de ce fait seuls les écrits font foi.

5.2. Entretien semi-directif

L'entretien semi-directif permettra de préciser les attentes et souhaits de la Ville de Neuchâtel en ce qui concerne le futur de la CdV, à l'aide d'une validation externe. L'entretien sera réalisé avec le chef de projet du service du développement territorial de la Ville de Neuchâtel, Monsieur Nicolas Montavon.

Pour la réalisation de la grille d'entretien, la grille d'analyse servira de base. Il s'agira de confirmer l'analyse faite du document officiel de PdTNE et de préciser les attentes non remplies lors de cette analyse. De ce fait, si certaines attentes ne sont pas explicitées dans le PdTNE, elles seront tout de même abordées lors de l'entretien semi-directif afin de connaître l'avis de la commune sur ces dernières.

De plus, les différentes parties citant la CdV dans le PdTNE seront développées au fil de l'entretien semi-directif afin de connaître les souhaits précis pour le site. Grâce aux informations récoltées, un cahier des charges pourra être esquissé et c'est sur la base de ce dernier que la dernière partie du mémoire sera réalisée.

Les grilles d'entretien de l'entretien exploratoire effectué en amont de l'analyse et de l'entretien semi-directif sont en annexe (cf. Annexe 2 et 3).

5.3. Diagnostic orienté par la technique de l'arpentage

Une fois les documents officiels analysés et l'entretien semi-directif effectué, il sera temps de se rendre sur le terrain afin de confirmer les enjeux évoqués dans les deux méthodologies précédentes et/ou d'en soulever d'autres.

Pour ce faire, un diagnostic orienté par la technique de l'arpentage sera effectué. Ce type de diagnostic consiste à parcourir le site, à rencontrer les potentiels usagers, à se mettre à leur place, à prendre des photographies du site, etc. Il peut y avoir plusieurs arpentages à différents moments afin de capter l'atmosphère du lieu, l'utilisation de ce dernier et les problèmes

ressortant. Dans le cadre de cette recherche, deux arpentages se succéderont, l'un en semaine afin de bénéficier de l'ambiance industrielle en mouvement et l'un le samedi matin afin d'identifier les problèmes d'activation potentiels lorsque l'industrie se retire.

En aval de l'arpentage, le diagnostic continue en triant les différentes photographies, en cherchant les aménagements existants dans les environs, en cartographiant les éléments récoltés et en dessinant des coupes altimétriques afin de représenter et de comprendre l'organisation du site.

5.4. Cartographie de températures

La cartographie de températures permettra de confirmer (ou non) la caractéristique rafraîchissante de la ripisylve du Seyon en comparaison au milieu industriel de la CdV. Pour ce faire, les données météorologiques disponibles ne sont pas suffisantes car il n'y a qu'une seule station météorologique pour le canton de Neuchâtel (située sur la commune de Neuchâtel).

Afin d'y remédier, les températures seront récoltées à l'aide de capteurs installés sur le site. La température sera prise deux mètres au-dessus du sol, pour ne pas être influencée par les matériaux de revêtement.

Les capteurs utilisés sont les « ThermaData® Lite » et se présentent comme ci-joint. Il s'agit de petits capteurs enregistrant la température exacte de leur emplacement. Ces derniers sont parfaits pour le relevé de températures en question car ils sont discrets, résistent aussi bien au froid qu'au chaud et sont étanches en cas d'intempéries.

Pour les utiliser, il faut télécharger l'application « ThermaData Studio ». Grâce à cela, il est possible de récupérer les données enregistrées, une fois que les capteurs sont retirés du site, et de les exporter dans un fichier CSV en branchant le capteur à l'aide d'un câble USB-C à l'ordinateur.



Figure 13 : Photographie d'un capteur de température (Illustration personnelle)

Pour le choix de l'emplacement des capteurs de température, plusieurs facteurs sont pris en compte afin de diversifier la typologie des espaces analysés :

1) La topographie du site

La topographie du site influence la température de plusieurs manières. Premièrement, les pentes orientées vers le Sud reçoivent en principe plus de soleil et sont donc plus chaudes que celles orientées vers le Nord (Christopherson et al., 2019). Deuxièmement, la topographie joue un rôle dans la ventilation de la Cuvette. En effet, les reliefs ont un impact sur la circulation de l'air et peuvent faire varier le climat micro local (Barry et Chorley, 2009).

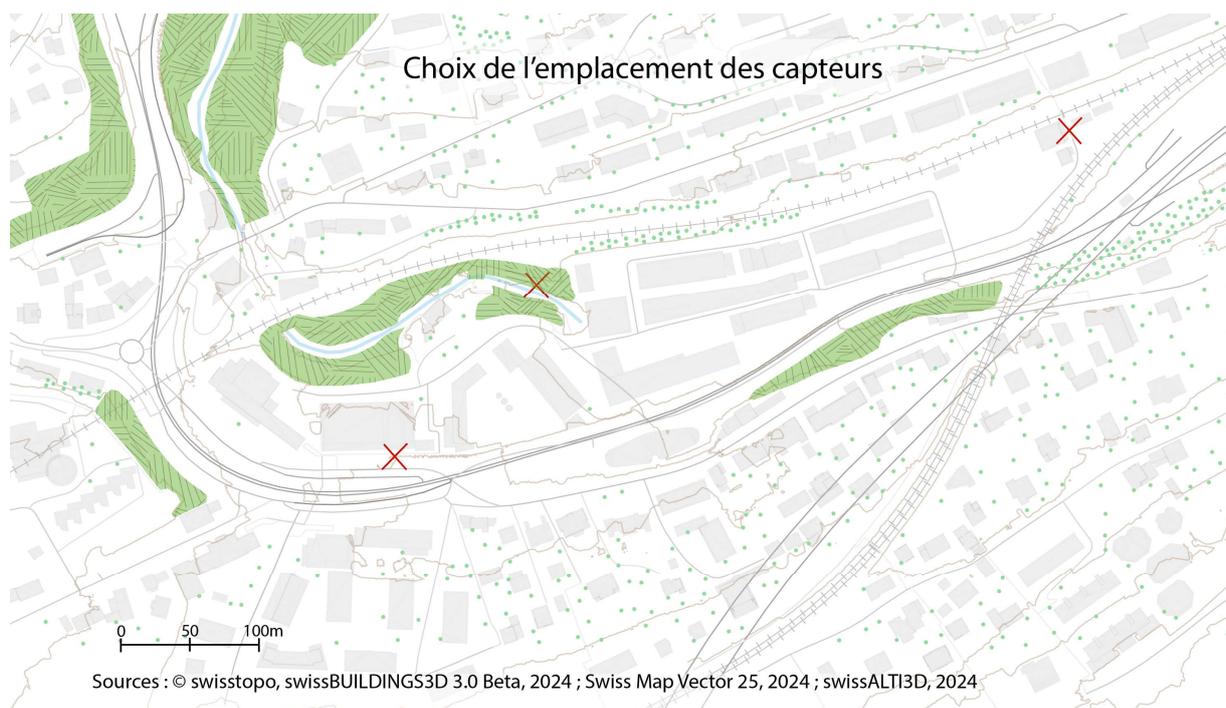


Figure 14 : Cartographie de l'emplacement des capteurs en fonction de la topographie (Illustration personnelle)

Afin de vérifier si la topographie influence le site de la CdV, les capteurs seront posés à des endroits diversifiés. Un capteur sera posé sur une pente exposée Sud, afin de tester l'effet de l'exposition au soleil sur la température locale (tout à droite de la carte). Deux autres seront posés à des endroits en pente, afin de tester l'effet de la ventilation du site.

2) Le type de surface

Le type de surface comprend les matériaux de revêtement des sols sur le site de la CdV. Ces différents matériaux de revêtement ont une émissivité et un albedo différents. L'émissivité correspond à la mesure de la capacité d'un objet à émettre du rayonnement thermique par rapport à un objet noir parfait. L'albedo est une mesure de la réflectivité d'une surface, en d'autres termes, cet indice représente la fraction de la lumière solaire incidente qui est réfléchiée par une surface en rapport à la quantité totale de la lumière reçue (Christopherson et al., 2019).

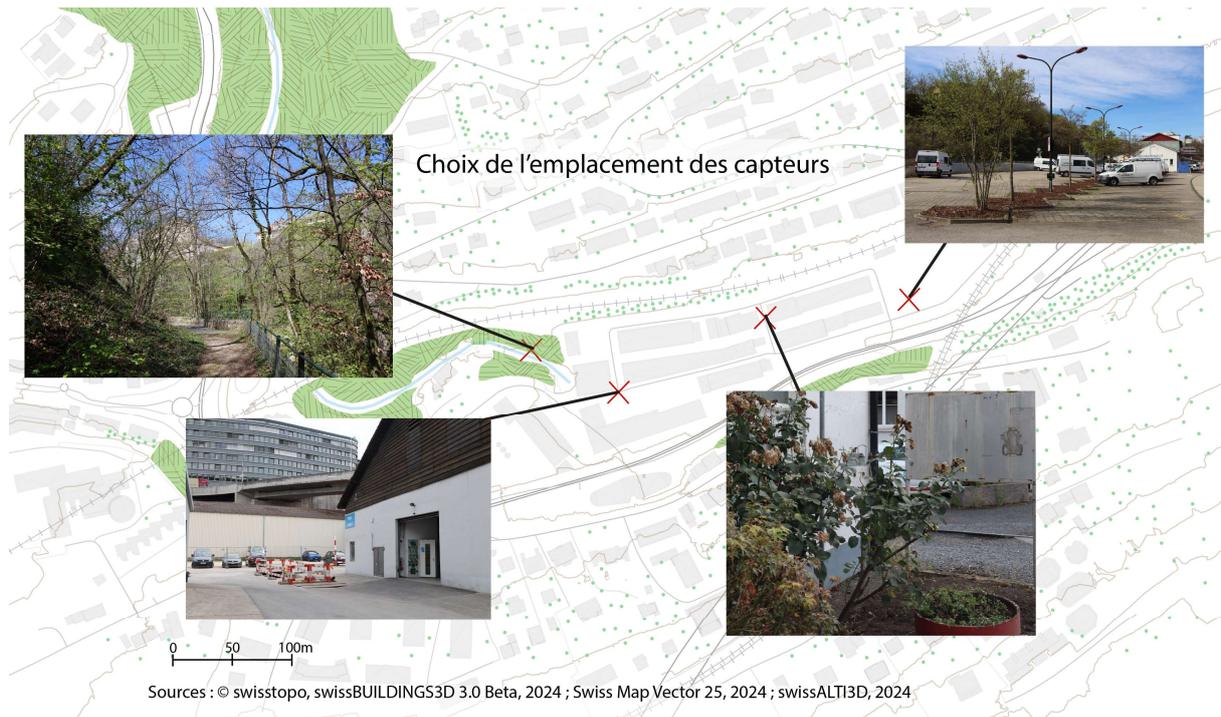


Figure 15 : Cartographie de l'emplacement des capteurs en fonction des matériaux de revêtement (Illustration personnelle)

Sur le site de la CdV, un bon nombre de sols sont en asphalte. Le but ici est de tester d'autres types de surface afin de comparer avec les autres capteurs. Deux capteurs seront posés sur des sols végétalisés faisant partie du paysage urbanisé du site (les deux capteurs les plus à l'Est). Ensuite, un capteur sera posé à un endroit bétonné. Pour finir, un dernier capteur sera placé dans la forêt du Gor du Vauseyon où le matériau de revêtement est perméable et varie entre un chemin en gravier et de la litière forestière. Ces quatre capteurs permettront de confirmer l'importance du matériau de revêtement choisi et leur influence sur la température micro locale.

3) La morphologie du bâti

La morphologie du bâti est un facteur à prendre en compte car il influence la température du site. De plus, sur le site, la morphologie varie beaucoup entre le côté Est et Ouest de la Cuvette. Ici, la hauteur du bâti est prise en compte ainsi que l'emprise au sol. De plus, l'orientation des rues est analysée. Les rues orientées est-ouest, comme celle de la partie Est de la Cuvette, sont plus exposées au soleil et donc généralement plus chaudes. La couleur du bâti peut également avoir un impact sur la température locale. (Erell et al., 2011).

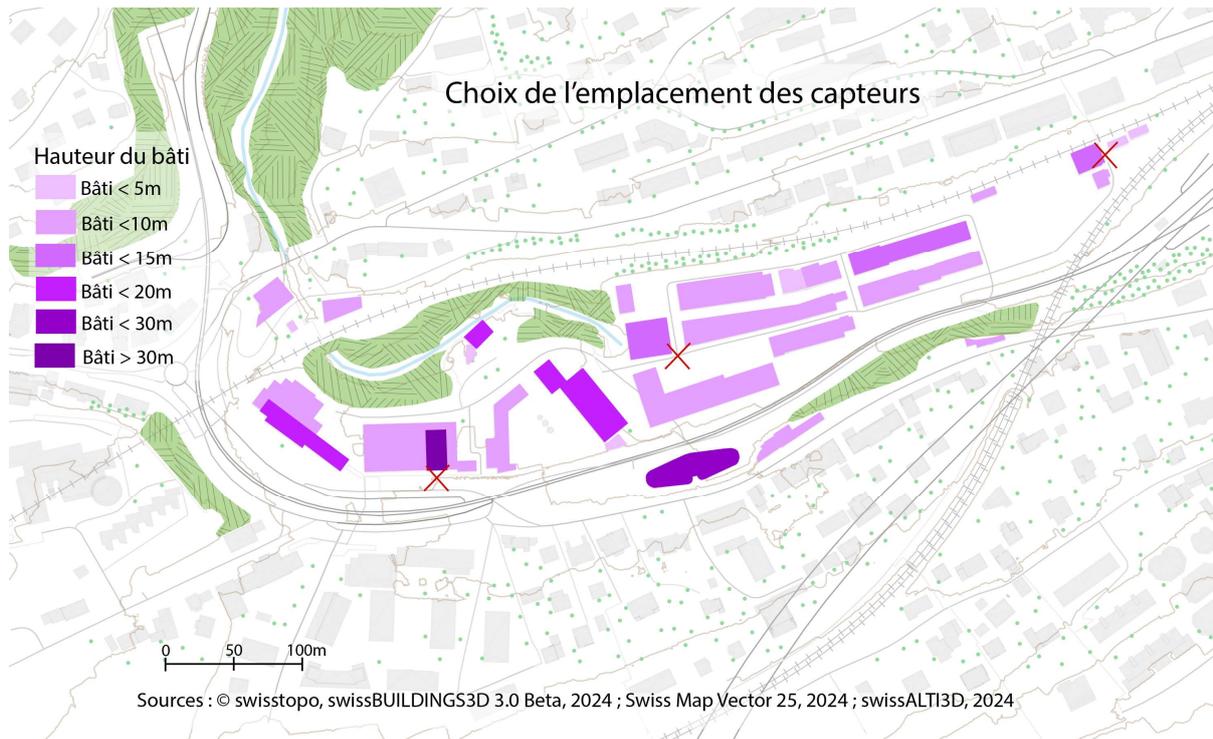


Figure 16 : Cartographie de l'emplacement des capteurs en fonction de la morphologie du bâti (Illustration personnelle)

Sur cette carte de la morphologie du bâti, nous constatons une hauteur du bâti variant de moins de 5m à plus de 30m. Il sera intéressant, en raccord avec les autres facteurs, de disposer un capteur tout à l'Est de la Cuvette, où le bâti est dispersé, bas et gris foncé ainsi qu'au centre de la Cuvette, avec un bâti de hauteur importante, moins espacé, clair et où la rue est orientée Est-Ouest. De plus, disposer un capteur à côté du bâti le plus haut est également pertinent.

4) L'effet venturi

La circulation de l'air influence également la température. En effet, la ventilation permet la dispersion de l'air chaud et aide à mélanger l'air chaud et l'air froid ce qui diminue la température et les facteurs d'ICU (Oke, 1987). Sur le site de la CdV, la topographie peut diminuer la ventilation du site. Cela dit, sur la partie Est de la Cuvette, la morphologie du bâti longitudinale et son orientation Est-Ouest peuvent augmenter la circulation de l'air par rapport à la partie Ouest de la Cuvette. Pour tester la ventilation du site, il suffit de se rendre sur le terrain et de constater de manière empirique où la ventilation est la plus importante.

Afin de tester ce facteur, il est important de placer un capteur sur la partie Ouest et un capteur sur la partie Est. De plus, ceci permettra de confirmer l'influence de la morphologie du bâti sur la circulation de l'air locale. Voici ci-dessous la cartographie de l'emplacement des capteurs en fonction du facteur de venturi. Celui tout à droite est entre deux structures bâties, même si ces

dernières sont basses, il bénéficie de peu de ventilation. Le deuxième en partant de la droite se situe au milieu d'un grand espace non construit et devrait avoir une bonne ventilation. Les deux autres ont été placés selon le ressenti sur place et ont les deux une bonne ventilation.

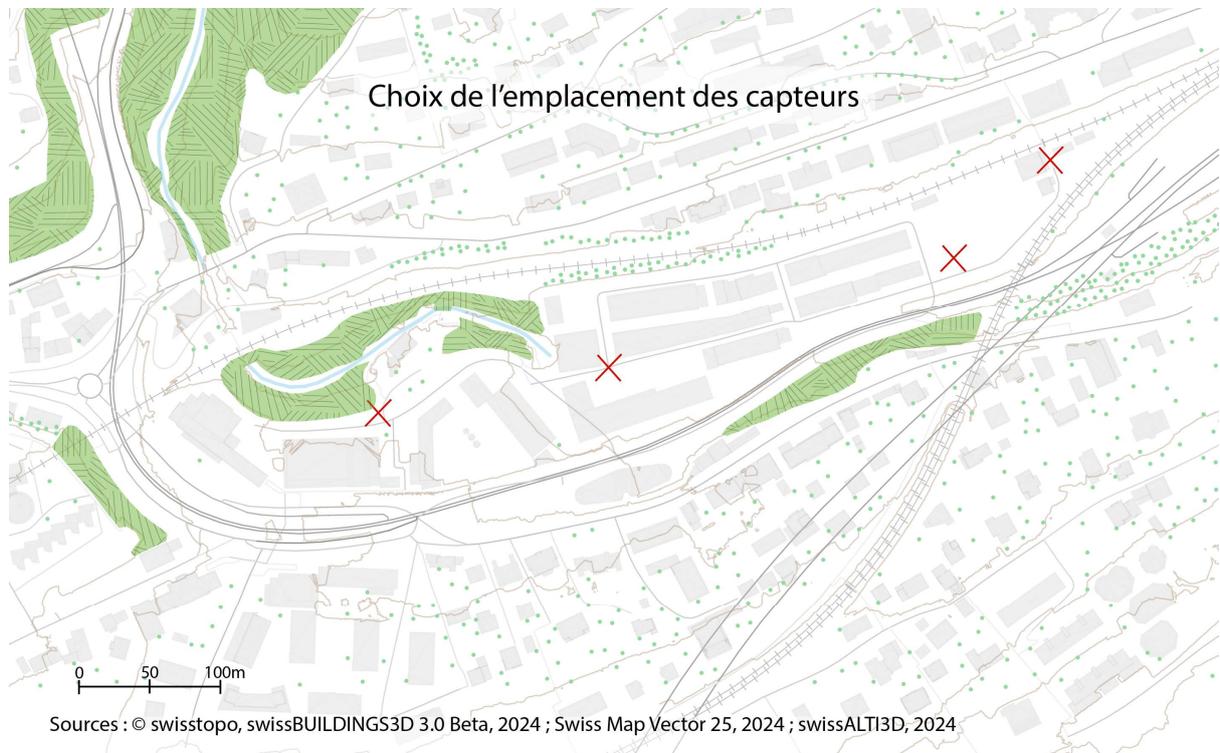


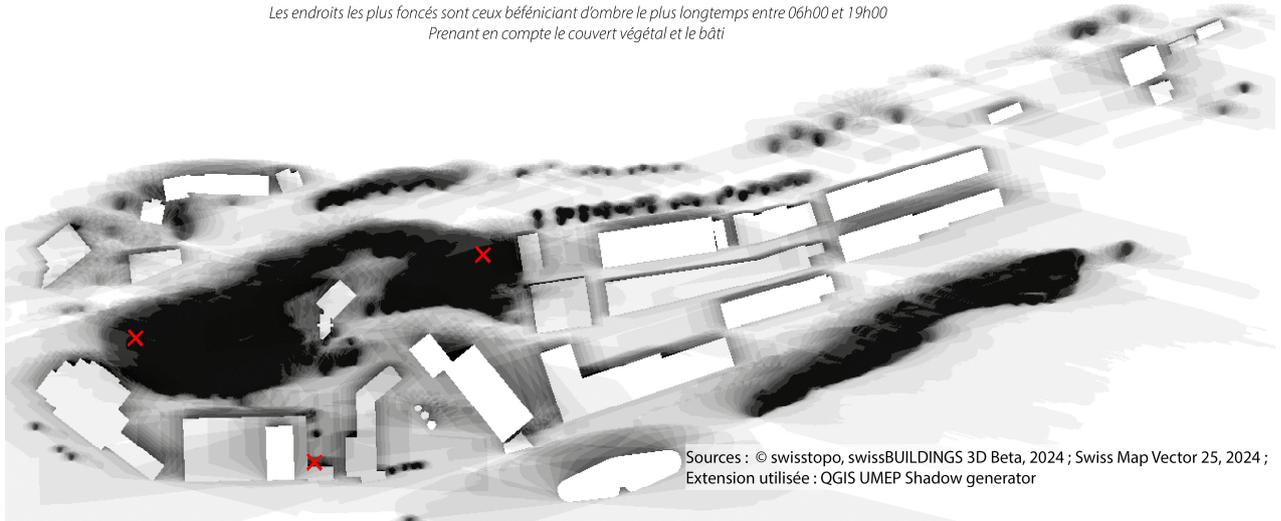
Figure 17 : Cartographie de l'emplacement des capteurs en fonction de l'effet venturi (Illustration personnelle)

5) L'ombre

Afin de ne pas fausser les relevés de température, les capteurs ne peuvent pas être disposés en plein soleil. Ils doivent par conséquent être orientés au Nord. Cela dit, l'ombrage permanent est un facteur intéressant. C'est pour cela que l'analyse de l'ombrage sur le site de la CdV est pertinente pour la pose des capteurs.

Somme des ombres le 11 août 2024

Les endroits les plus foncés sont ceux bénéficiant d'ombre le plus longtemps entre 06h00 et 19h00
Prenant en compte le couvert végétal et le bâti



Sources : © swisstopo, swissBUILDINGS 3D Beta, 2024 ; Swiss Map Vector 25, 2024 ;
Extension utilisée : QGIS UMEP Shadow generator

Figure 18 : Cartographie de l'emplacement des capteurs en fonction de l'ombre (Illustration personnelle)

Deux endroits sont intéressants à tester dans le cadre de cette recherche. Le premier se situe à la sortie du passage sous-terrain du Seyon et de sa promenade. Cet emplacement allie ombre, humidité et l'effet rafraîchissant de la rivière du Seyon. Le deuxième emplacement est à l'ombre de la forêt et sur une pente exposée Nord donc avec peu d'exposition au soleil. Le dernier se situe près du plus haut bâtiment de la Cuvette.

6) La discrétion et la sécurité de l'emplacement des capteurs

Les différents facteurs ci-dessus ont permis de disposer les huit capteurs de température sur le site de la CdV. À relever toutefois que les questions de faisabilité, de discrétion et de sécurité de l'emplacement se posent encore. Pour installer les capteurs, la présence d'un pilonne ou d'un arbre est indispensable. En effet, il faut les disposer à deux mètres de hauteur pour que la température relevée soit celle ressentie par les usagers du site. De plus, les capteurs doivent être orientés au Nord afin de minimiser l'exposition directe au soleil.

La carte ci-dessous représente, en rouge, l'emplacement souhaité des capteurs de température selon les différents facteurs évoqués précédemment et en violet l'emplacement définitif des capteurs après avoir pris en compte la faisabilité, la discrétion et la sécurité de ces derniers.

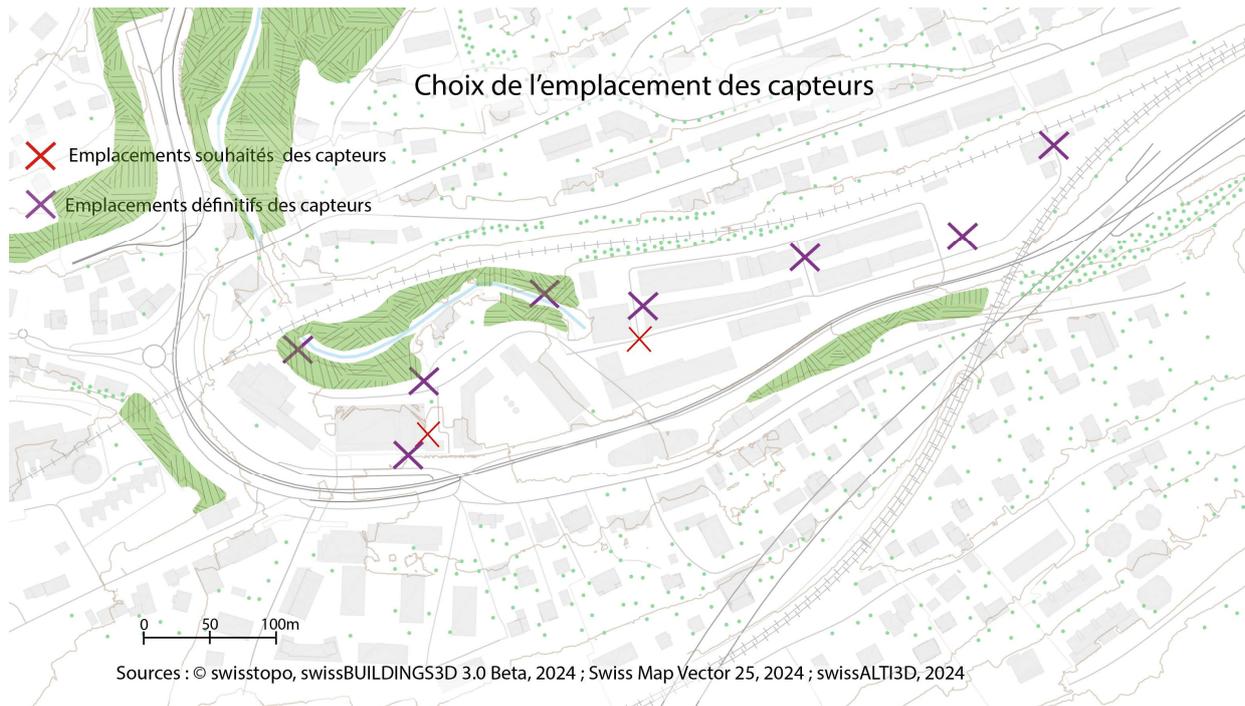


Figure 19 : Cartographie des emplacements définitifs des capteurs selon les facteurs (Illustration personnelle)

De plus, les capteurs sont posés pour un mois, donc il faut qu'ils soient discrets et en sécurité. Pour éviter que les usagers y touchent, une étiquette informative décrivant la fonction des capteurs de température et le cadre de la recherche sera collée sur ces derniers (voir figure 20 ci-dessous).



Figure 20 : Etiquette explicative disposée sur les capteurs (Illustration personnelle)

Les capteurs sont activés grâce au logiciel « ThermaData Studio ». Le choix de l'heure d'activation est prédéfini et les données sont enregistrées toutes les 30 minutes durant tout le mois d'août. Les données relevées restent inaccessibles durant leur installation, rendant toute vérification impossible. S'ils sont branchés à l'ordinateur cela implique qu'ils sont déplacés et qu'ils arrêtent de relever la température. De plus, afin de ne pas les confondre à la fin de leur installation, les numéros de série des capteurs sont notés avant de les installer. Pour terminer,

ces données seront mobilisées pour en faire des cartes de températures ainsi que plusieurs analyses graphiques. Le code R utilisé pour ce faire se trouve en annexe (cf. annexe 4).

5.5. Simulation de températures selon les scénarios de projet

La simulation de températures se fera sur le logiciel QGIS à l'aide d'une extension nommée « ICEtool »⁶. Cette extension se base sur un ensemble de phénomènes physiques mis en relation, cela dit, en raison de la différence de prise en compte de certains facteurs, le résultat reste une estimation indicative (Evrard, 2022.).

Un grand avantage de cet outil réside dans le fait qu'il est utilisable gratuitement à partir du logiciel QGIS lui aussi gratuit. En effet, le but étant de démontrer l'utilité des outils de simulation dans le cadre du projet urbain et ainsi de convaincre les communes de les utiliser, le fait de ne pas avoir de barrière financière est un avantage.

Afin d'utiliser cette extension, il faut préparer de nombreuses données en amont. Premièrement, il faut renseigner les températures du site étudié. Les moyennes des données récoltées par les huit capteurs sont reprises ici. Ensuite, il faut compléter les données avec plusieurs couches et un traitement spécifique de ces dernières (Evrard, 2022) :

- a) Une couche vectorielle de polygones décrivant l'emprise totale du site étudié ;
- b) Une couche vectorielle de polygones décrivant les bâtiments sur la zone d'étude, notamment avec la hauteur du bâti ;
- c) Une couche vectorielle de points renseignant les arbres présents sur le site étudié ainsi que leur hauteur et leur rayon ;
- d) Une couche vectorielle de polygones décrivant les matériaux de revêtement du sol et leurs caractéristiques. Afin de choisir judicieusement les matériaux de revêtement de la CdV, un jeu de données décrivant les matériaux généralement utilisés en milieu urbain est fourni par l'extension (Elioth, n.d.).

La première étape de la simulation est la transformation de la couche de polygones des bâtiments ainsi que la couche de points des arbres en deux couches raster, contenant les informations de hauteur et de rayon, délimitées à l'aide de la couche vectorielle de l'emprise du site.

⁶ <https://github.com/Art-Ev/ICEtool>

La prochaine étape de la simulation est le calcul de l'ombre. Pour ce faire, l'outil UMEP shadow generator, intégré dans ICEtool, est mobilisé. Les deux couches en sortie de l'étape 1 sont utilisées en couches source ici. Puis, il est demandé de choisir une date et une heure afin de projeter les ombres souhaitées, qui influencent la température locale et donc le résultat de la simulation (Evrard, 2022).

Enfin, l'étape finale consiste à choisir le jour d'analyse souhaité, et d'ajouter en couche source la couche vectorielle de polygones des matériaux de revêtement du sol ainsi que le fichier contenant les températures. Les autres couches nécessaires au calcul, générées dans les étapes précédentes sont automatiquement utilisées par l'extension. Ensuite, une couche vectorielle résultante de la simulation est créée et affichée dans le projet QGIS. Elle contiendra les températures minimales, moyennes et maximales observées au cours de la journée.

L'extension utilise plusieurs variables, calculables grâce aux couches en entrée, afin de résoudre l'équation estimant la température de surface (Evrard, 2022) :

$$\begin{aligned}
 calc[m][h] = & -Gh[h] \times \left(1 - \frac{alb[m]}{100}\right) \\
 & + \left(\frac{em[m]}{100}\right) \times sigma \times ((Tsurf[m][h] + 273.15^4) - (Tskyb)^4) \\
 & + hc \times (Tsurf[m][h] - Tair[h]) \\
 & + \left(\frac{lambda[m]}{ep[m]}\right) \times (Tsurf[m][h] + 273.15 - Tint) \\
 & + Cv[m] \times ep[m] \times DTsdt + EVP
 \end{aligned}$$

Où les variables sont les suivantes :

- $calc[m][h]$ = température de surface du matériau à un certain moment h et pour un certain matériau m
- Gh = incidence solaire (K°)
- alb = Albedo (en pourcentage)
- em = Emissivité
- $sigma$ = constante de Stefan-Boltzmann (W/m^2K^{-4})
- $Tsurf$ = Température de surface (K°)
- $Tskyb$ = Température du ciel (K°)
- hc = coefficient de convection du vent (W/m^2K)

- T_{air} = Température de l'air à 10m (K°)
- λ = coefficient de conductivité thermique (watts/mK)
- ep = Epaisseur du matériau (m)
- T_{int} = Température de l'intérieur (K°)
- C_v = capacité thermique volumique du béton (J/m³K)
- DT/dt = taux de variation de la température de surface par rapport au temps = $(T_{surf} - T_{surf0})/3600$

Cette équation peut être expliquée en la séparant en plusieurs parties :

$$a) -Gh[h] \times \left(1 - \frac{alb[m]}{100}\right)$$

Il s'agit du flux de chaleur provenant du rayonnement solaire incident. Ce dernier est ajusté en fonction de l'albedo de surface (un albedo plus élevé correspond à une surface absorbant moins de chaleur).

Le résultat de cette première partie de l'équation est soustrait au reste du résultat car elle représente une perte de chaleur due à la réflexion du rayonnement solaire par la surface. En bref, cette soustraction indique que le flux de chaleur provenant du rayonnement solaire incident est ajusté pour tenir compte de la proportion de lumière solaire réfléchiée par la surface (ajustée grâce à l'albedo), étant une perte de chaleur pour le système.

$$b) \left(\frac{em[m]}{100}\right) \times \sigma \times ((T_{surf}[m][h] + 273.15^4) - (T_{skyb})^4)$$

Il s'agit du flux de chaleur émis par la surface en raison de son émissivité (em) et de la différence de température entre la surface et le ciel (T_{skyb}). Cette partie de l'équation représente le rayonnement émis par la surface.

$$c) hc \times (T_{surf}[m][h] - T_{air}[h])$$

Il s'agit du flux de chaleur résultant de la convection forcée entre la surface et l'air environnant. Ce flux dépend de la différence de température entre la surface (T_{surf}) et l'air (T_{air}) et du coefficient de convection du vent (hc).

$$d) \left(\frac{\lambda[m]}{ep[m]}\right) \times (T_{surf}[m][h] + 273.15 - T_{int})$$

Il s'agit du flux de chaleur résultant de la conduction à travers le matériau de la surface vers l'intérieur. Ce flux dépend du coefficient de conductivité thermique du matériau (λ), de son épaisseur (e_p) ainsi que de la différence de température entre la surface (T_{surf}) et l'intérieur (T_{int}).

$$e) \quad C_v[m] \times e_p[m] \times DTsdt$$

Il s'agit du flux de chaleur associé à la capacité thermique du matériau. Ce flux dépend de la capacité thermique volumique du matériau (C_v), de son épaisseur (e_p) et du taux de changement de température de la surface par rapport au temps ($DTsdt$).

$$f) \quad EVP$$

Il s'agit d'un terme représentant l'évapotranspiration potentielle, qui peut être un apport ou une perte de chaleur.

L'équation dans son ensemble est une équation de bilan énergétique qui prend en compte les flux de chaleur entrants et sortants à la surface d'un matériau, ainsi que les processus de convection, de rayonnement et de conduction. En résolvant cette équation, vous pouvez estimer la température de surface du matériau à un certain moment donné en fonction des conditions environnementales et des propriétés du matériau lui-même.

L'équation explicitée ci-dessus a pour but de simuler des températures de surface. Cela dit, il s'agit d'une simulation simplifiée afin d'augmenter l'accessibilité à cette extension. De ce fait, des variables ne sont pas représentées dans cette équation, tels que le rayonnement provenant de la réflexion sur les façades des bâtiments ou encore le flux de chaleur anthropique dégagé, par exemple, par les voitures ou les climatiseurs (Evrard, 2023).

Les deux scénarios de projet construits dans la suite de cette recherche seront modélisés selon les conditions de l'extension puis testés afin de simuler les températures qu'engendrent les différents aménagements.

PARTIE III

La première partie de l'analyse mènera à des résultats permettant de répondre à la première hypothèse de la recherche :

Les mesures d'adaptation au changement climatique s'inscrivent dans les stratégies urbaines de la Ville de Neuchâtel et dans le projet de requalification de la CdV.

Pour commencer, il s'agira de l'analyse des documents officiels à l'aide de la grille d'analyse. Trois angles d'analyse sont utilisés ici : un pour le Plan Climat du Canton de Neuchâtel, un pour le PdTNE et un dernier pour les mesures du PdTNE concernant la CdV. Ensuite, l'analyse discursive de l'entretien semi-directif de Nicolas Montavon viendra en complément de l'analyse des documents officiels.

Pour finir de répondre à cette hypothèse, un diagnostic sera effectué sur le terrain à l'aide de plusieurs outils dont la photographie et le dessin de coupes. Cette partie sera organisée par thème de diagnostic, chacun accompagné d'une série de photos, de coupes et de schémas, explicitant les propos. À ce stade de l'analyse, les résultats récoltés permettent de déceler certains enjeux de la CdV.

La deuxième partie des analyses consiste à élaborer des cartes de températures et des graphiques des températures sur la base des données récoltées par les huit capteurs de température, afin de répondre à la deuxième hypothèse :

Le ripisylve du Seyon constitue un îlot de fraîcheur dont la Ville doit profiter.

La troisième et dernière partie des analyses sera un projet de composition. Ce dernier sera modélisé dans des couches vectorielles sur QGIS. Puis, à l'aide des données de températures récoltées dans la deuxième partie, une simulation des températures sera réalisée. Le but ici est de mobiliser les mesures préconisées par l'OFEV afin de répondre à la troisième hypothèse :

Les mesures d'adaptation préconisées par l'OFEV sont efficaces et validées par des outils de simulation de températures.

6. Analyse des documents officiels

La grille d'analyse développée dans cette partie se trouve en annexe (cf. Annexe 1)

6.1. Analyse du Plan Climat du Canton de Neuchâtel

En ce qui concerne le Plan Climat du canton de Neuchâtel, les mesures d'atténuation sont davantage représentées que les mesures d'adaptation. Cela peut s'expliquer par le fait que les mesures d'atténuation agissent sur un territoire plus large, tel qu'un territoire cantonal, contrairement aux mesures d'adaptation pensées à l'échelle du quartier (Dubois, 2014 ; Bouramdane, 2022). Cependant, certaines mesures d'atténuation identifiées préalablement dans cette recherche ne sont pas évoquées, comme la densification.

La mesure d'atténuation la plus représentée est celle de la mobilité, concernée par cinq mesures réduisant les GES du Plan Climat. Ces mesures encouragent notamment un report modal des transports individuels motorisés vers les transports publics ainsi que la mobilité cyclable. Pour optimiser ce report modal, les transports publics tendront davantage vers des moteurs électriques. Enfin, les transports routiers de marchandises, ne pouvant pas être reportés, seront améliorés grâce à la promotion de l'hydrogène d'origine renouvelable.

Ensuite, le métabolisme urbain cyclique est abordé à quatre reprises en optant pour une gestion des déchets optimisée, c'est-à-dire en sensibilisant la population à recycler et réduire ses déchets, en valorisant la matière des déchets, en adaptant la gestion des matériaux minéraux et en bénéficiant de l'énergie libérée lors de l'incinération de ces derniers.

La dernière mesure d'atténuation aux changements climatiques représentée est celle de la qualité de l'air, concernant notamment les émissions de GES. Deux mesures sont préconisées afin d'améliorer la qualité de l'air cantonale. Premièrement, une étude sur la captation du CO₂ par les sols sera réalisée. Deuxièmement, un possible projet pilote d'émissions négatives sur le canton sera élaboré. Ces deux mesures permettraient d'améliorer la qualité de l'air du canton et de ce fait, de diminuer les effets d'îlots de chaleur présents dans le canton.

Néanmoins, certaines mesures d'adaptation et d'ingénierie écologiques préconisées par l'OFEV sont représentées dans le volet de mesures d'adaptation aux changements climatiques du Plan Climat. Les mesures abordées dans le Plan Climat rejoignent les mesures d'ingénierie écologique en ce qui concerne la végétalisation et les sols. En effet, la végétalisation est abordée

avec une mesure d'adaptation aux changements climatiques passant par la création d'une trame verte de biotopes humides.

La perméabilisation des sols n'est pas directement abordée, cela dit, la préservation des sols est préconisée dans le Plan Climat, laissant penser que la valeur des sols naturels, donc perméables, sera davantage prise en considération lors de l'élaboration de futurs projets de construction. Pour finir, la volonté de développer un biotope humide dans le canton est évoquée et fait écho à des volontés de résilience face à l'aléa du ruissellement.

6.2. Analyse du PdTNE

L'analyse du PdTNE a révélé une grande représentation des mesures de gestion de la mobilité. En effet, la mobilité est le registre étant apparu le plus souvent tout au long du PdTNE. La question de mobilité est mise en lumière pour de nombreux aspects et portions du territoire communal. Les mesures développées dans le cadre de cette stratégie territoriale concernent la gestion des flux générés par les pendulaires, la gestion des flux générés par le transport de marchandises, la gestion du trafic interne ainsi que l'apaisement des axes urbains majeurs. Afin de gérer le trafic interne, le report modal appuyé par le développement des aménagements cyclables et piétons ainsi que le déploiement des lignes de transports publics seront préconisés afin de connecter les différents quartiers et lieux de vie.

La deuxième mesure d'atténuation des changements climatiques la plus représentée est la densification. En effet, dès les premières lignes du PdTNE, il est indiqué que les zones à bâtir existantes sont suffisantes pour accueillir les nouveaux habitants attendus. Afin d'opérer la densification de manière qualitative, plusieurs recommandations et indications sont annoncées. La densification devra s'opérer sur les sites propices à l'accueil des nouveaux habitants et sur des secteurs adaptés actuellement. Les ZAE⁷ profiteront de l'opportunité que représentent les friches industrielles dans le tissu neuchâtelois afin de s'étendre. Les zones mixtes proches des gares, des centralités ou des axes urbains majeurs seront réinvesties et densifiées en fonction du tissu bâti actuel. La forêt jouera un rôle de limite de l'urbanisation neuchâteloise et ses lisières seront bordées d'un bâti de faible emprise au sol et de petite échelle. Pour terminer, les rives du lac seront densifiées dans le respect du contexte bâti, de l'historique et du paysage tout en respectant leurs accès.

⁷ Zones d'activités économiques

D'autres mesures visant l'atténuation des changements climatiques sont abordées, telles que l'écologie urbaine, le projet urbain et la qualité de l'air. L'écologie urbaine est représentée par des intentions de renforcer la place de l'humain et de la nature dans le développement urbain, de concilier la place de l'humain avec la préservation des écosystèmes naturels ainsi que d'installer un équilibre entre les valeurs naturelles et paysagères, le développement urbain et les infrastructures, ainsi que les besoins des habitants. Le projet urbain, quant à lui, est évoqué plus discrètement en abordant des volontés de cohésion dans la construction de la Ville de Neuchâtel ainsi que de la mixité entre logements et autres activités dans les différents quartiers. Pour finir, la qualité de l'air devra être améliorée notamment grâce à l'installation de pompes à chaleur aux abords du lac afin de mettre en place un réseau de chauffage à distance performant et durable. De ce fait, une des principales raisons de la mauvaise qualité de l'air en ville, les émissions liées au chauffage, sera réduite et optimisée.

Cette mesure concernant le chauffage à distance en bénéficiant de la chaleur de l'eau du lac fait également écho au métabolisme urbain. Effectivement, le fait de développer des sources de chauffage à proximité du périmètre urbain permet de réduire l'emprise du support urbain. Cette volonté de renforcer son autosuffisance énergétique est indiquée dès les premières pages du PdTNE lors de la présentation des visions souhaitées de l'avenir de la Ville.

La mesure d'adaptation et d'ingénierie écologique la plus représentée dans le PdTNE est la végétalisation. Cette question de végétalisation est évoquée à plusieurs reprises, notamment avec la volonté d'assurer un lien entre nature et ville grâce à la création d'un maillage fort d'espaces naturels couplé avec un réseau biologique continu à l'échelle de la ville. Aussi, la question de paysage apparaît de nombreuses fois, principalement en préconisant la valorisation des interfaces naturelles, à savoir les coteaux viticoles, la forêt, les rives du lac et les zones agricoles à soigner. Pour finir, l'accès au lac devra être, sans réserve, assuré et facilité afin de permettre à tous les usagers de bénéficier de la proximité du lac.

La deuxième et dernière mesure d'adaptation au changement climatique et d'ingénierie écologique évoquée est la question des sols. En effet, dans le PdTNE, il est souligné que la pression de l'urbanisation sur les milieux naturels urbains a engendré une imperméabilisation progressive du territoire communal.

En bref, le PdTNE encadre le développement urbain souhaité de la commune de Neuchâtel et inclut de nombreux enjeux climatiques actuels. Cependant, les mesures d'adaptation sont moins représentées que les mesures d'atténuation. Cette différence peut s'expliquer notamment grâce

La mesure d'adaptation représentée concerne la rivière du Seyon et non la CdV explicitement (PdTNE, 2023 : 34). Cette mesure consiste à renaturer les cours d'eau de la commune, à savoir le Seyon, la Serrière, le Monruz et le Grand Ruau. Étant donné que le Seyon est partiellement à ciel ouvert dans la CdV, cette mesure peut être envisagée sur le secteur d'étude.

Synthèse intermédiaire des résultats 1

L'analyse des différents documents officiels a permis de déceler la présence ou la non-présence des mesures d'atténuation et d'adaptation pour les deux différents niveaux d'analyse, à savoir le niveau cantonal et le niveau communal. En ce qui concerne le Plan Climat du canton de Neuchâtel, les mesures d'atténuation sont davantage représentées, ce qui peut s'expliquer par l'étendue du territoire traité par ce plan. Cependant, toutes les mesures d'atténuation n'y figurent pas, telle que la densification par exemple. Pour les mesures d'adaptation, seulement deux sont représentées dans le Plan Climat. La végétalisation est abordée à plusieurs reprises et la perméabilité des sols est abordée dans une des mesures du Plan Climat.

Le PdTNE évoque également davantage de mesures d'atténuation que de mesures d'adaptation. En effet, la mobilité et la densification sont citées et préconisées de nombreuses fois tout au long du projet et détaillées en fonction du tissu bâti existant. Toutes les mesures d'adaptation ne sont pas représentées. La plus citée est la végétalisation, suivie de la perméabilité des sols. Les mesures d'adaptation sont développées habituellement à l'échelle du quartier, cependant le PdTNE traite une commune entière et ne peut donc pas détailler tous les quartiers de la Ville à un niveau micro (N. Montavon, entretien semi-directif, 15 mars 2024).

À l'aide du PdTNE, certains enjeux de la CdV peuvent déjà être listés. En effet, des zooms sur certains quartiers sont effectués au fil du document. Les mesures d'atténuation appliquées au site concernent la mobilité et l'accessibilité au site. La halte ferroviaire sera réaffectée afin de permettre aux transports de marchandises de s'effectuer également par le train et d'offrir une alternative modale aux employés du site. Ensuite, une liaison de mobilité douce entre les quartiers des Poudrières et des Parcs sera aménagée afin de connecter la CdV aux centralités de quartiers environnants. Aussi, un développement du giratoire de Vauseyon en une interface multimodale est envisagé. La connexion des différents niveaux topographiques devra également être pensée afin de franchir la pente très présente sur ce site. Pour finir, le franchissement des Gorges du Seyon sera assuré avec la mise en valeur de la passerelle existante ou la construction d'un nouvel ouvrage.

En ce qui concerne les mesures d'adaptation, la seule indiquée à ce stade a trait à la renaturation des cours d'eau de la commune, concernant la rivière du Seyon et non la CdV directement.

7. Analyse discursive

Lors de l'entretien semi-directif ayant eu lieu le 15 mars 2024 avec Nicolas Montavon, chef de projet de l'office de la planification et aménagements urbains au sein du service du développement territorial de la Ville de Neuchâtel, de nombreuses informations sur les enjeux de la CdV ont été récoltées. Ces informations, combinées avec les informations collectées dans les documents officiels, permettent d'approcher la vision communale pour le site en reconversion de la CdV.

Les différents éléments discutés lors de cet entretien semi-directif sont explicités ci-après. Premièrement, l'enjeu de la mobilité du site a été abordé. Nicolas Montavon ajoute aux éléments connus jusqu'ici :

« Au niveau de la RNL⁸, on a dessiné une voie verte. C'est vraiment une voie purement destinée aux cycles et aux piétons, depuis la Grande-Béroche jusqu'à Cressier et Cornaux. » (N. Montavon, entretien semi-directif, 15 mars 2024).

Une nouvelle information concernant la voie verte, voie cyclable et piétonne, partant de la Grande-Béroche jusqu'à Cressier en passant par Vauseyon ajoute alors la nécessité de traverser longitudinalement la Cuvette, afin de prendre part à cette voie verte. Ensuite, la question des transports publics a été évoquée, et en fin de discussion, une idée ressort :

« Juste pour terminer avec la question des transports publics, il y a aussi la volonté de créer une nouvelle ligne de bus qui relierait la centralité de Serrières à une centralité aussi en devenir aux Cadolles [...] Toujours dans cette idée de rendre le plus performant possible le transport public par rapport à l'activation d'un site économique. » (N. Montavon, entretien semi-directif, 15 mars 2024).

Cette envie de créer une nouvelle ligne de bus reliant différentes zones d'activités économiques accentue la volonté de créer un réseau et des synergies entre ces derniers. De plus, la bonne desserte en transports publics actuelle des quartiers environnants a été évoquée lors de l'entretien, motivant davantage le besoin de soigner les connexions aux quartiers des Poudrières et des Parcs. Ensuite, des éléments de réponse quant au programme souhaité pour la CdV se dessinent :

⁸ Région Neuchâtel Littoral

« Il y a de l'artisanat, effectivement. Il faut pouvoir aussi proposer pour un site comme ça, d'amener des PME, mais aussi un peu de la valeur ajoutée. Donc, ce sera un peu un mix. Et puis, quand même, quand on pense à la possibilité du rail, dans la perspective d'une activation de la halte [halte ferroviaire], peut-être quand même ouvrir à de l'industrie un peu plus productrice. » (N. Montavon, entretien semi-directif, 15 mars 2024).

Donc, en ce qui concerne le futur programme de la CdV, la volonté est de développer le petit artisanat et d'amener les PME afin d'attirer de nouveaux employés. Cependant, compte tenu de l'emplacement et de la présence d'une jonction autoroutière ainsi que d'une halte ferroviaire, de l'industrie plus productrice est envisagée, de sorte à ne pas charger le trafic urbain en la développant ailleurs. Aussi, des activités à valeurs ajoutées plus forte que l'artisanat et les PME sont promues sur le site. La question de la qualité des espaces publics au sein de la CdV est également abordée :

« On peut très bien avoir peut-être un espace public sous des éléments qui font un peu vivre le site, ne pas être dans une pure logique industrielle. [...] c'est un enjeu hyper important pour le succès de cette Cuvette, pour son aménagement, c'est tout le travail des cheminements piétonniers. » (N. Montavon, entretien semi-directif, 15 mars 2024).

De ce fait, un soin des espaces publics se veut également afin de rendre le lieu plus attractif, vivant et créer du passage. De ce fait, les cheminements piétons auront pour but d'attirer les usagers vers la Cuvette, tandis que les espaces communs viseront à les y retenir. Ainsi, les employés et les autres usagers pourront bénéficier des nouveaux espaces partagés. Ensuite, un travail sur les parkings est envisagé :

« On ne peut plus juste créer des boîtes à chaussures avec des accès aux parkings. Il faut absolument pouvoir mixer avec des aspects de nature, de plantation, d'avoir des parkings qui permettent d'infiltrer l'eau. » (N. Montavon, entretien semi-directif, 15 mars 2024).

Pour terminer, un travail sur les parkings sera réalisé et permettra de libérer de l'espace pour la végétation et une coulée verte partant depuis le Gor du Seyon et remontant sur les différents plateaux de la CdV. Enfin, le sol des parkings sera rendu perméable afin de permettre l'infiltration de l'eau, primordiale pour une telle topographie.

8. Diagnostic orienté par la technique de l'arpentage

Le diagnostic par arpentage a pour but de déceler les enjeux du site étudié en l'explorant, tel un usager, afin de comprendre le fonctionnement du lieu. Par la suite, plusieurs outils d'illustration sont utilisés pour mettre en lien les différents éléments récoltés lors de l'arpentage.

Le premier arpentage sur le terrain a eu lieu le 5 avril 2024, un samedi matin ensoleillé. Le fait de le faire un samedi matin a permis de se rendre compte du lieu et de son ambiance sans les activités industrielles, même si certaines entreprises étaient tout de même actives. De ce fait, un deuxième arpentage a été effectué le mardi 14 mai 2024 afin de se rendre davantage compte des activités industrielles présentes, de leurs dynamiques et leurs nuisances. Afin de faciliter la lecture, deux cartes comportant les cheminements des arpentages se situent dans cette partie afin de se repérer. Les numéros des figures sont également cartographiés.

De plus, les différentes caractéristiques détectées lors de ce premier arpentage sont regroupées sous différents thèmes d'analyse afin de simplifier la lecture du diagnostic. Chaque thème comprend une série de photographies ainsi que des textes explicatifs.



Figure 22 : Cartographie du cheminement du premier arpentage (Illustration personnelle)

Deux cartes de diagnostic sont également présentes en amont du diagnostic afin de faciliter la lecture de ce dernier. Ces deux cartes permettent de situer les éléments cités dans chaque section et de mieux comprendre le site. Ces cartes sont séparées par volets, la première comprend le

premier enjeu « Revaloriser le Gor du Seyon » et la deuxième, le deuxième enjeu « Accéder à la Cuvette » et le troisième enjeu « Revitaliser la Cuvette ». Dans cette partie, le lecteur est donc invité à lire chaque section et à se référer aux cartes afin de comprendre le diagnostic dans son entièreté.

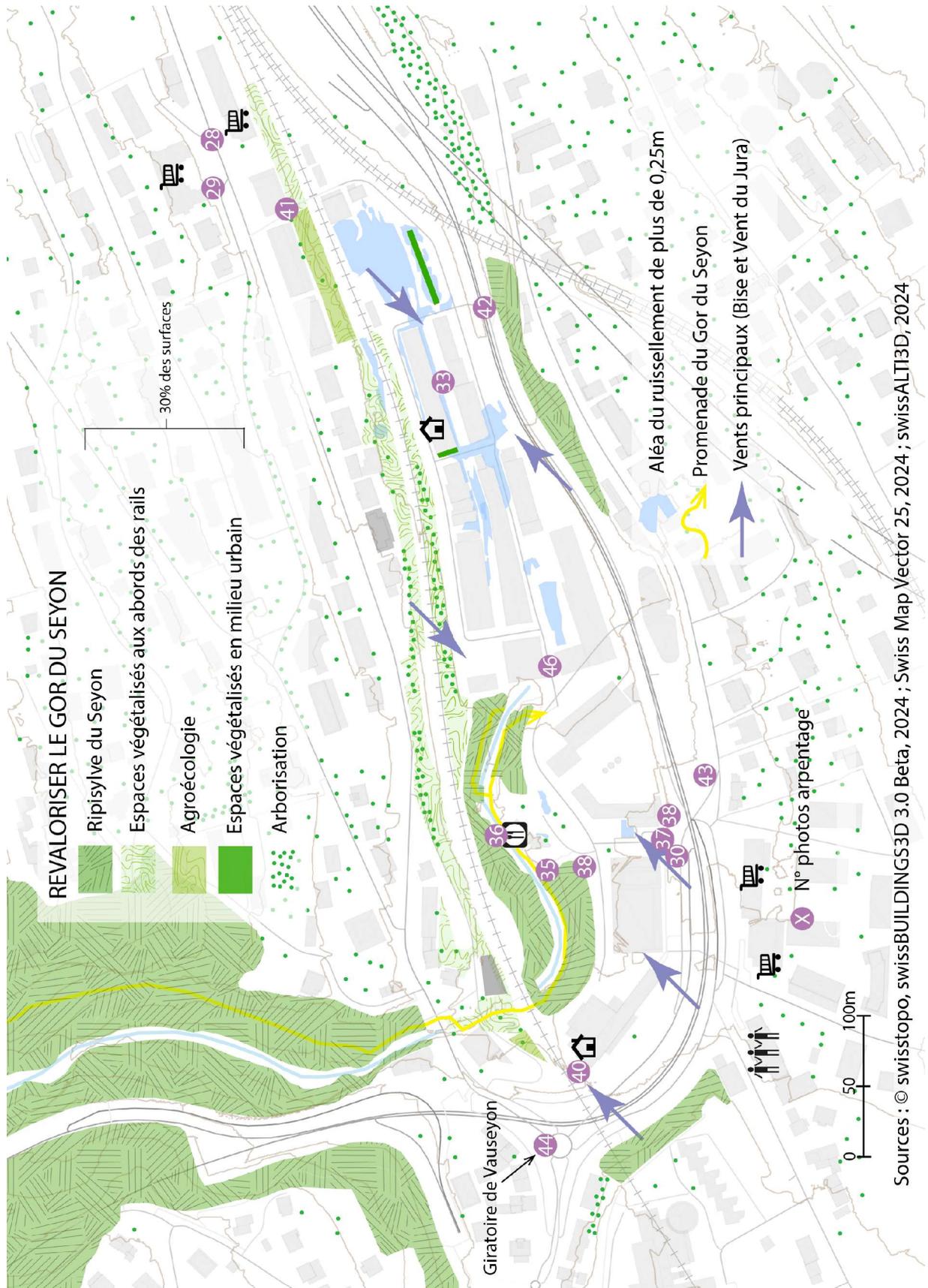


Figure 23 : Cartographie du diagnostic, volet 1 (Illustration personnelle)

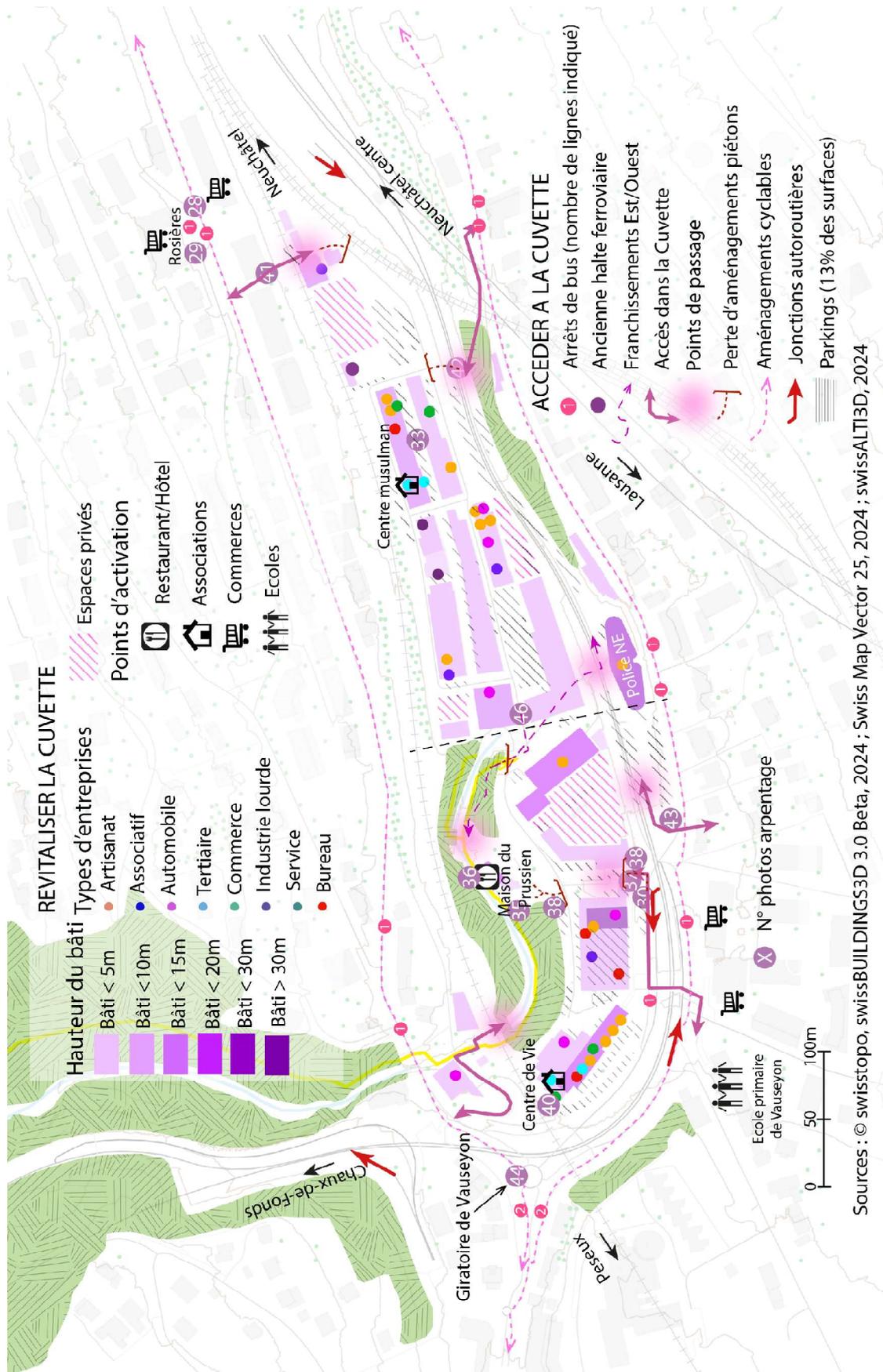


Figure 24 : Cartographie du diagnostic, volet 2 (Illustration personnelle)

8.1. Analyse par quartiers

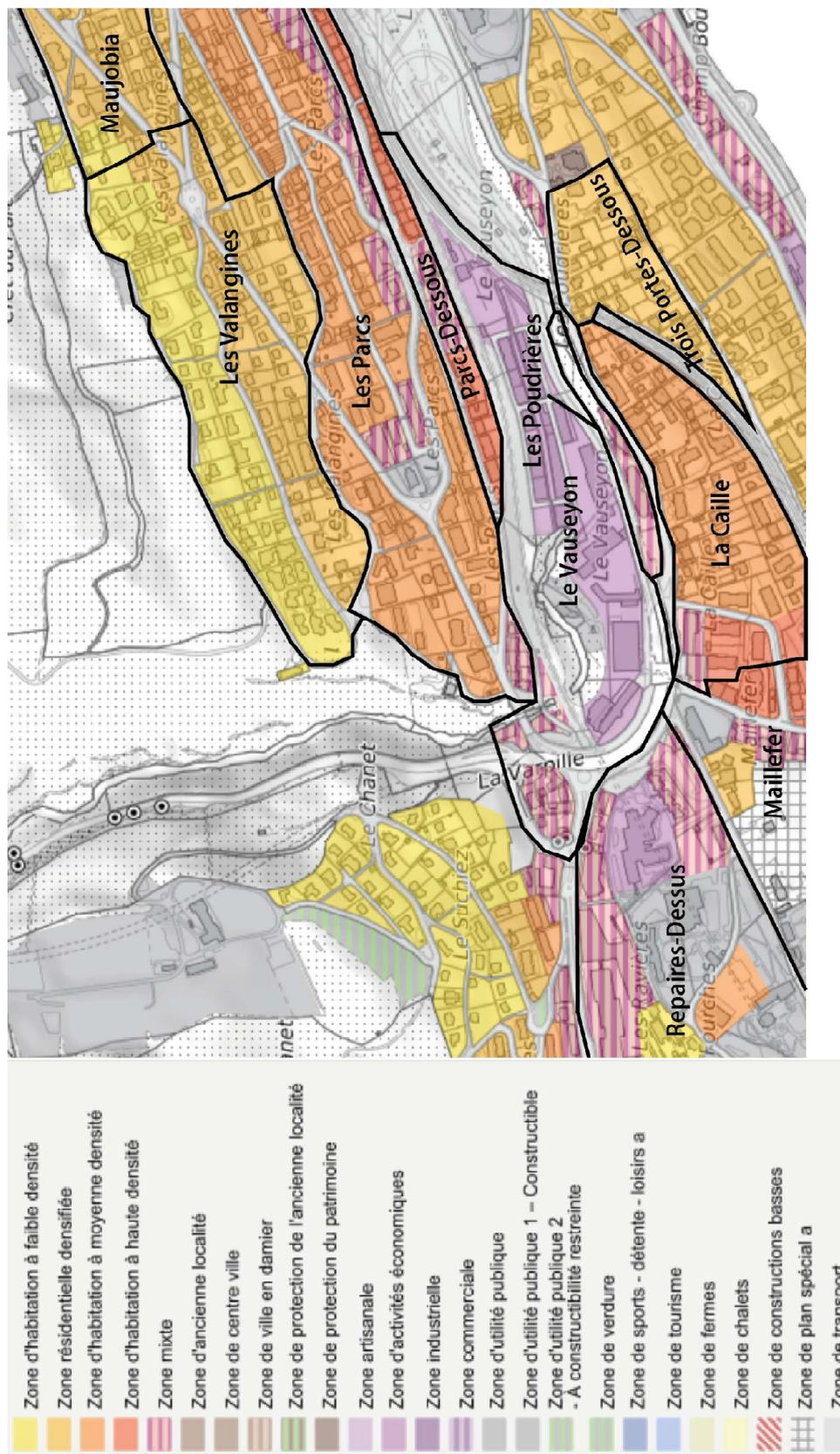
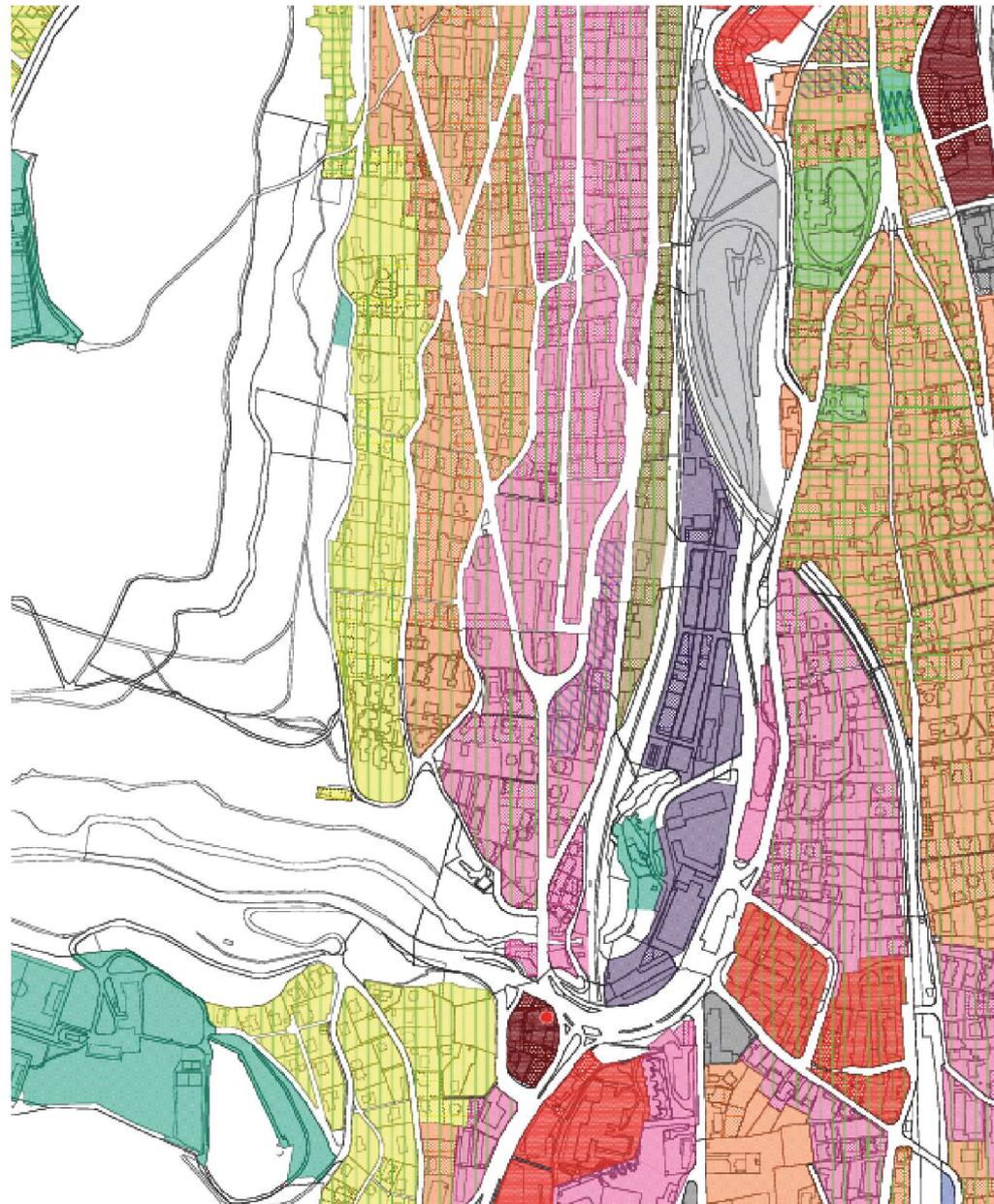


Figure 25 : Cartographie des règles urbanistiques (Ville de Neuchâtel, 2021a)



VILLE DE NEUCHÂTEL	
PLAN D'AMÉNAGEMENT COMMUNAL	DATE
VILLE DE NEUCHÂTEL	06.07.1989
	27.03.2005
	13.06.2005
	08.09.2011
	08.09.2011
	ECH. 1:5000
PLAN DES RÈGLES URBANISTIQUES	N°02.08.111
SCV	Secteur du centre ville
OC	Secteur d'ordre contigu
OPC	Secteur d'ordre presque contigu
ONC 2.0	Secteur d'ordre non contigu 2.0
ONC 1.5	Secteur d'ordre non contigu 1.5
ONC 1.2	Secteur d'ordre non contigu 1.2
ONC 0.8	Secteur d'ordre non contigu 0.8
ONC 0.5	Secteur d'ordre non contigu 0.5
ONC 0.5 L 36	Secteur d'ordre non contigu 0.5 L 36m.
SPD	Secteur des pôles de développement stratégiques
SAC	Secteur d'activités
SBP	Secteur des bâtiments publics
SPP	Secteur paysager public
SJA	Secteur des jonctions autoroutières
	Objets architecturaux de valeur dans leur site
	Emblèmes urbanistiques de qualité
	Quartiers étagés selon l'ancienne structure des murs de vigies
	Quartiers très arborisés
	Voisinage d'un monument historique ou d'un espace urbain marquant
	Repères visuels
	Plans spéciaux en vigueur
	Plan de quartier et de lotissement en vigueur
	Sous-secteur
	Limite d'implantation ORNI des lieux à utilisation sensible

Figure 26 : Plan d'aménagement communal de la Ville de Neuchâtel (Ville de Neuchâtel, 2021b)

	OPC	ONC (1.5)	ONC (1.2)	ONC (0.8)	ONC (0.5)
Indice d'utilisation max	-	1.5*	1.2*	0.8	0.5
Indice d'utilisation min	-	1.0	0.8	0.5	-
Taux d'occupation du sol	-	33 %	30 %	28 %	25 %
Hauteur max. à la corniche	15.0 m	15.0 m	13.0 m	10.0 m	8.0 m
Hauteur max. au faite	19.50 m	19.50 m	17.50 m	14.50 m	12.50 m
Longueur max.	55.0 m	55.0 m	36.0 m	26.0 m	26.0 m / 36.0 m**
Gabarits N/S E/O	60 ° (sud) Non défini, respecter l'art. 81 al. 3	60° 75 ° ou 70 ° à partir de 36.0 m de longueur	60 ° 75 °	60 ° 60 °	75 ° / 45 ° 60 °
Toitures	libre, toits en pente : max. 35 ° toits plats : végétalisés ou utilisables, sous réserve d'autres expressions architecturales de qualité (cf. fiches explicatives n° 32 et 33)				

Figure 27 : Tableau des différences entre les ordres contigu et non contigu (Ville de Neuchâtel, 2020a)

8.1.1. Les Parcs et Parcs-Dessous

Le quartier des Parcs est un quartier d'habitations. Comme indiqué sur la cartographie des règles urbanistiques ci-dessus (cf. figure 25) il s'agit d'une zone d'habitation à moyenne densité. Ce dernier est partiellement réglementé comme un secteur d'ordre non contigu 2.0 (cf. figure 26).

Le quartier Parcs-Dessous est quant à lui une zone d'habitation à forte densité (cf. figure 25). Il s'agit également d'un secteur d'ordre presque contigu (OPC ; cf. figure 26), c'est-à-dire un secteur d'une hauteur maximale de 19,50m (en tenant compte de la toiture). Les bâtiments en question possèdent alors au maximum 5 étages (cf. figure 27).



Figure 28 : Photographie de la rue des Parcs (Illustration personnelle)

Les quartiers des Parcs et des Parcs-Dessous se situent au Nord de la CdV et possèdent certains accès piétons pour s’y rendre. Ils tirent leur nom de la Rue des Parcs reliant Vauseyon à la gare de Neuchâtel (cf. figure 28). Cette route est actuellement en travaux, mais habituellement elle est limitée à 50km/h. Les travaux visent à l’aménager dans le but de limiter la vitesse à 30km/h et de la rendre plus confortable pour les cyclistes et les piétons. Quatre bus par heure desservent cette route en partant de la gare de Neuchâtel et en se rendant deux fois par heure jusqu’à Chambrelieu et sinon jusqu’à Corcelles-Peseux.



Figure 29 : Photographie du quartier de la Rosière (Illustration personnelle)

En ce qui concerne l'ambiance de ces quartiers, ils possèdent une centralité constituée de commerces de proximité et d'un café avec une terrasse (cf. figure 29). Cette centralité active le quartier et se situe aux abords proches de la CdV. L'ambiance du quartier est relativement dynamique et vivante.

Pour finir, l'arborisation de ces deux quartiers ainsi que la présence d'espaces publics végétalisés est plus importante que dans la CdV. En effet, les routes notamment sont arborisées et certaines habitations bénéficient de jardins, dans le quartier Parcs-Dessous principalement.

8.1.2. Les Poudrières, La Caille et Les Trois-Portes-Dessous

Le quartier des Poudrières est une zone mixte (cf. figure 25). Il comporte des bâtiments publics dont le bâtiment de la Police Cantonale Neuchâteloise, mesurant 22m de hauteur ce qui représente environ 6 étages.

Le quartier de La Caille est un quartier d'habitations à haute et à moyenne densité (cf. figure 25). Il comporte également une zone mixte composée de plusieurs commerces et d'activités du secteur tertiaire (cf. figure 25). En ce qui concerne la forme du bâti, le quartier est constitué de bâti d'ordre non contigu 2.0 et d'ordre non contigu 1.5, correspondant à des bâtiments d'une hauteur maximale de 19,50m (cf. figure 26 et 27).



Figure 30 : Photographie de la Rue des Poudrières (Illustration personnelle)

Le quartier des Trois-Portes-Dessous est entièrement une zone résidentielle densifiée (cf. figure 25). Le type de bâti est d'ordre non contigu 0.8, c'est-à-dire un bâti d'une hauteur maximale de 14,5m (cf. figure 26 et 27). Il s'agit alors d'un quartier moins dense.

Ces trois quartiers sont adjacents à la rue des Poudrières (cf. figure 30). Cette rue est limitée à 50km/h et est desservie par un bus passant toutes les dix minutes (jours ouvrables, fréquence diminuée le dimanche et les jours fériés). Cette ligne de bus circule depuis Cormondrèche jusqu'à Marin-Epagnier, de ce fait elle dessert pratiquement tout le littoral neuchâtelois.

L'ambiance de quartier aux abords de la route n'est pas très marquée et il s'agit plus de lieux de passage que de lieux de rencontres. Une fois que l'on s'enfonce dans les quartiers de La Caille et de Trois-Portes-Dessous, l'ambiance résidentielle reprend le dessus sans pour autant bénéficier d'espaces publics de qualité.

Pour terminer, le quartier de la Poudrière est plus fourni en arbres et en végétation que la CdV, notamment grâce à la présence de la petite forêt à l'Est, couvrant une bonne partie du quartier, à l'instar des quartiers de La Caille et des Trois-Portes-Dessous également plus arborisés et végétalisés.

8.2. Logique de cuvette

La topographie de la CdV a suscité une implantation de l'industrie, des routes, des habitations et autres bâtiments en plateaux. Une topographie par marches d'escaliers amène à une utilisation monofonctionnelle des différents plateaux (cf. figure 31). La rue des Poudrières ainsi que la rue des Parcs dominant la Cuvette et l'entourent. Ensuite, au deuxième niveau le bâtiment de la Police cantonale neuchâteloise ainsi que des habitations prennent place. Au troisième

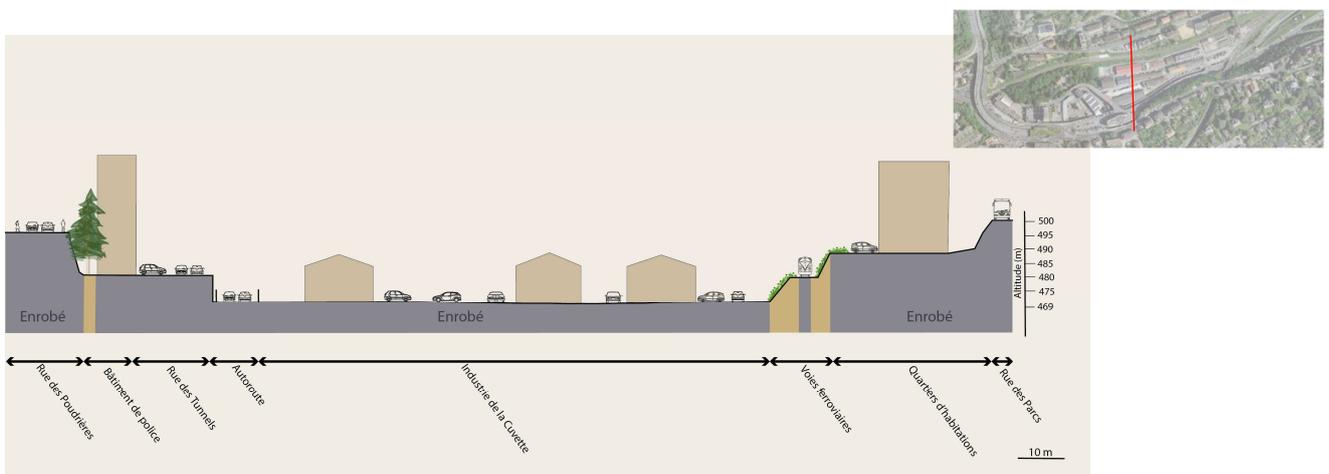


Figure 31 : Coupe de la partie Est de la Cuvette (Illustration personnelle)

niveau, les transports s'installent, avec la rue des Tunnels et la voie ferroviaire. Pour finir, au dernier niveau, l'autoroute et l'industrie cohabitent sur la plus grande portion de la CdV.

Cette séparation monofonctionnelle de la partie Est de la Cuvette amène à une différence d'usages et de visites sur le site. En effet, la pente est déjà un élément restreignant la volonté des usagers ou des visiteurs de se rendre dans la Cuvette et le fait que seule l'industrie se trouve au fond de cette Cuvette n'encourage pas à s'y aventurer.

La partie Ouest de la CdV est quelque peu différente. La topographie reste marquée, cela dit l'organisation des différentes activités n'est pas semblable (cf. figure 32). Le premier niveau topographique accueille, comme à l'est, les routes bordant la CdV. Le deuxième niveau accueille au Nord des habitations et au Sud de la petite industrie et de l'artisanat. La voie ferrée occupe à elle seule le troisième niveau, au Nord. Pour finir, la ripisylve du Seyon se déploie dans la majeure partie du dernier niveau de la CdV, laissant la place à quelques voitures au Sud.

La partie Ouest de la CdV représente une plus grande proportion de nature et de sols perméables. À l'inverse, la partie Est est plus caractéristique de l'industrie lourde, notamment de par l'imperméabilisation de presque la totalité des sols présents.

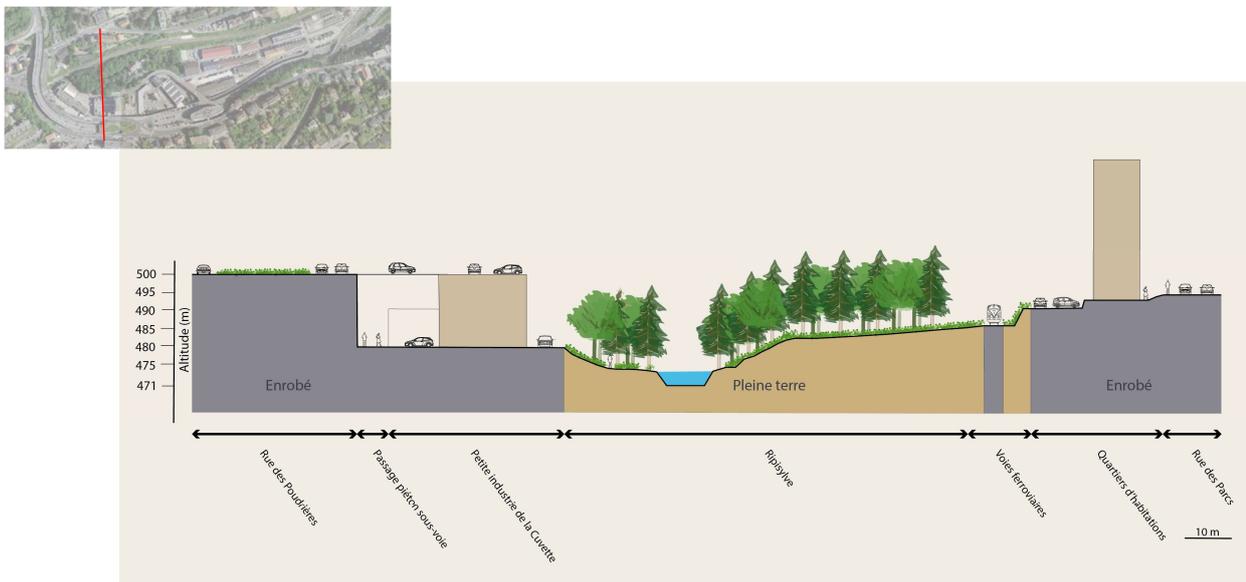


Figure 32 : Coupe de la partie Ouest de la Cuvette (Illustration personnelle)

8.3. Surfaces imperméables prédominantes

Dans le site, la voiture occupe une place prédominante, avec des parkings répartis aux quatre coins de la CdV. Ces parkings, qui occupent 13 % de la surface totale de la CdV (cf. figure 34), se trouvent sur de nombreuses parcelles extérieures et offrent des places gratuites, payantes, publiques ou privées.

Les ruelles de la partie Est de la Cuvette sont organisées de manière quadrillée et se composent d'entreprises les unes à côtés des autres ainsi que de places de parking tout au long du bâti (cf. figure 33). De ce fait, le piéton ou le cycliste n'a aucune place prévue et doit se frayer un chemin entre les voitures parkées et celles qui circulent.



Figure 33 : Photographie de l'imperméabilité de la Cuvette et le nombre de places de parking (Illustration personnelle)

Sur la partie ouest du site, les parkings possèdent tout autant d'importance, avec une majorité de places de parking privées. De plus, le cheminement piéton devient plus compliqué et se heurte contre des barrières ou des culs de sac.

Du fait de la grande présence de places de parking et de routes accessibles en voiture, les sols sont, en dehors de ceux du Gor du Seyon, imperméables. D'après les données de la topographie, la Cuvette doit assumer son rôle et permettre l'infiltration de l'eau en cas de précipitation, comme illustré en amont sur la carte de diagnostic (cf. figure 23). En effet, le ruissellement est

un aléa à prendre en considération sur le site de la CdV et concerne une majorité du site, malgré la présence du Gor du Seyon.

Sur la carte ci-après, les types de surfaces dominants sont représentés, avec leur proportion par rapport à la CdV. L'asphalte et le béton représentent plus de 50% des matériaux de revêtement de la CdV. La lisière forestière représente 16% de la surface totale. Pour finir, le « gazon vert », à savoir les parties végétalisées représentent 19%, en comptant la végétalisation des abords des voies de chemins de fer.



Figure 34 : Cartographie des surfaces de revêtements (Illustration personnelle)

8.4. Végétalisation de la CdV

Comme évoqué précédemment, une fois entré dans le périmètre du Gor du Seyon, le cadre ainsi que l'ambiance incitent à y rester et s'y prélasser. Les paysages, les bruits de l'eau qui coule, la végétation importante sont tous trois des éléments composant un espace agréable et riche. Le Gor du Seyon est un véritable morceau du patrimoine neuchâtelois. De plus, la promenade des gorges du Seyon, au départ de Valangin, ne permet pas de longer le cours d'eau tout du long (cf. figure 23). Cet élément rend la portion de la promenade du Seyon présente dans la CdV encore plus importante. Le patrimoine est autant naturel que culturel. En effet, la promenade du Gor du Seyon est rythmée par la présence des moulins utilisés autrefois. Ces derniers restent pour la plupart en mouvement et permettent d'ajouter une richesse patrimoniale dans la promenade (cf. figure 36).

De plus, la Maison du Prussien, présente dans la CdV (cf. figure 35), est un restaurant gastronomique et un hôtel réputé dans la région, non seulement pour sa nourriture mais également pour son cadre paisible en plein cœur de l'urbanisation neuchâteloise.

Aussi, de jolis murs en pierre arborent la promenade et participent au changement de paysage au sein de la CdV (cf. figure 36). Cette différence architecturale entre le Gor du Seyon et le reste appuie la dichotomie du site et de ses ambiances.



Figure 35 : Photographie de la Maison du Prussien (Illustration personnelle)



Figure 36 : Photographie de la richesse du Gor du Seyon (Illustration personnelle)

Néanmoins, la signalisation de la promenade du Gor du Seyon et de la maison du Prussien laisse à désirer à certains endroits. En effet, elle se fait rare et n'est pas bien entretenue (cf. figures 37 et 38). Des tags abîment et dissimulent la signalisation, ou alors les panneaux se font discrets. De plus, la plupart des signalisations se situent dans la CdV, il faut donc être à l'intérieur pour être informé de l'existence et de la direction de la Maison du Prussien et du Gor du Seyon.



Figure 37 : Photographie de la signalisation (Illustration personnelle)



Figure 38 : Photographie de la signalisation (Illustration personnelle)



Figure 39 : Photographie de la dichotomie entre l'industrie et la nature (Illustration personnelle)

Concernant le reste de la CdV, la nature est peu présente dans le site industriel et fait barrière à une potentielle continuité de la richesse naturelle du Gor du Seyon. En effet, les arbres se font rares et le béton prédomine tout le secteur industriel de la CdV (cf. figure 34). L'interface entre la nature et l'industrie est alors pratiquement inexistante et la transition se fait de manière brusque (cf. figure 39). C'est également pour cette raison que la signalisation est essentielle sur ce site. Effectivement, de part et d'autre de la Cuvette, il est difficile d'envisager un lieu naturel tel que le Gor du Seyon. De plus, les différents points d'accès sont mal indiqués et quelque peu cachés soit par la végétation soit par des éléments industriels, comme illustrés sur les deux dernières photos ci-dessus. Cela dit, une fois entré dans le périmètre du Gor, le paysage se métamorphose et l'ambiance devient soudainement calme et paisible, agrémentée des chants des oiseaux ainsi que du bruit du Seyon qui coule dans son Gor.

Le point positif du site concerne les abords des voies de chemin de fer. Toutes les surfaces sont végétalisées et permettent une bonne insertion de la ripisylve dans le paysage. De plus, des terrains agroécologiques sont mis à disposition des habitants et permettent de garantir une qualité des sols élevée et de développer davantage les écosystèmes. Cette végétalisation peut jouer un rôle de tremplin pour les aménagements à venir, au même titre que la ripisylve.



Figure 40 : Photographie de la végétation dans la Cuvette (Illustration personnelle)

De ce fait, depuis le côté Nord de la Cuvette, le paysage est tout autre. La végétation est davantage intégrée dans le paysage (cf. figure 40). Les habitations du quartier des Parcs et des Parcs-Dessous bénéficient d'une vue sur la nature principalement et non sur l'industrie.

En bref, la richesse en essences végétales de ce secteur est précieuse et bien développée à certains endroits. Ceci représente un réel potentiel pour les volontés de végétaliser les milieux urbains.

8.5. Accessibilité

8.5.1. A pied

L'accessibilité piétonne jusqu'au site est relativement bonne. Plusieurs points permettent de descendre dans la Cuvette de la friche depuis les deux rues surplombant le site (cf. figures 24 et 41). Cinq points d'accès offrent une connexion directe aux transports publics neuchâtelois grâce à des arrêts de bus situés de part et d'autre des deux routes. À l'Est, une passerelle offre cette connexion en direction de la Rosière. À l'Ouest, un réseau de sous-voies permet de traverser la Rue des Poudrières et de s'infiltrer jusque dans la friche de Vauseyon. Les trois autres infrastructures sont composées de chemins de part et d'autre de la friche.



Figure 41 : Photographie d'un des points d'accès (Illustration personnelle)

Cependant, la topographie dissuade certaines personnes à mobilité réduite, par exemple, à s'aventurer à l'intérieur. De plus, le piéton perd rapidement sa place une fois dans la Cuvette (cf. figure 24 et 42).



Figure 42 : Photographie d'un trottoir qui disparaît en arrivant dans la Cuvette (Illustration personnelle)

En effet, à certains endroits, le trottoir disparaît une fois arrivé dans la Cuvette et le piéton se retrouve directement sur la route (cf. figure 42). Dans d'autres cas de figure, un passage piéton est aménagé afin de créer un raccourci, puis la route le coupe et occupe pratiquement toute la voirie (cf. figure 43).



Figure 43 : TIM prédominant dans la Cuvette (Illustration personnelle)

En bref, les aménagements piétons sont satisfaisants mais ne sont pas bien insérés dans le maillage des routes à l'interne de la CdV. De ce fait, il serait intéressant de franchir la pente de manière optimale et inclusive et de pouvoir inviter un plus large public à se rendre dans la Cuvette ainsi que de soigner l'arrivée des piétons et leurs déplacements une fois dans cette dernière.

8.5.2. En vélo

Aucun aménagement cyclable n'est présent dans la CdV. Néanmoins plusieurs bandes cyclables existent dans les environs (cf. figure 24). Une possibilité de continuité des trames cyclables existantes peut être un tremplin pour les aménagements cyclables de la CdV.

Les vélos peuvent tout de même rejoindre les différents niveaux de la Cuvette en empruntant les routes pour les voitures. Cela dit, leur sécurité n'est pas garantie étant donné le manque total d'infrastructures spécifiques aux vélos.

8.5.3. En voiture

Pour la voiture, en revanche, l'accessibilité est rendue possible au moyen de plusieurs dispositifs. La route principale d'accès est celle passant devant le bâtiment de la Police Neuchâteloise. Cette route permet de se rendre tout autant à l'est qu'à l'ouest de la CdV facilement.

Les voitures circulent alors sans difficulté dans la CdV. De plus, les quartiers environnants offrent un réseau routier permettant une bonne desserte. Le giratoire de Vauseyon comprend plusieurs directions essentielles pour le littoral neuchâtelois. Il permet l'entrée et la sortie de la jonction autoroutière de Vauseyon ainsi que l'accès à la gare de Neuchâtel, au centre-ville et à Peseux. Pour finir, de nombreuses lignes de bus empruntent également ce giratoire (cf. figure 44).

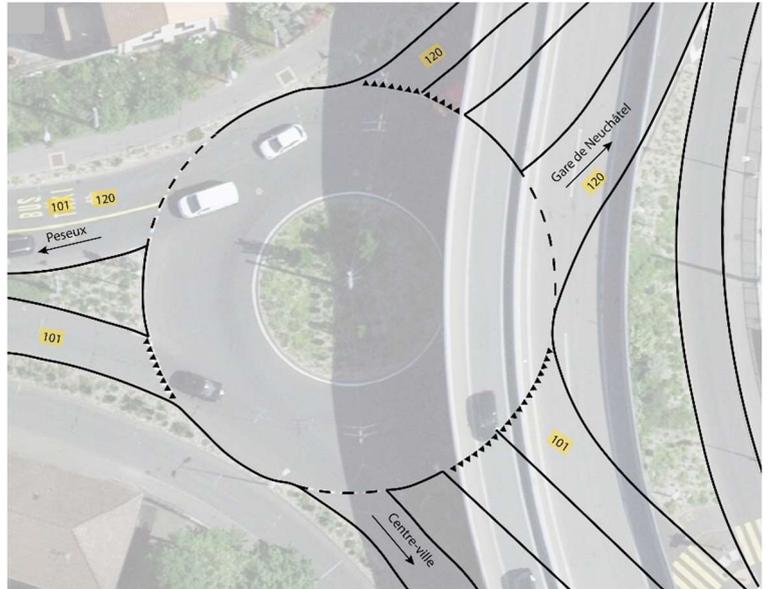


Figure 44 : Giratoire de Vauseyon. (Illustration personnelle)

8.6. Vie industrielle

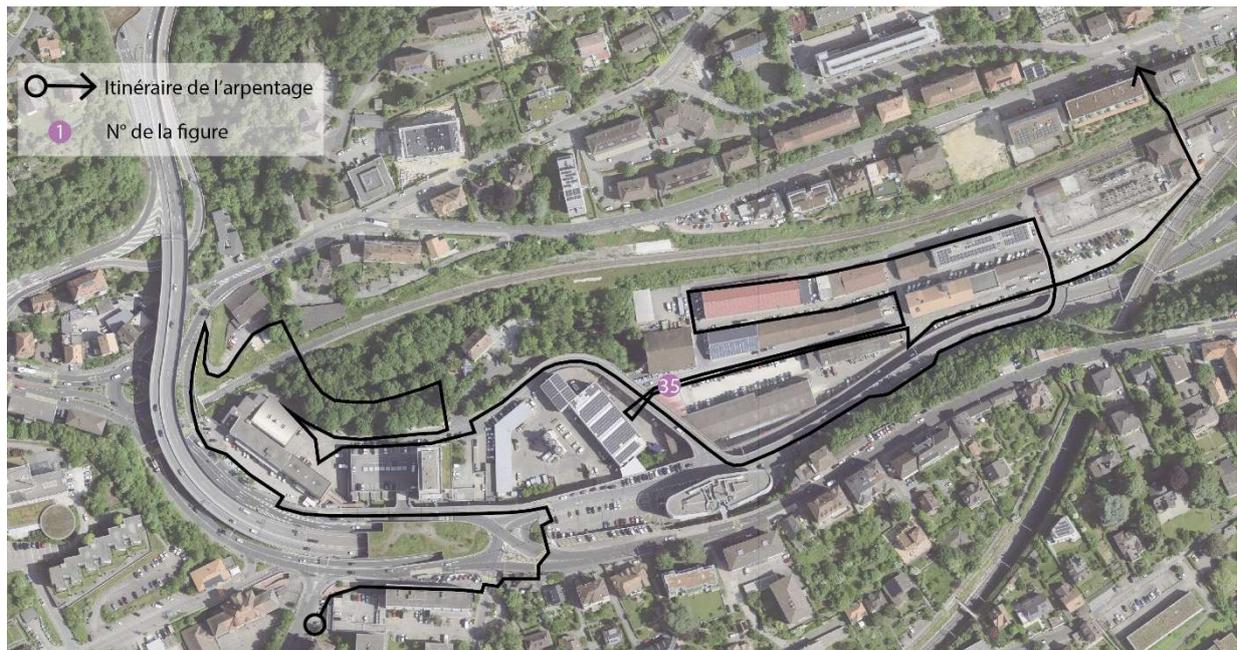


Figure 45 : Cartographie du cheminement du second arpentage (Illustration personnelle)

Un deuxième arpentage a eu lieu le mardi 14 mai 2024 aux environs de 15h. De ce fait, l'industrie et l'artisanat de la friche étaient ouverts. L'itinéraire de cet arpentage diffère du premier afin d'avoir d'autres points de vue et d'accès sur le site (cf. figure 45). Les principaux constats de ce deuxième arpentage figurent ci-dessous.

Pour commencer, sur l'entièreté de la CdV, l'activité industrielle est endormie (cf. figure 46). Lors de sa traversée, les nuisances attendues ne sont pas au rendez-vous. Il n'y a pratiquement aucun bruit industriel et que peu d'activités dans les rues.

Cependant, les parkings sont pratiquement remplis, même si légèrement surdimensionnés. De plus, de nombreuses voitures et camionnettes utilisent la rue du Tunnel afin de se rendre dans la friche. De ce fait, les principales nuisances engendrées par l'industrie existante correspondent aux trafics routiers.



Figure 46 : Illustration de la non-activité dans les rues de la Cuvette (Illustration personnelle)

La visite de la friche en semaine a également permis de déceler une grande différence dans le type d'industries des deux parties de la Cuvette. À l'Ouest, le petit artisanat ainsi que le service prédominent sur l'industrie lourde. De ce fait, il s'agit plutôt de bureaux, sans vie dans les rues. Tandis qu'à l'Est, l'industrie plus lourde prend place sous forme de boîte à chaussures. Ces boîtes possèdent chacune des places de parking. Pratiquement toutes les entreprises travaillent avec leur porte ouverte, ce qui sous-entend une bonne cohabitation.

Pour finir, les nuisances décelables sur le site sont principalement le bruit généré par les trains et l'autoroute. De plus, une fois dans le Gor de Vauseyon ou aux alentours de la CdV, les bruits de la nature et de la ville prennent largement le dessus.

8.7. Potentiels points d'activation

Le site de la CdV est constitué d'un fort potentiel de requalification et d'activation. Premièrement, le paysage est intéressant. En effet, une percée visuelle en direction de l'Est offre plusieurs vues sur les différents quartiers entourant la Cuvette ainsi que sur le château de Neuchâtel. Aussi, une halte ferroviaire désaffectée le long de la CdV pourrait être réaffectée afin d'offrir aux usagers et aux marchandises un mode de transports doux pour arriver sur le site.

Ensuite, l'association culturelle des musulmans se situe dans la Cuvette, entourée par l'industrie. « Il y a pleins de gens ici le soir, notamment pendant le mois de Ramadan, nous venons casser notre jeûne. » (Parole d'usager, 5 avril 2024, association culturelle des musulmans).

Pour finir, évidemment, le Gor du Seyon ainsi que la Maison du Prussien constituent deux éléments à forte valeur de revitalisation et partiellement exploités à l'heure actuelle. Dans le cadre d'un projet de requalification, il sera intéressant de travailler sur la signalisation de ces deux éléments ainsi que sur leur connexion avec le reste de la Cuvette qui est à soigner.

9. Résultats des relevés des capteurs de température

Les résultats des relevés des capteurs de température ont pour but de déceler les disparités de températures entre le milieu industriel et le milieu naturel de la CdV. Si tel est le cas, l'effet d'ICU que la friche subit sera clairement démontré et l'îlot de fraîcheur que constitue la ripisylve du Seyon sera confirmé. Cette partie de l'analyse aide alors à répondre à la deuxième hypothèse de la recherche :

La ripisylve du Seyon constitue un îlot de fraîcheur dont la Ville doit profiter.

Pour cette partie, l'analyse statistique va se dérouler en plusieurs points. Premièrement, une carte des températures sera présentée, où les températures moyennes de chaque capteur seront discutées. Cette comparaison permettra de détecter les îlots de chaleur et de fraîcheur présents sur le site de la CdV. Ensuite, pour chacun des capteurs, un graphique des températures diurnes et un graphique des températures nocturnes seront effectués et également cartographiés pour les jours les plus chauds.

Afin de se rendre compte de l'impact des scénarios RCP évoqués dans la revue de la littérature de cette recherche, l'augmentation des températures prévue par le scénario le plus optimiste (scénario RCP 2.6) ainsi que le scénario le plus pessimiste (scénario RCP 8.5) seront illustrées.

9.1. Analyse mensuelle des températures

Comme énoncé plus haut, la cartographie des températures illustre les relevés des capteurs de température posés dans la CdV durant le mois d'août 2024. Ces capteurs ont été posés le 1^{er} août 2024 à 14h30 et ont été enlevés le 31 août à 14h30. Ces derniers ont relevé, à des intervalles de 30 minutes, les températures locales du site. De ce fait, l'analyse des températures englobe un des mois de l'été 2024 et tend à représenter les températures estivales de la CdV.

La cartographie des températures ci-dessous permet de déceler les endroits les plus vulnérables à la chaleur et, à l'inverse, ceux qui bénéficient de facteurs rafraîchissants. Les capteurs ont été posés selon différents facteurs développés dans la section 5.4 Cartographie des températures.

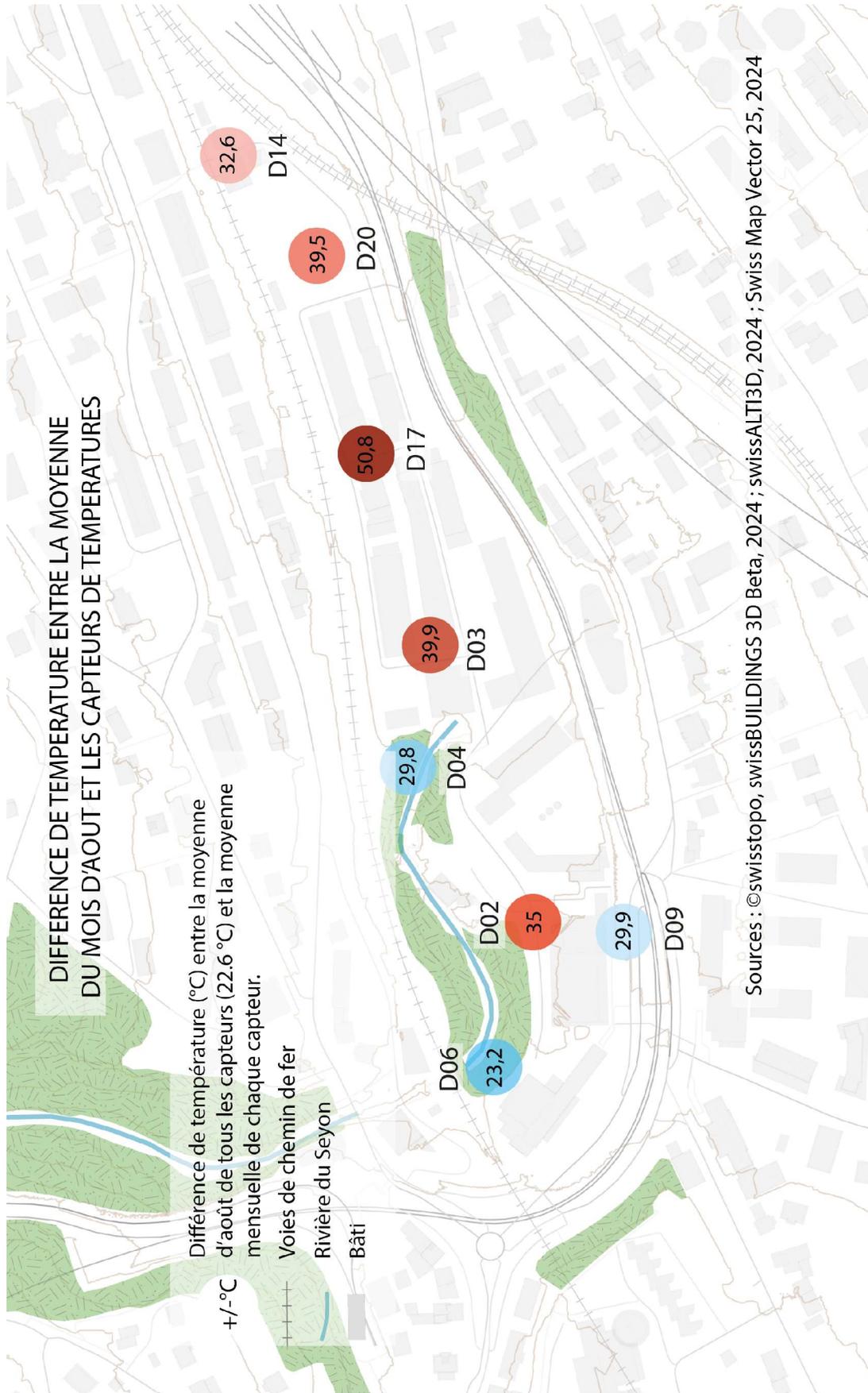


Figure 47 : Cartographie des températures moyennes mensuelles relevées (Illustration personnelle)

La carte des températures est élaborée à l'aide de la moyenne des moyennes de tous les capteurs pour le mois d'août. Ensuite, chaque capteur est représenté par la différence entre cette valeur et sa moyenne mensuelle. De ce fait, les capteurs plus chauds que la moyenne et ceux plus froids ressortent et cela rend la lecture de la carte plus intuitive.

Sur cette carte, nous pouvons voir premièrement que les capteurs dans le Gor du Seyon sont les plus frais. Nous remarquons que le D06 est le plus frais de tous car il partage non seulement une proximité avec la forêt mais aussi avec la rivière (davantage que le D04). Le D09 est le seul capteur en milieu urbanisé qui est plus froid que la moyenne. Ceci s'explique car il est à l'ombre du sous-voie. Cela dit, il avait aussi été positionné ici car il est à proximité du bâtiment le plus haut du site. Ce facteur a apparemment été contré par le facteur ombre. Dans ce cas de figure, nous ne pouvons pas affirmer que la hauteur du bâti ait de l'impact sur la température locale.

Le D02 est le quatrième plus frais. Même s'il est au-dessus de la moyenne de température, il bénéficie de la proximité de la forêt ainsi que d'une ventilation satisfaisante. Il est également situé à côté du bâtiment le plus haut de la Cuvette. Cela dit, la proximité avec la forêt dont il bénéficie est unique par rapport aux autres capteurs en milieu urbanisé, nous ne pouvons alors pas affirmer que la hauteur du bâti n'ait pas d'impact négatif sur la température.

Tous les capteurs ayant enregistré des températures chaudes à très chaudes se situent à l'Est de la Cuvette. Les principales différences entre le côté Est et Ouest pouvant expliquer la différence de températures sont l'absence de la forêt à l'Est ainsi que la topographie. En effet, la partie Est de la Cuvette a une altitude plus basse que la partie Ouest ce qui pourrait entraver la circulation de l'air à l'Est et confirmerait le fait que la topographie joue un rôle sur la température locale.

Le D03 avait été posé en fonction de la ventilation dont il a pu bénéficier, le type de surface (béton dans son cas) et le bâti qui est d'hauteur moyenne et de couleur claire. Il est le cinquième plus frais ce qui s'explique en partie par sa bonne ventilation, contrairement aux autres capteurs de la partie Est et le type de bâti qui l'entoure. Le matériau de revêtement a dû avoir un effet sur sa température, le béton induisant moins d'ICU que l'asphalte.

Le troisième plus chaud est le D14 et se situe tout à l'Est, il avait été posé en fonction du bâti bas qui l'entoure et de la mauvaise ventilation en raison de l'espace faible entre les différentes

structures bâties autour de lui. Le manque de ventilation doit pouvoir expliquer les chaudes températures de ce capteur.

Le deuxième plus chaud est le D20 et se situe sur un îlot végétalisé séparant deux rangées de places de parking. Ce dernier avait été posé en fonction du type de surface (végétalisée) ainsi que la ventilation prétendue être bonne étant donné l'absence de structure bâtie dans cet espace. Ici, nous pouvons affirmer qu'un matériau de revêtement végétalisé n'est pas suffisant pour rafraîchir un espace. Cependant, l'îlot végétalisé en question est petit et pauvre en écosystème ce qui peut altérer ses qualités rafraîchissantes.

Le plus chaud sur le site est le D17 et a une moyenne de $+2,18^{\circ}\text{C}$ par rapport à la moyenne générale des températures. Ce dernier avait été installé ici en raison de son type de revêtement (végétalisé). Cela dit, ce capteur souffre de l'absence de ventilation en raison de la morphologie du bâti qui l'entoure. Ceci peut expliquer que ce soit le plus chaud. Pour finir, dans le cas des deux capteurs les plus chauds de la Cuvette, la présence de surface végétalisée ne les a pas aidés à se rafraîchir et questionne alors la qualité de ces espaces végétalisés (rares) sur le site de la CdV.

9.2. Analyse diurne des jours les plus chauds

Les jours les plus chauds ne sont pas les mêmes pour chaque capteur. En effet, étant donné leur emplacement différent et les nombreux facteurs influençant la température évoquée plus tôt, les températures maximales ne sont pas enregistrées aux mêmes moments pour tous les capteurs. Néanmoins, deux jours ressortent dans les analyses comme étant les plus chauds pour un bon nombre de capteurs. Ces jours sont le 11 et le 12 août. Les graphiques ci-dessous représentent

Évolution des températures diurnes du 11 août 2024

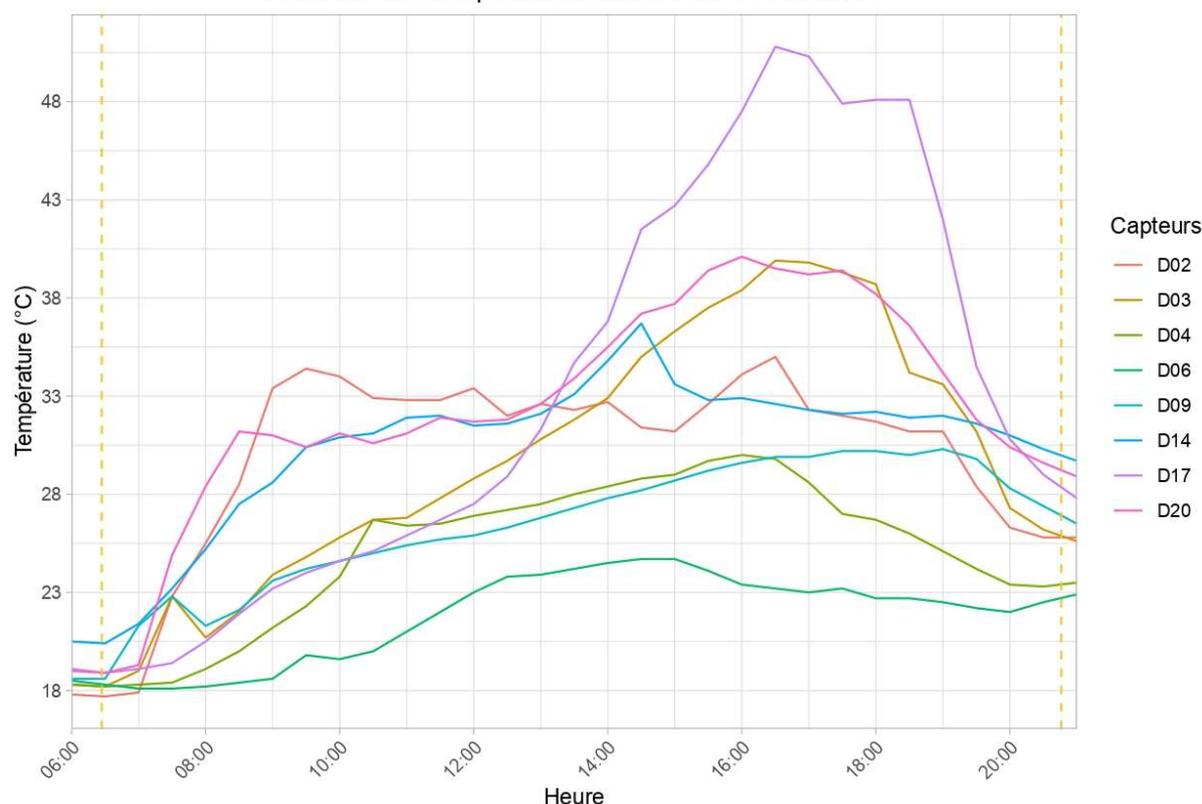


Figure 48 : Graphique des températures diurnes du 11 août 2024 (Illustration personnelle)

l'évolution des températures de chaque capteur. Les cartographies en aval des explications représentent les températures à 16h30.

Les températures évoluent différemment pour chaque capteur, mais certaines tendances sont communes. Par exemple, tous les capteurs enregistrent une augmentation des températures dès 6 h30 du matin, heure du lever du soleil (en orange trait tillé). De plus, tous enregistrent des températures qui baissent dès 16h30 pour finir par rejoindre une tendance similaire dès 20h00. Cela dit, les températures enregistrées ont de grandes disparités le reste de la journée.

En effet, le D14 a un pic de chaleur après 16h qui atteint les 50,8°C, alors que les autres ne dépassent pas les 40°C sur la journée. En plus, c'est le seul capteur qui a une augmentation de températures si directe et pratiquement exponentielle de 6h30 à 16h30.

Le D06 est le plus constant, la température maximale ce jour-là pour ce capteur est en-dessous des 25°C. Ceci s'explique peut-être grâce son emplacement en plein milieu de la forêt ainsi que la proximité avec la rivière du Seyon. De plus, il est situé à la sortie d'un tunnel où coule le Seyon, particulièrement frais.

Le D09 est le deuxième plus constant, même si il est moins frais que le D06, grâce à son emplacement complètement à l'ombre. Nous pouvons ici déduire que l'ombre est un facteur très important et que les deux capteurs en bénéficiant à temps plein sont moins sujet à l'augmentation de la température en pleine journée, ne subissant pas le réchauffement induit par le soleil. Cela dit, si nous comparons les températures maximales, les deux capteurs les plus frais sont le D06 et le D04, qui sont les deux placés dans la ripisylve du Seyon.

Deux capteurs ont un pic presque à la même heure. Le D20 a un pic de chaleur à 8h30 et le D02 a un pic de chaleur à 9h30. Ces deux capteurs sont tout deux exposés au soleil et n'ont pas de structure bâtie dans leurs alentours. Ce pic de chaleur peut s'expliquer par le réchauffement induit par le soleil dès son lever. Puis, les températures redessendraient légèrement avant de remonter, soit car les capteurs auraient trouvé de l'ombre végétale, soit parce que l'absence de structure bâtie annule l'effet d'Albedo que les autres capteurs connaissent. Cela dit, dans le cadre de cette recherche, aucun facteur ne sait expliquer pourquoi ce sont les plus chauds aux heures matinales.

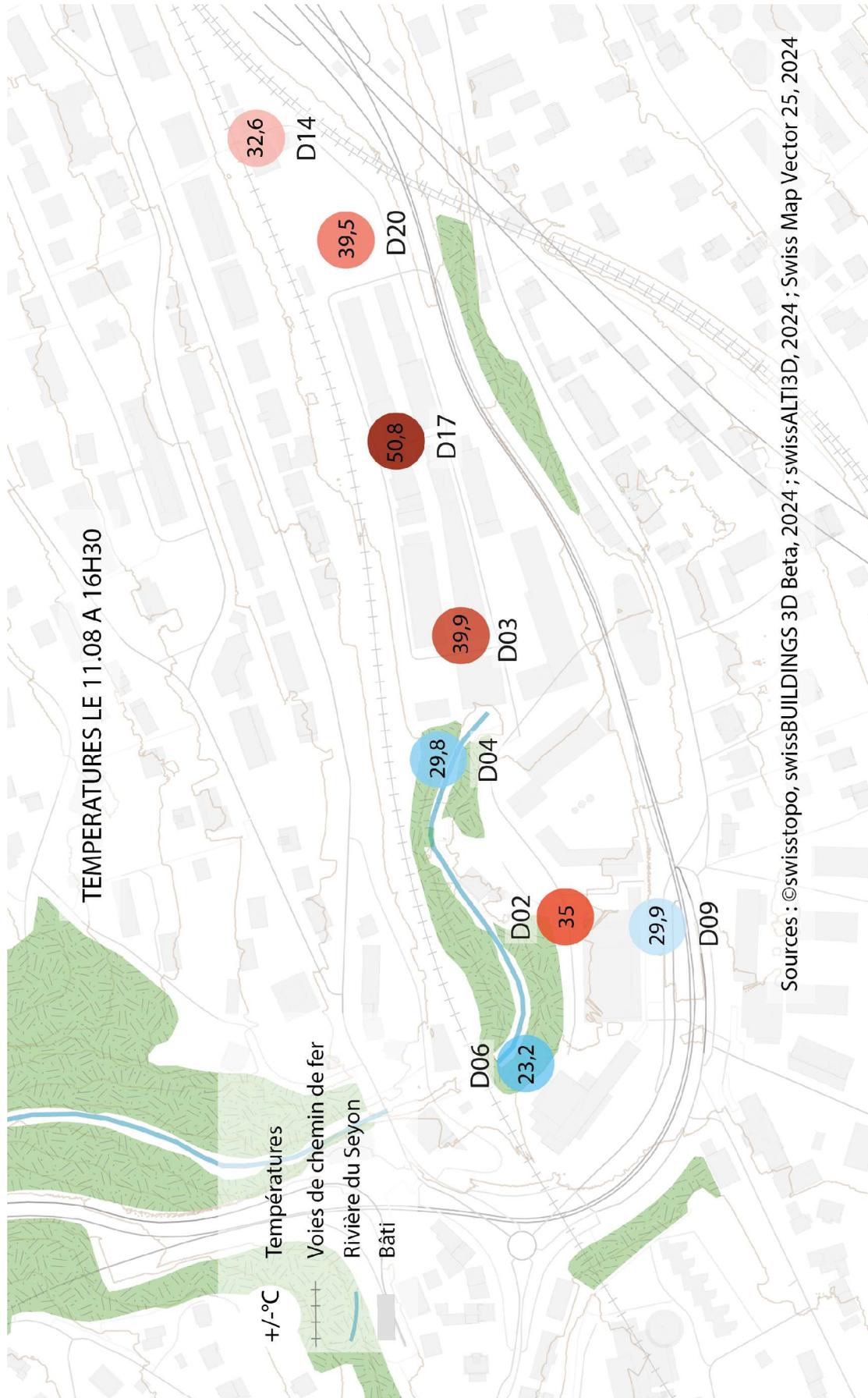


Figure 49 : Cartographie des températures du 11 août (Illustration personnelle)

Évolution des températures diurnes du 12 août 2024

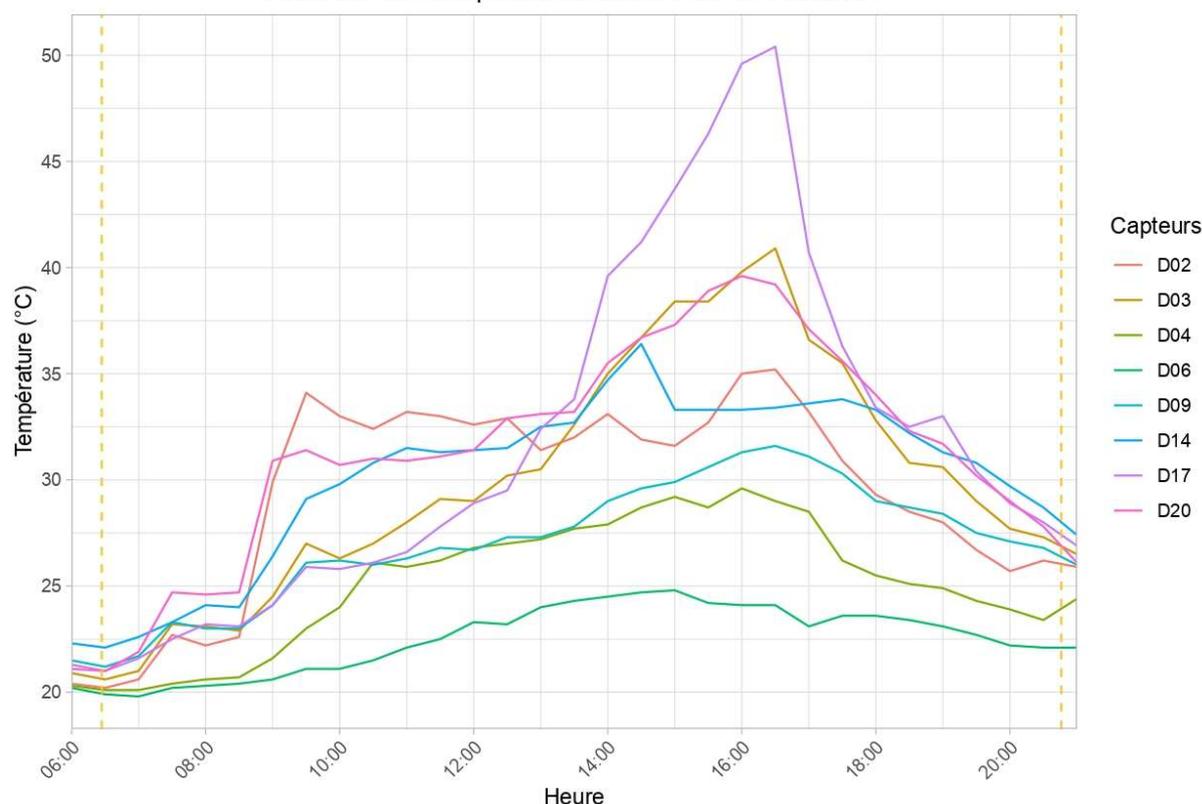


Figure 50 : Graphique des températures du 12 août (Illustration personnelle)

L'évolution des températures le 12 août est similaire à celle du 11 août. Néanmoins, il existe quelques différences. Ici, le pic de chaleur pour le capteur le plus chaud, le D17, est également à 16h30 et atteint les 50,4°C. Il est donc à peine moins chaud que celui du 11 août. Aussi, le D03 atteint ici environ 41°C alors que le 11 août le pic s'arrête à environ 40°C. Le D20 est lui moins chaud le 12 août que le 11 août, d'environ 1°C.

Les tendances générales diffèrent également. Par exemple, le 12 août, dès 18h00, les capteurs tendent à se rejoindre, surtout les D17, D14, D03 et D20, tandis que le 11 août, cette tendance arrive aux alentours de 20h00.

Ensuite, le matin du 12 août, les capteurs connaissent pratiquement tous un pic de températures à environ 7h20, puis une stagnation des températures jusqu'à environ 9h. Cette tendance concerne tous les capteurs sauf les D06, D04 et D09, c'est-à-dire ceux bénéficiant d'ombre en permanence. De ce fait, nous pouvons émettre l'hypothèse que ce pic suivi d'une stagnation des températures est lié à l'apparition d'un nuage de 7h20 à 9h environ, qui aurait ralenti l'augmentation des températures ce jour-là. Aussi, le D09 a une évolution davantage similaire aux autres capteurs qui sont au soleil. Ceci peut s'expliquer par l'influence des structures bâties aux alentours de ce capteur, qui elles sont sensibles au changement des rayonnements solaires.

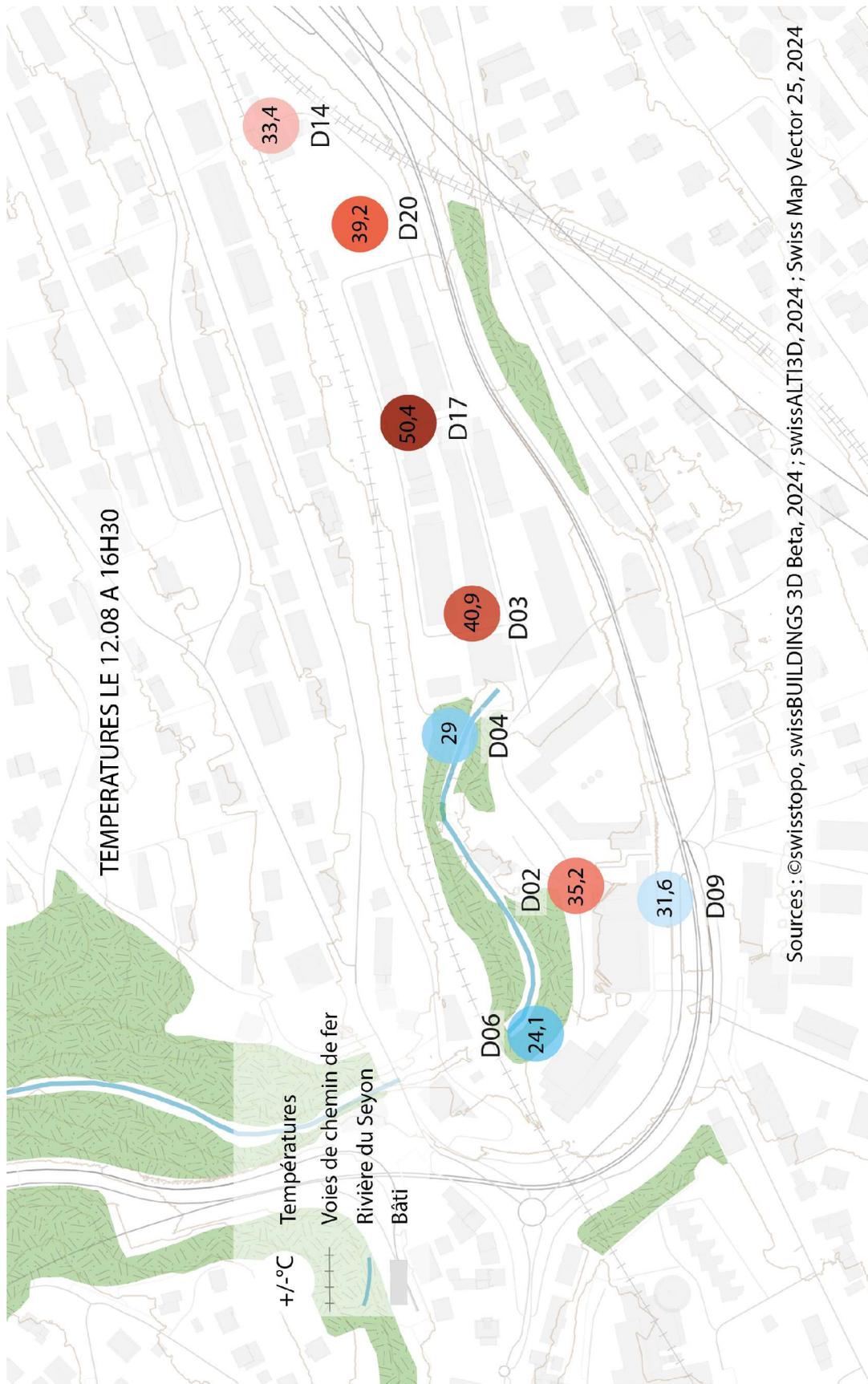


Figure 51 : Cartographie des températures du 12 août (Illustration personnelle)

9.3. Analyse des températures nocturnes

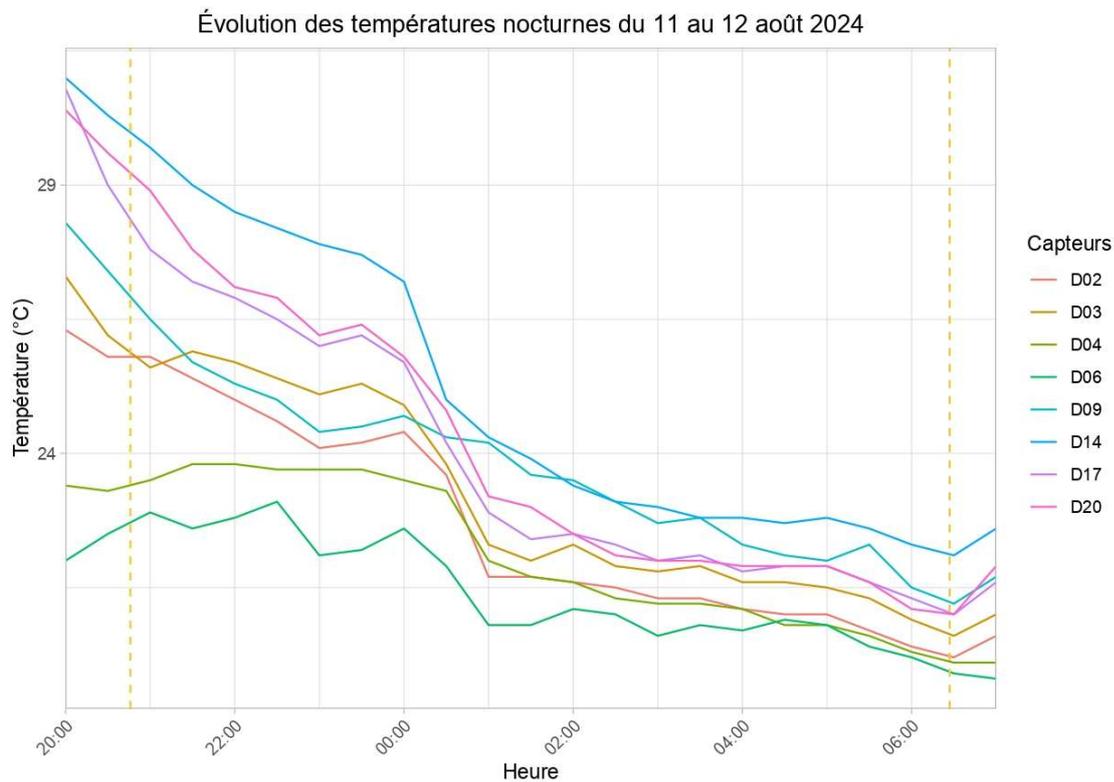


Figure 52 : Graphique des températures nocturnes du 11 au 12 août (Illustration personnelle)

Pour cette partie de l'analyse, la nuit du 11 au 12 août a été choisie, alliant ainsi les deux jours les plus chauds du mois d'août.

Sur ce graphique, nous remarquons que le D17, qui est le plus chaud en journée, ne l'est pas la nuit. En effet, c'est le D14 qui a les températures diminuant le moins vite. Ceci peut s'expliquer par sa localisation et la proximité qu'il a avec des bâtiments de couleur gris foncé entraînant un Albedo plus petit (donc absorbant davantage la chaleur et la rejetant la nuit), alors que le D17 est entouré de bâtiments plus clairs, donc avec un Albedo plus grand (réfléchissant plus la chaleur en journée).

À l'inverse, le D06 est celui qui a la température la plus constante, ceci s'explique car il est entouré d'arbres et que ces derniers ont une variance de températures faible. Aussi, nous voyons que le D20 a des températures diminuant très vite par rapport aux autres, ce qui peut s'expliquer par l'absence de structures bâties dans ses alentours donc l'absence d'absorption de chaleur. De plus, la surface de ce capteur est végétalisée, ce qui peut expliquer également le refroidissement plus rapide que d'autres types de surface.

À l'inverse, le capteur D09 est le troisième plus frais en journée, mais il se refroidit moins vite

la nuit. Ceci s'explique car il est situé dans un sous-voie et entouré de structures bâties, dont le bâtiment le plus haut de la CdV. La présence de ces structures peut engendrer un rejet de chaleur nocturne.

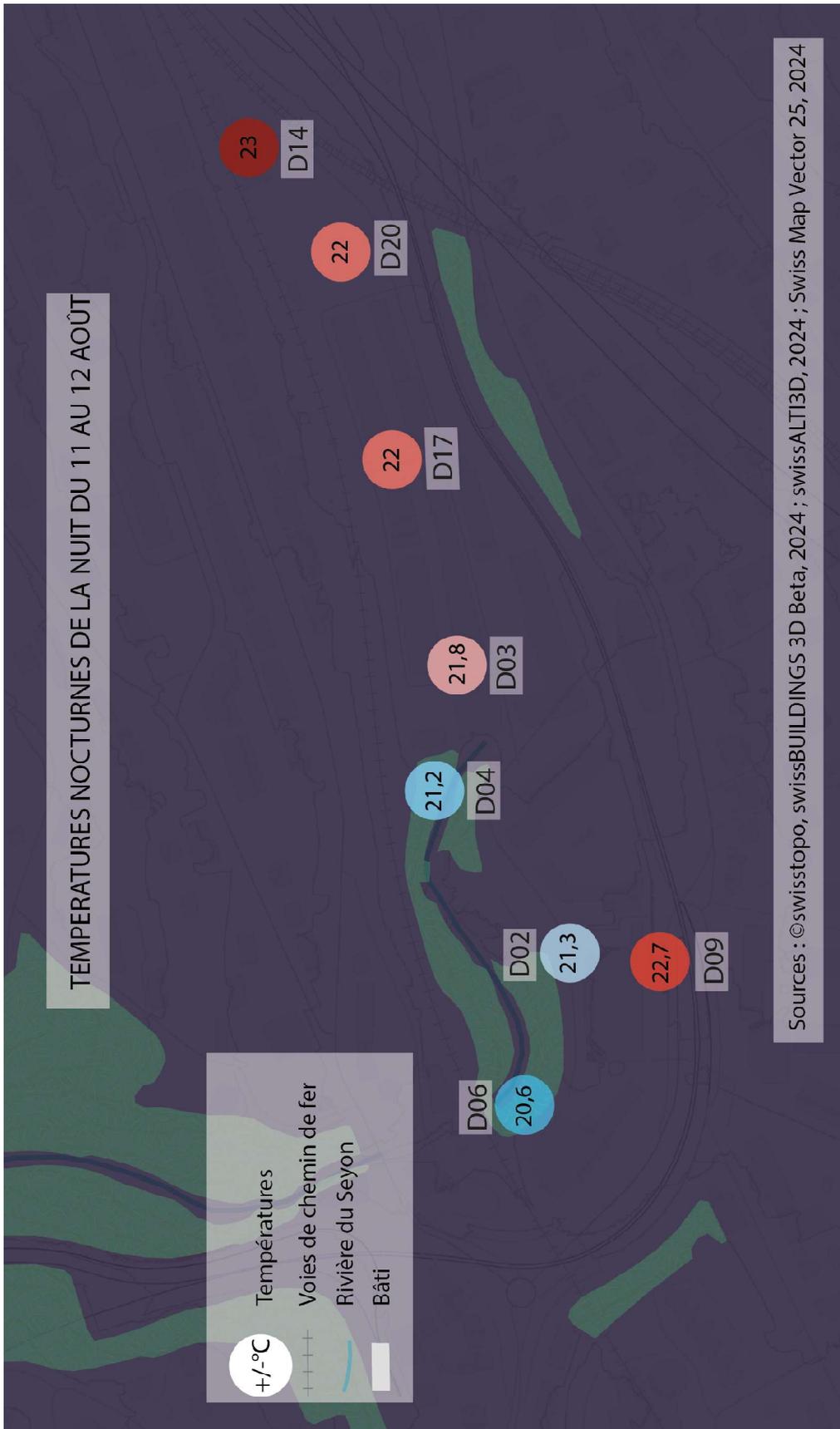


Figure 53 : Cartographie des températures nocturnes le 12 août à 3h00 (Illustration personnelle)

9.4. Ajout des scénarios RCP sur les températures du 11 août 2024

Projections des Scénarios RCP sur la Moyenne des Températures du 11 Août pour l'horizon 2035

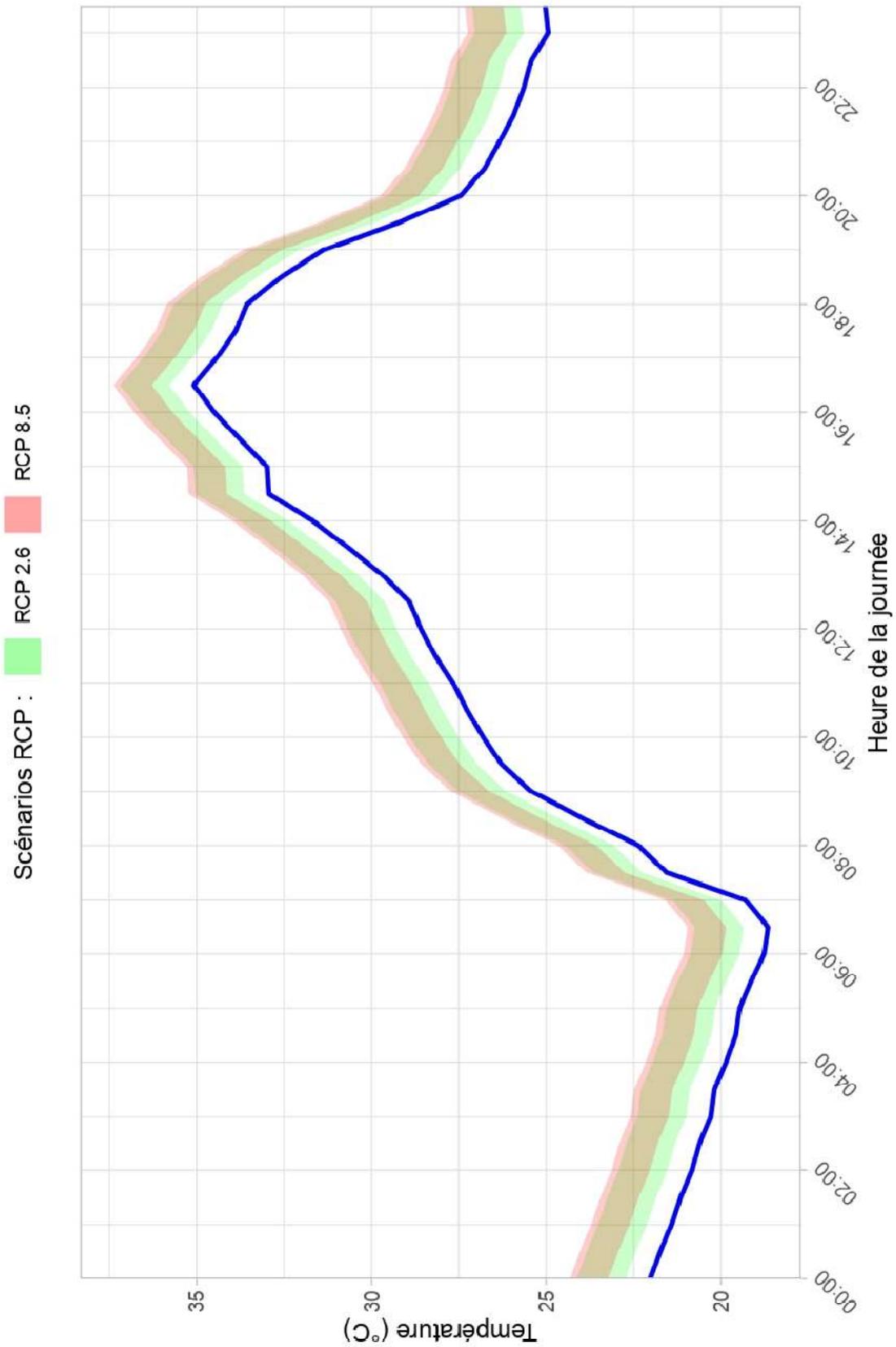


Figure 54 : Graphique des projections des scénarios RCP pour l'horizon 2035 (Illustration personnelle)

Projections des Scénarios RCP sur la Moyenne des Températures du 11 Août pour l'horizon 2060

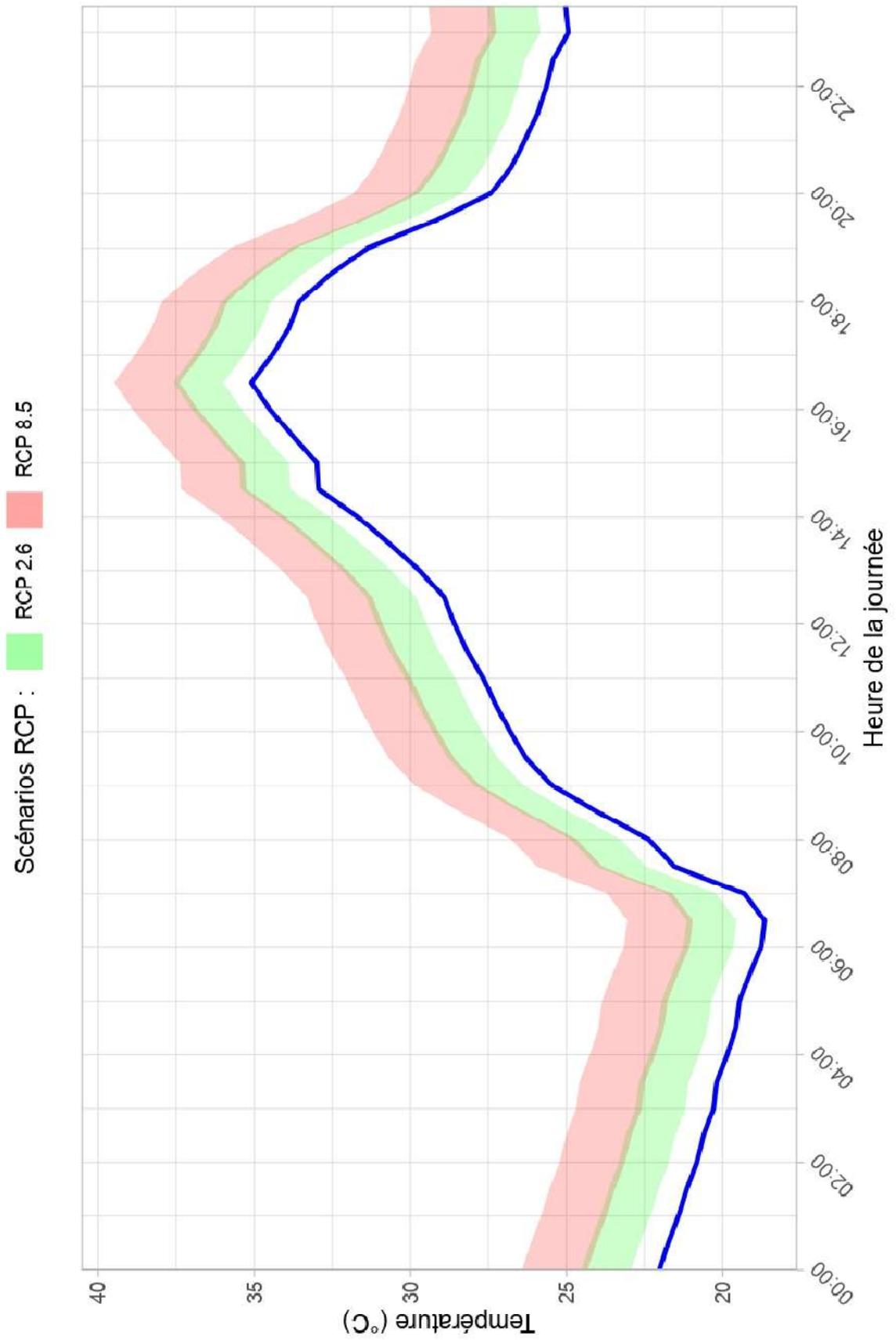


Figure 55 : Graphique des projections des scénarios RCP pour l'horizon 2060 (Illustration personnelle)

Projections des Scénarios RCP sur la Moyenne des Températures du 11 Août pour l'horizon 2085

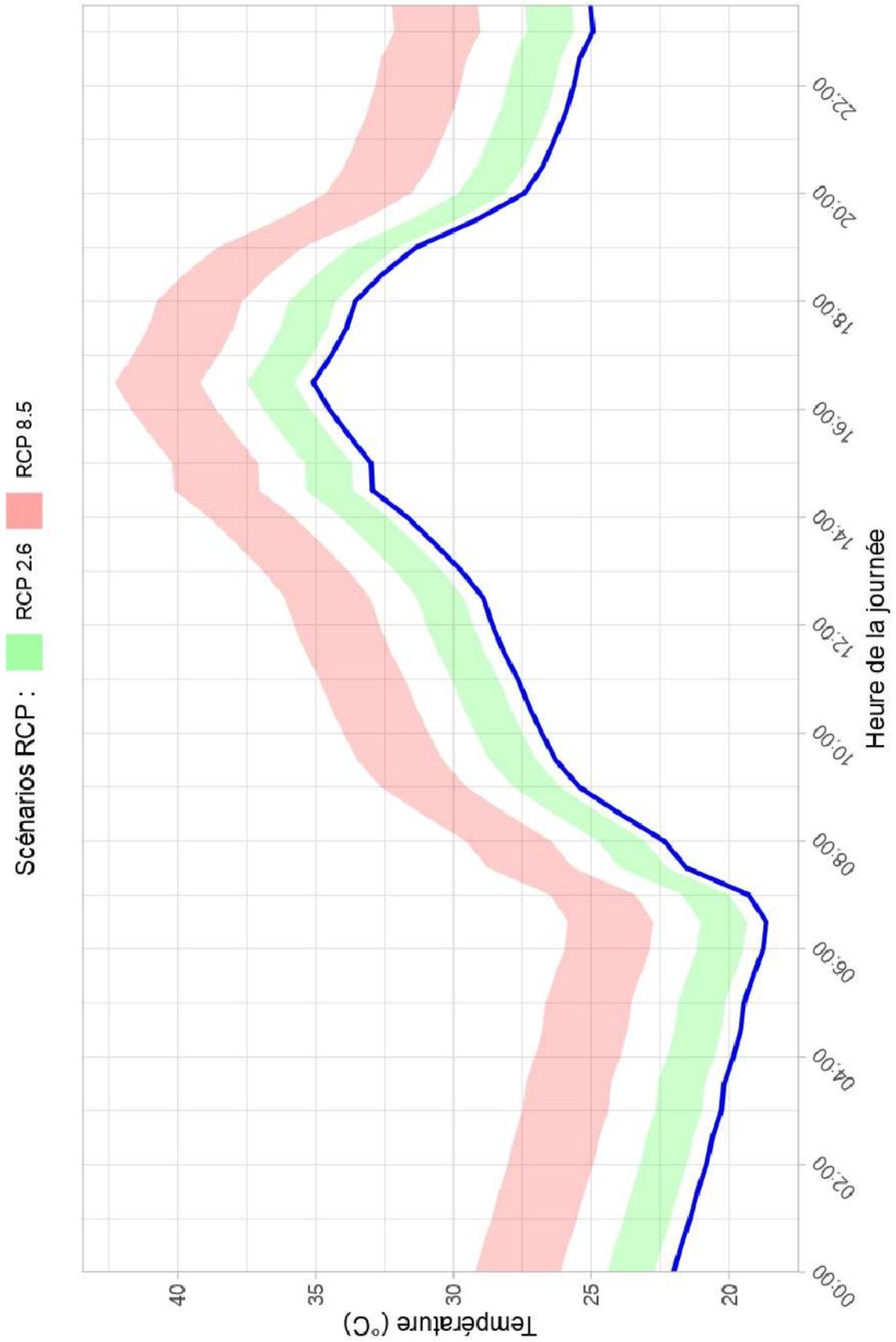


Figure 56 : Graphique des projections des scénarios RCP pour l'horizon 2085 (Illustration personnelle)

Ici, les scénarios RCP 2.6 et 8.5 ont été transposés sur les températures moyennes de tous les capteurs enregistrés pour le 11 août 2024. Ces graphiques représentent l'augmentation des températures prévues à l'horizon 2035, 2060 et 2085. Au fil des graphiques, l'écart se creuse entre le scénario RCP 2.6 et le scénario RCP 8.5.

À l'horizon 2035, le scénario RCP 2.6 prévoit une augmentation de $+0,7^{\circ}\text{C}$ à $+2,1^{\circ}\text{C}$ ce qui représente des températures moyennes maximales de $37,2^{\circ}\text{C}$ pour la CdV. Le scénario RCP 8.5 prévoit lui une augmentation de $+1,2^{\circ}\text{C}$ à $+2,3^{\circ}\text{C}$, représentant des températures moyennes plafonnant à $37,4^{\circ}\text{C}$. Dans cet horizon, les deux scénarios diffèrent peu et ne suffisent pas pour illustrer l'urgence climatique.

À l'horizon 2060, le scénario RCP 8.5 creuse l'écart avec le scénario RCP 2.6. En effet, pour le scénario RCP 2.6, la fourchette d'augmentation des températures est de $+0,9^{\circ}\text{C}$ à $+2,5^{\circ}\text{C}$ engendrant des températures moyennes maximales de $37,6^{\circ}\text{C}$, représentant une évolution de seulement $+0,3^{\circ}\text{C}$ depuis 2030. Cependant, le scénario RCP 8.5 a une fourchette de $+2,3^{\circ}\text{C}$ à $+4,4^{\circ}\text{C}$, représentant une température moyenne maximale de $39,5^{\circ}\text{C}$, équivalant à une augmentation de $2,1^{\circ}\text{C}$ depuis 2030.

À l'horizon 2085, le scénario RCP 2.6 prévoit une augmentation de température allant de $+0,7^{\circ}\text{C}$ à $+2,4^{\circ}\text{C}$, c'est-à-dire un ralentissement du réchauffement engendré par les mesures climatiques prises au fil du siècle. Cette augmentation induit une température moyenne maximale de $37,5^{\circ}\text{C}$.

À l'inverse, aucun ralentissement du réchauffement n'est prévu dans le scénario RCP 8.5. À l'horizon 2085, la fourchette d'augmentation de température est de $+4,1^{\circ}\text{C}$ à $+7,2^{\circ}\text{C}$. Cette fourchette engendre une température moyenne maximale de $42,3^{\circ}\text{C}$, correspondant à une augmentation de $+2,8^{\circ}\text{C}$ depuis 2060.

Ces chiffres rendent compte de l'urgence climatique et de la nécessité de prendre des mesures climatiques en termes d'adaptation. En effet, dans les deux scénarios, les températures augmentent. Même si le scénario 2.6 prévoit un ralentissement du réchauffement, les températures augmentent quand même et peuvent engendrer un climat peu supportable pour une partie de la population, qui deviendrait vulnérable dans les périodes estivales à venir. Aussi, les différents aléas climatiques, autres que l'augmentation des températures, telle que l'augmentation des précipitations, accroîtront l'aléa du ruissellement par exemple. En bref, le scénario RCP 2.6 est optimiste mais prévoit tout de même un avenir climatique incertain tant pour les températures que pour les aléas naturels. De petites interventions peuvent suffire ici

afin de maintenir un climat supportable. Cependant, dans le scénario RCP 8.5, les températures moyennes plafonneraient à la fin du siècle à 42,5°C. Ce chiffre entraîne la nécessité de plus grandes interventions sur le site de la CdV afin de réduire au maximum le ressenti de l'augmentation des températures et de permettre aux personnes les plus vulnérables de garder un confort de vie urbain optimal.

9.5. Limite de l'analyse

Les capteurs de température ont été posés sur des matériaux différents. En effet, les capteurs posés en forêt étaient installés sur des troncs d'arbre, donc du bois. Ce matériel a une variabilité faible et est moins vulnérable aux fluctuations des températures, tant en ce qui concerne le froid que le chaud. Évidemment, ceci influence la température locale et explique en partie la stabilité des températures relevés par ces capteurs.

Cependant, les autres capteurs ont été posés sur des poteaux en métal. Ce matériel a une variabilité beaucoup plus élevée et devient facilement plus chaud ou plus froid que la température locale. Ce phénomène crée un réel biais pour le relevé des températures et explique les pics de chaleur atteignant les 50°C, ne représentant pas la température locale. Pour y remédier dans une prochaine recherche, il est possible d'installer un petit morceau de bois entre le capteur et le poteau métallique. Une autre solution serait d'investir dans un meilleur matériel de capteurs de température, étant chacun déjà équipés par des trépieds les maintenant à 2 mètres de hauteur, permettant de standardiser ce biais.

Synthèse intermédiaire des résultats 2

Le diagnostic s'est déroulé en deux temps, à l'aide de deux arpentages. De ce fait, des problématiques du site ont pu être détectées lors d'un jour de week-end, et les problématiques de l'ambiance et l'activité du site, un jour de semaine.

En mettant en dialogue les éléments récoltés lors de ce diagnostic, de l'analyse de documents officiels, de l'entretien semi-directif avec Nicolas Montavon ainsi que de l'analyse des données récoltées grâce aux capteurs de température, trois enjeux se dessinent, regroupant toutes les informations recensées jusqu'ici. Les trois enjeux déterminés sont mis en dialogue avec les éléments théoriques explicités plus tôt dans cette recherche.

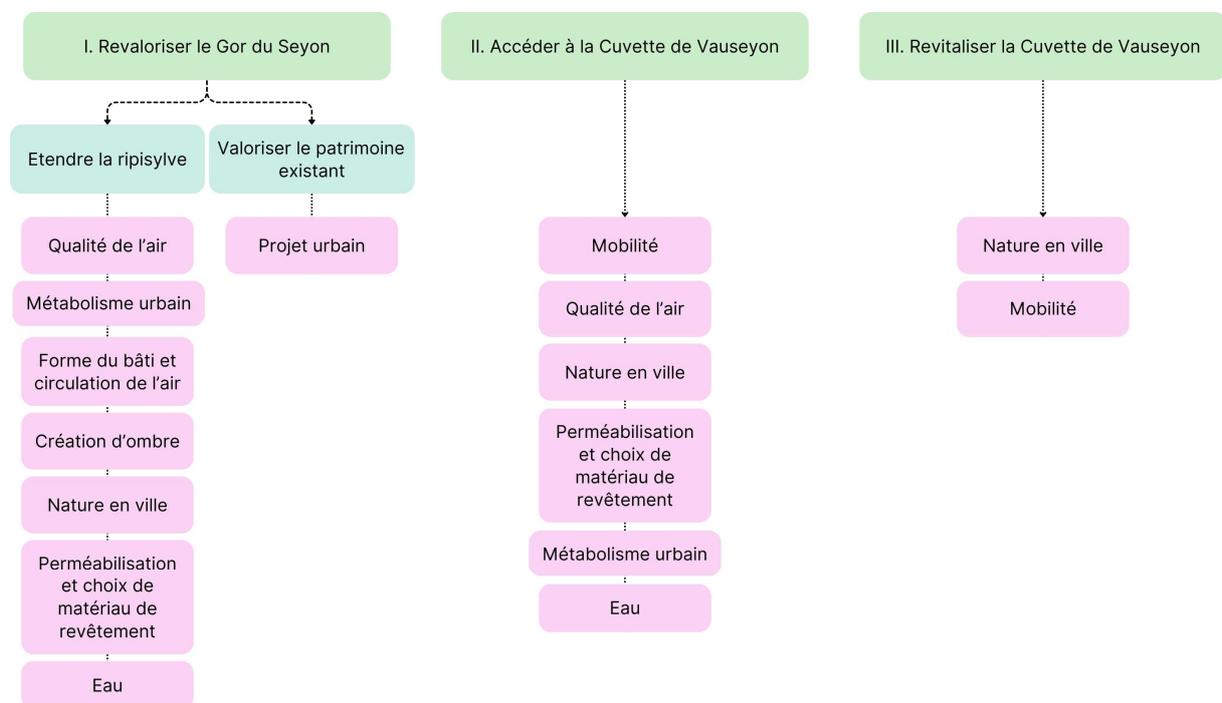


Figure 57 : Schéma mettant en lien les éléments théoriques et les enjeux de projet (Illustration personnelle)

Ensuite, la présentation des enjeux détaillée est réalisée sous forme de tableau, afin de mettre en lien les éléments des enjeux et la manière dont ils ont été récoltés.

		Éléments PdTNE	Éléments Analyse discursive
I. REVALORISER LE GOR DU SEYON	ETENDRE LA RIPISYLVE		Pas de continuité de la trame verte Sols des parkings imperméables
	VALORISER LE PATRIMOINE EXISTANT	Niveaux topographiques comme obstacle Cours d'eau non valorisé	
II. ACCEDER A LA CUVETTE DE VAUSEYON		Manque de mobilité douce entre Poudrières et Rosières Passerelle actuelle entre Poudrières et Rosières non-valorisée Giratoire de Vauseyon dominé par les TIM	Présence de la jonction autoroutière Présence importante de parkings
	III. REVITALISER LA CUVETTE DE VAUSEYON		Espaces publics pas soignés ou inexistant

Eléments Diagnostic orienté	Eléments Analyse des températures
<p>Sols imperméables et risque de ruissellement</p> <p>Bâti à l'Ouest qui empêche la circulation de l'air</p> <p>Bâtiments gourmands en surface à l'Est</p> <p>Manque de végétalisation dans la partie Est de la Cuvette</p> <p>Promenade des Gorges du Seyon ne suivent pas le cours d'eau tout le long</p>	<p>La partie Est subit de plus fortes chaleurs</p> <p>Les capteurs ombragés sont plus frais</p> <p>Les sols perméables offrent davantage de potentiel de fraîcheur</p> <p>Les capteurs bénéficiant d'une bonne</p>
<p>Cassure topographique avec les quartiers environnants</p> <p>Manque de signalétique pour le Gor et la Maison du Prussien</p> <p>Manque d'explications sur l'histoire des Moulins du Gor</p> <p>Manque d'explication sur l'histoire du Seyon et son rôle dans le développement de la Ville de Neuchâtel (Peintures)</p>	
<p>Parkings surdimensionnés</p> <p>Bonne accessibilité piétonne, mais une fois dans la friche pas de place</p>	
<p>Cheminement piéton se heurte à des obstacles / Logique de plateau séparé</p> <p>Pas d'ambiance dans les rues / Seule nuisance industrielle est le bruit du trafic interne</p> <p>Mauvaise connexion Est/Ouest / Manque de connexion entre les plateaux topographiques</p> <p>Peu de points d'activation dans la Cuvette / Potentielles pépites existantes à revaloriser</p>	

10. Projet de composition spatiale

Dans cette partie, il s'agira de développer le projet de composition de la CdV. Les enjeux découlant de l'analyse de documents officiels, l'analyse discursive, le diagnostic orienté ainsi que l'analyse des relevés de températures, sont ici mis en dialogue avec des propositions d'aménagements. Afin de prendre également en compte les scénarios RCP présentés dans la partie 1.1.5. Scénarios climatiques, puis transposés sur le site de la CdV dans la partie 9.4. Ajout des scénarios RCP sur les températures du 11 août 2024, deux scénarios sont proposés ci-dessous.

Le premier scénario est conçu en réponse au scénario RCP 2.6 et est envisagé pour un futur proche avec de petites interventions palliant des augmentations de températures légères. Le deuxième scénario est lui pensé pour de plus grandes augmentations de températures, correspondant aux projections du scénario RCP 8.5.

Cela dit, les deux scénarios se rejoignent sur certains aspects et peuvent comprendre les mêmes mesures. Pour le deuxième scénario, les mesures communes avec celles du premier sont pensées pour le court terme afin de prévoir un impact rafraîchissant proche, étant donné les horizons abordés (2035, 2060, 2085).

Afin de présenter convenablement ces deux scénarios, un schéma de principes respectif est discuté et justifié par écrit, à l'aide des enjeux et de nombreuses références de projets, solidifiant l'argumentation et l'impact positif des aménagements proposés. De plus, comme pour le diagnostic, les cartes sont présentées en plusieurs volets afin d'optimiser leur clarté et leur lisibilité.

10.1. Scénario de projet 1 – hypothèse de réponse face au scénario RCP 2.6

10.1.1. Enjeu 1 – Revaloriser le Gor du Seyon

Sur cette carte figure le scénario 1 de projet qui répond au scénario RCP 2.6. Ce premier enjeu porte sur la volonté de revitaliser le Gor du Seyon via son rafraîchissement et via la valorisation du patrimoine naturel existant.



Figure 58 : Schéma de principes, scénario 1, enjeu 1 (Illustration personnelle)

1) Rafraîchir la CdV

Etendre la flore de la ripisylve : Un système d'espaces verts est déployé. Ces différents espaces verts et aménagements ont des fonctionnalités différentes, précisées ci-dessous.

Parcs intégrés au réseau d'espaces publics : Ces parcs ont pour but de créer des espaces publics végétalisés et frais, à l'ombre des nouveaux arbres plantés. Les aménagements de lieux de rencontres sont notamment du mobilier urbain, tels que des bancs et des tables de pique-nique afin d'offrir aux travailleurs et usagers des espaces de détente pour leurs pauses et leurs dîners. Ces espaces sont pluriels et plantés par des espèces retrouvées dans la ripisylve du Seyon (référence 4 et 6).

Petits espaces rafraîchissants : Ces petits espaces ont pour but de développer la flore de la ripisylve dans d'autres espaces de la Cuvette. Ils visent à rafraîchir la totalité de la Cuvette car il participe au réseau d'espaces verts. De plus, la présence de petits espaces verts dispersés a des pouvoirs rafraîchissants plus élevés que la présence d'un grand parc sur tout le site. En effet, d'après les travaux de Tsyoshi Honjo et Tadashi Takakura (1986 ; 1990), les espaces verts de plus petites tailles et suffisamment éloignés favorisent davantage le rafraîchissement efficace des secteurs environnants. Ces travaux encouragent alors à les augmenter considérablement et à les relier afin de créer une réelle trame fraîche (Delabarre, 2023). Dans ces espaces verts sont ajoutés des parcours de promenade offrant ainsi des espaces de détente et de fraîcheur pour les usagers du site.

Enveloppe pour structures existantes : Afin d'augmenter les bienfaits de la ripisylve sur la température locale, cette dernière est déployée dans les rues et les espaces environnants. De ce fait, les structures existantes sont renforcées et davantage insérées dans le paysage urbain. Ces enveloppes ont aussi pour but, à plus long terme, de s'étaler et de réunir les différents espaces verts existants afin de créer une structure verte capable d'accueillir les températures futures (Delabarre, 2023).

Îlots végétalisés : Ces îlots sont plantés dans les rues piétonnes afin de les rendre plus agréables. Ces plantations bénéficient également de la présence d'arbres, offrant de l'ombre aux usagers. Le but ici est de créer des îlots de biodiversité avec arbres, arbustes et buissons. Ces derniers forment un parcours végétal dans les rues industrielles du site. Ce programme de végétalisation invite aussi à un dégrappage considérable des rues concernées (références 1 et 5).

Arboriser les abords des voies de chemin de fer : Le but est de développer la végétation déjà existante aux abords des rails de train. Ici, il s'agit principalement de la développer à l'aide d'arbres tiges. De ce fait, la biodiversité est augmentée et cela permet d'améliorer le paysage de la Cuvette en isolant le train de cette dernière, offrant une atmosphère plus calme. Ceci peut se faire à l'aide d'une pépinière. Les essences choisies pour ce faire sont des essences présentes dans la CdV résilientes au climat futur.

Espaces agroécologiques : Déjà existants par petits morceaux sur le site, les espaces agroécologiques sont davantage développés. Ils sont dispersés de part et d'autre de la Cuvette, ainsi qu'aux abords des rails, à l'Est. Ces derniers sont disposés en fonction de l'aléa du ruissellement car ils permettent une bonne infiltration des eaux de pluie. Ces espaces agroécologiques visent à développer des cultures de légumineuses notamment et de plantation de haies. Cela limite également l'érosion des sols et augmente leur qualité avec le temps (Delabarre, 2023)

Fosses de Stockholm : Des fosses sont placées en fonction de l'aléa du ruissellement. Ces dernières permettent premièrement d'arboriser les abords des routes et deuxièmement d'améliorer la qualité de l'écoulement des eaux de pluie. En effet, via un système de filtration, les fosses empêchent le transport de la pollution des routes via l'écoulement des eaux. Ces dernières profiteront aux espaces verts en leur offrant une irrigation de bonne qualité et diminueront l'aléa du ruissellement afin d'éviter des potentielles inondations en vue de l'augmentation des précipitations dans un avenir proche.

Système de noues : En réponse à l'aléa du ruissellement, des noues sont installées. Ces dernières permettent de réguler cet aléa et de reconduire les eaux soit directement dans la rivière, soit dans le système des eaux existant. Les fosses de Stockholm ont aussi leur rôle à jouer dans ce système, transportant des eaux non polluées jusqu'à la rivière du Seyon (référence 3).

Jeux d'eau : Les jeux d'eau ont pour but de rafraîchir la Cuvette en laissant l'eau de ruissellement s'accumuler dans des bassins afin qu'elle reste à ciel ouvert. Ces bassins ont aussi pour fonction d'apporter des points d'eau pour la faune déployée de la Cuvette après les opérations de végétalisation explicitées ci-dessus. Ces jeux d'eau, présents parfois dans des espaces non concernés par l'aléa du ruissellement, seront aussi alimentés directement par la rivière souterraine du Seyon, grâce à la poussée d'Archimède (référence 2 et 8).

Panneaux solaires : L'exploitation de la 5^e façade est préconisée dans la Cuvette car les bâtiments sont gourmands en surface, surtout à l'Est mais les toits ne sont pas toujours totalement plats. De ce fait, les 5^e façades sont excellentes pour l'installations de panneaux solaires, sur les toits légèrement inclinés. L'énergie récoltée grâce aux panneaux solaires est directement utilisée par les entreprises présentes sur place, pour le chauffage ou l'éclairage des bâtiments.

Toits végétalisés : En ce qui concerne les toits plats, ils sont végétalisés. Les espèces présentes sont choisies avec soin afin d'optimiser l'effet rafraîchissant des toits végétalisés. Aussi, chaque terrasse aura son propre thème, en fonction de son utilisation et de son emplacement (référence 7).

Dégrapper les sols imperméables : Le dégrappage consiste à remplacer des sols imperméables à l'aide de sols perméables. Ici, la partie Est a principalement comme composant le béton. Ce matériau de revêtement a pour défaut d'être imperméable mais pour qualité d'être clair et donc d'avoir un indice d'albedo élevé. De ce fait, il est envisagé ici de dégrapper mais de conserver le béton existant et de le drainer afin de le rendre perméable, avant de le réinstaller dans la partie Est où l'aléa du ruissellement l'oblige. De ce fait, les sols sont rendus perméables et l'énergie grise du projet est optimisée en réutilisant les matériaux existants. De plus, l'identité industrielle du lieu perdure tout en devenant plus durable.

Rafraîchir les endroits chauds : Les endroits chauds affichés sur le schéma de principes correspondent aux capteurs de température ayant des températures au-delà de la moyenne. Ils servent alors à justifier l'emplacement des aménagements rafraichissants.

2) Valoriser le patrimoine naturel existant

Le Gor du Seyon est un véritable patrimoine pour la Ville de Neuchâtel. De plus, l'histoire du Seyon est riche, passant auparavant directement dans la Ville, à travers la Rue du Seyon et la connue Place Pury. De nombreux imaginaires se déploient autour du Seyon et de son histoire. Ces éléments méritent d'être mis en avant afin de comprendre l'importance de cette rivière dans le développement neuchâtelois ainsi que les raisons de sa dénaturation et sa mise sous terre. Différents aménagements visent à mettre en lumière ces éléments

Signaler le Gor du Seyon : Premièrement, pour attirer du monde à découvrir la richesse du Seyon, il est fondamental d'indiquer son existence aux citoyens ainsi que son emplacement

précis. De nombreux panneaux sont installés, principalement lors d'intersections de routes ou d'arrêts de transports publics (référence 6).

Développement de la promenade du Gor du Seyon : Le but ici est de prolonger la promenade du Gor du Seyon. Via cette prolongation, un aménagement des berges est également mis en place. Des espaces de détente et des lieux de rencontre sont installés afin de permettre aux visiteurs de profiter davantage de la richesse du paysage.

Expliquer l'histoire du Seyon : Une fois arrivé dans le Gor du Seyon, le paysage naturel du Gor est accompagné par de nombreux panneaux explicatifs de l'histoire du Seyon ainsi que de son imaginaire. Ces panneaux permettent de faire connaître cette rivière et de dynamiser la promenade du Gor du Seyon. Ces derniers renseignent également les visiteurs sur les arbres majestueux rencontrés lors de la promenade du Gor (référence 6).

1

PIAZZA MATTEOTTI PUBLIC GARDENS
CASTIGLION FIORENTINO, ITALY, 2024

SOLS ET ILOTS VERTS	Pool Landscape
---------------------	----------------



Le design de cette place vise à simplifier et à hiérarchiser les éléments composant l'espace.

Il met l'accent sur la végétation ainsi que le choix judicieux des matériaux utilisés qui balancent entre esthétiques et fonctionnels.

2

LE PARC DU CHEMIN DE L'ILE
NANTERRE, FRANCE, 2006

JEUX D'EAU	Mutabilis Paysage et Urbanisme
------------	--------------------------------



Ce parc se situe au-dessus de la Seine. Il utilise les eaux de la rivière pour alimenter les jeux d'eau du parc, grâce à la poussée d'Archimède.

Ces jeux d'eau permettent de rafraîchir et d'animer le parc.

Les matériaux utilisés pour créer ces bassins sont réutilisés et trouvés sur le site.

3

CITY CENTER
TILBURG, PAYS-BAS, 2023

GESTION DE L'EAU	MTD landscape architects
------------------	--------------------------



Des nouvelles rues sont présentées à Tilburg dans le cadre d'un projet pour le quartier commercial de la ville.

Dans ce projet, des solutions pour gérer l'eau et le stress climatique sont implémentées.

4

THE URBAN GREEN
NEVADA, ETATS-UNIS, 2022

ACTIVATION D'UN PARC	STUDIO ONE ELEVEN
----------------------	-------------------



Un parking a été transformé en un espace public dynamique contenant une variété de zones extérieures facilitant les événements communautaires et culturels.

Ce dernier est inspiré des montagnes de la Sierra Nevada afin de renforcer l'impression de randonnée à travers la ville.

Figure 59 : Références de projet 1 (Illustration personnelle)

5

PLACE DU PONT NEUF ET LA SAMARITAINE

FRANCE, PARIS, 2021

SOLS ET ILOTS VERTS	IN SITU PAYSAGE & URBANISME
---------------------	-----------------------------



La Samaritaine s'est alignée sur la politique de redistribution de l'espace public de la Ville de Paris.

un vaste plateau piétonnier autour des magasins. s'inscrit alors dans un réseau de cheminement piéton et améliore l'expérience des promeneurs.

6

THE HARISH FOREST PARK

ISRAËL, 2021

SIGNALISATION	BO LANDSCAPE ARCHITECTS
---------------	-------------------------



Ce parc a été conçu dans l'idée d'apporter aux habitants l'expérience de découvrir la nature et sa couleur changeante au fil des saisons.

Un point d'honneur est alors mis sur l'accessibilité et la signalisation, tant celle pour se repérer que celle pour apprendre à connaître les espèces.

7

THE URBAN ENVIRONMENT HOUSE

HELSINKI, FINLANDE, 2020

TOITS	LOCI
-------	------



Chaque terrasse a son propre thème en fonction de l'utilisation prévue et de l'emplacement.

La végétation est soigneusement choisie en fonction de la luminosité et du thème de la terrasse. Les plantes sont indigènes de Finlande.

8

PETITE SAUSSAIE

FRANCE, VITRY-SUR-SEINE, 2021

JEUX D'EAU	PAYSARCHITECTURES
------------	-------------------



Le "projet de résurgence de la source de la Petite Saussaie" fait revivre l'une des sources historiques de Vitry-sur-Seine.

L'eau, auparavant enterrée et canalisée, coule désormais en suivant son cours sur 150 mètres dans l'espace public et participe aux jeux d'eau animant ce dernier.

Figure 60 : Références de projet 2 (Illustration personnelle)

10.1.2. Enjeu 2 – Accéder à la Cuvette

L'enjeu 2 est représenté sur la carte ci-dessous, aux côtés de l'enjeu 3. Ce deuxième enjeu concerne la mobilité pour accéder à la Cuvette ainsi que la mobilité interne. Le but ici est d'offrir d'autres solutions que la voiture pour circuler. En effet, comme vu dans le diagnostic, le moyen le plus pratique et prédominant pour accéder actuellement à la Cuvette est la voiture.

Pour le scénario 1 de projet, plusieurs modes de transport seront alors développés dans la Cuvette :

Bus : Les lignes de bus sont nombreuses et assez développées pour une bonne desserte. Cependant, les liaisons entre les arrêts de bus et la Cuvette doivent être retravaillées via d'autres modalités de transports afin d'inviter les usagers à utiliser les transports publics.

Train : Une ancienne halte ferroviaire est présente dans la Cuvette. Le projet est de la réhabiliter. Ce projet peut être mené à bien soit en créant un train « navette » entre la gare de Neuchâtel et la nouvelle gare de Vauseyon, soit en ajoutant un arrêt sur la ligne Neuchâtel-Gare – Corcelles-Peseux, étant le seul train à faible vitesse passant par la halte ferroviaire. De plus, cette halte est utilisée pour le transport de marchandises. De ce fait, les entreprises de l'Est de la Cuvette peuvent, en partie, être approvisionnées via le train.

Vélo : Plusieurs bandes cyclables existent sur les routes environnantes. Cela dit, une fois dans la Cuvette les vélos ne trouvent pas leur place. Le but ici est de créer des bandes cyclables afin d'augmenter l'utilisation du vélo par les usagers et ainsi réaliser le réseau cyclable du quartier, en le reliant avec celui des quartiers environnants. Néanmoins, ce mode de transport peut ne pas convenir à tout le monde à cause de la topographie du site.

Voiture : La possibilité d'accès en voiture perdure dans ce scénario. En effet, sur la carte figurent les routes accessibles en voiture ainsi que les bâtiments qu'elles peuvent atteindre. Le principal changement ici est la piétonnisation d'une des routes à l'Est. Cette limitation d'accès en voiture permet de développer un espace public et jou un rôle important dans le nouveau programme industriel de la Cuvette.

Parkings : Certains parkings existants seront toujours présents dans ce scénario. Cependant, une partie des parkings sera enlevée afin de mieux dimensionner les besoins et de libérer des espaces d'opportunité. De ce fait, la réduction des places de parking permettra également de restreindre cette modalité de transports pour les usagers qui n'en ont pas pleinement besoin et

donc de favoriser un transfert modal. Dans ce scénario, le ratio de 24% de parkings sur la surface totale passe à 9%.

Réseau de cheminement piéton : Les accès piétons bien établis sont prolongés à l'intérieur de la Cuvette via un cheminement piéton clair et distinct de la route. Ce cheminement permet de développer la mobilité piétonne et invite les usagers à venir en transports publics puis à pied. Ce mode de transport est moins sensible à la topographie que le vélo et peut donc persuader plus d'un usager. À l'Est de la Cuvette, ce réseau se transforme également en un véritable réseau d'espaces publics accompagnés d'aménagements urbains dédiés à la détente et aux rencontres. Le but ici est de démocratiser les déplacements faits à pied, que ce soit pour venir dans la Cuvette ou pour y circuler librement.

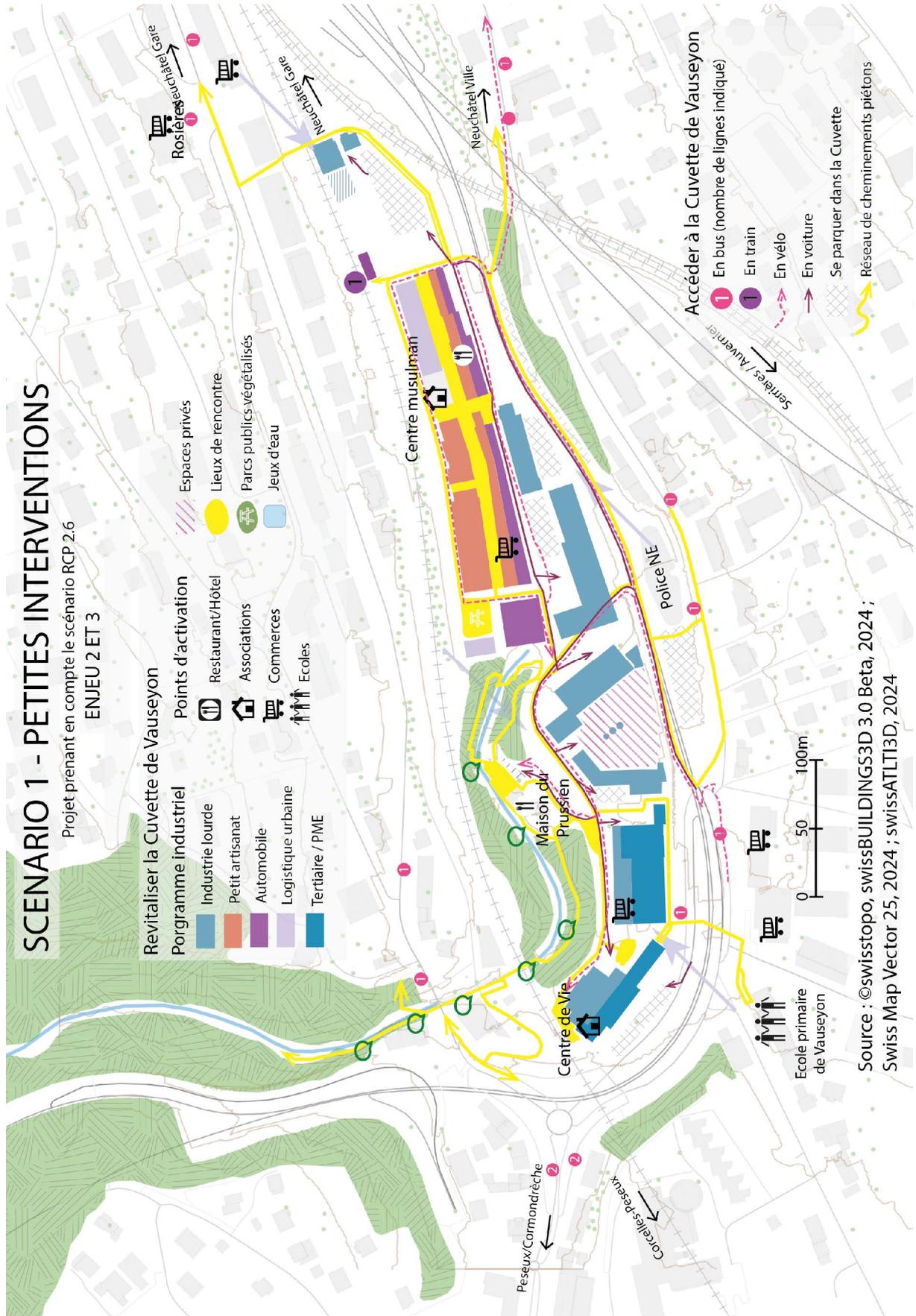


Figure 61 : Schéma de principes, scénario 1, enjeu 2 et 3 (Illustration personnelle)

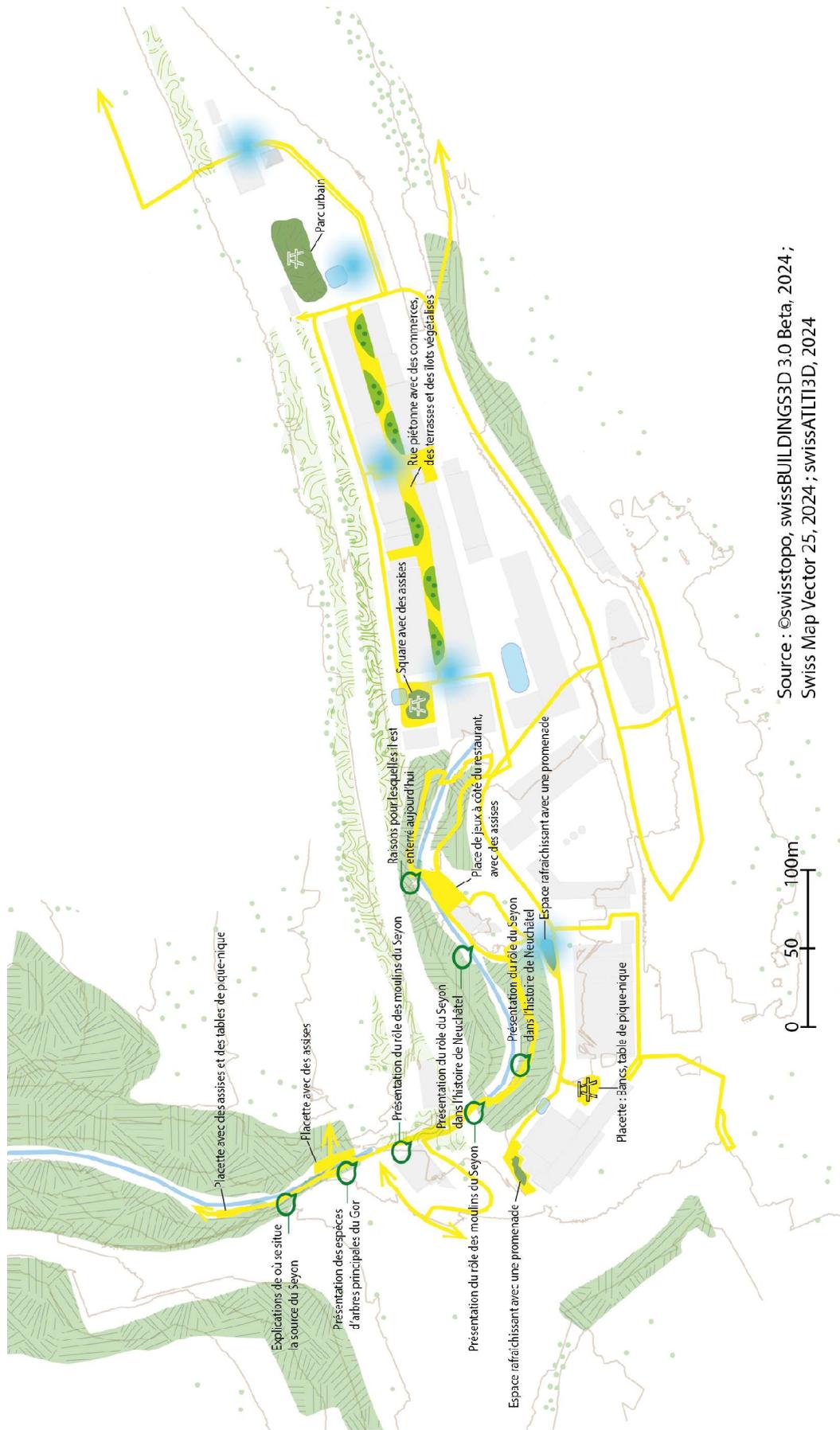
10.1.3. Enjeu 3 – Revitaliser la CdV

Les deux enjeux précédents ont permis de rendre la CdV plus agréable en termes de température et de mobilité. Maintenant, il s'agit de l'activer et d'installer des points d'intérêts plaisants pour ses usagers.

Programme industriel : Les différents secteurs présents actuellement sont conservés mais ils sont redistribués par rapport aux précédentes interventions. En effet, les mesures prises concernant la mobilité contraignent de déplacer certains secteurs, principalement dans la partie Est de la CdV. Ce déplacement concerne notamment les secteurs de l'automobile et l'industrie lourde, qui doivent être disposés dans des bâtiments accessibles en voiture. De ce fait, dans la partie Est, un développement important du petit artisanat au détriment de l'industrie lourde est préconisé. Le petit artisanat peut perdurer grâce à la réhabilitation de la gare et la livraison de marchandise via le train. Un espace de logistique urbaine est installé à ses côtés afin de gérer les marchandises et leur redistribution. Ensuite, dans les endroits accessibles en voiture, les secteurs de l'automobile et de l'industrie lourde sont disposés afin de conserver la plupart des entreprises présentes actuellement. Puis, dans la partie Est, l'industrie lourde existante peut continuer à s'approvisionner via la route. Cela dit, plusieurs espaces réservés au secteur tertiaire et aux PME sont mis en place, notamment aux endroits accessibles facilement en transports publics, afin que les travailleurs puissent venir en mobilité douce.

Points d'activation : Des commerces et un restaurant sont ouverts de part et d'autre de la Cuvette afin d'offrir aux travailleurs un endroit où acheter leur repas de midi. De ce fait, pendant leur pause ils ne sont pas dans l'obligation de ressortir de la Cuvette pour aller acheter à manger. Les commerces et le nouveau restaurant auront la possibilité d'avoir un petit café avec une terrasse donnant sur les rues de la Cuvette. De plus, les associations existantes et la Maison du Prussien ne sont pas touchées, afin de préserver les lieux d'activation existants.

Espaces publics : Les parcs, placettes, square, espaces rafraîchissants et les panneaux explicatifs de l'histoire du Seyon sont répertoriés sur le schéma ci-dessous. Ces derniers ont pour but d'activer le site et ils dialoguent les uns avec les autres à l'aide du réseau de cheminement piéton.



Source : ©swisstopo, swissBUILDINGS3D 3.0 Beta, 2024 ;
Swiss Map Vector 25, 2024 ; swissATL13D, 2024

Figure 62 : Schéma d'espaces publics, scénario 1 (Illustration personnelle)

10.2. Scénario de projet 2 – hypothèse de réponse face au scénario RCP 8.5

Le deuxième scénario de projet prend en compte le scénario RCP 8.5. Ici, les mesures climatiques seront davantage marquées. Pour rappel, le scénario RCP 8.5 prévoit, à l'horizon 2085, une augmentation des températures de 7,2°C. Cette augmentation ne peut être viable sans de grandes interventions sur les espaces urbanisés.

Cependant, plusieurs mesures sont communes avec celles du scénario 1 de projet. De ce fait, seules les mesures supplémentaires seront présentées dans cette partie.

10.2.1. Enjeu 1 – Rafraîchir la Cuvette

Parcs intégrés au réseau d'espaces publics : Dans le 2^e scénario de projet, le nombre de parcs intégrés au réseau d'espaces publics a augmenté. Ces parcs et squares se situent de part et d'autre de la Cuvette afin de végétaliser encore plus cette dernière. Le but est également d'offrir des espaces frais aux usagers afin de rendre le lieu plus agréable à vivre, en considérant les températures annoncées pour l'avenir. Le parc situé à l'Ouest de la Cuvette, sur l'ancien espace privé des entreprises industriels l'entourant, est imaginé avec des plantations ainsi qu'un réseau de cheminements piétons pour faciliter sa traversée. De plus, une enveloppe pour cette structure végétale est installée afin que ce parc se fonde parfaitement dans le paysage anciennement très industriel (référence 9).

Espaces agroécologiques : Un grand espace agroécologique est inséré dans la Cuvette en remplacement de l'ancien parking. Cet espace est approvisionné en eau via le ruissellement des eaux de pluie filtrées par les fosses de Stockholm. De ce fait, cela permet de réduire l'aléa du ruissellement et d'augmenter la qualité des sols grâce à la plantation de nombreuses espèces.

5^e façade : Les toits sont davantage mobilisés étant pour la plupart soit végétalisés soit munis de panneaux solaires. Le but est d'exploiter au maximum cette 5^e façade dans le projet.

Intervention sur le bâti existant : Les seules interventions sur le bâti consistent à créer des passages voutés dans le bâti afin de souder le réseau de cheminement piéton et d'améliorer la circulation de l'air. Le choix de ne pas intervenir davantage sur le bâti est pris tout en considérant qu'un projet à des fins durables doit également prendre en compte l'énergie dépensée à sa mise en place et à sa construction.

Toiles thermiques : Les toiles thermiques sont installées dans les rues en bénéficiant ni d'ombre ni de bonne ventilation. Ces dernières ont pour but d'offrir de l'ombre aux usagers et, de ce fait, de réduire les températures. Effectivement, comme vu dans la partie des résultats des

relevés des températures, les capteurs constamment à l'ombre sont nettement plus frais, même si l'ombre n'est pas végétale. Les toiles pourront prendre plusieurs formes en fonction de leur emplacement, cela pourra varier entre toiles en tissu ou structure solide (référence 10, 11, 12).

9

MEELFABRIEK

LEIDEN, PAYS-BAS, 2024

PARC URBAIN	LOLA LANDSCAPE ARCHITECTS
-------------	---------------------------



Ce parc urbain correspond à un oasis vert au cœur d'un centre ancien centre industriel.

Ce parc est en réalité une large peinture naturelle qui évolue au fil des saisons grâce choix des espèces présentes.

10

PUERTA DEL SOL

MADRID, ESPAGNE

TOILES THERMIQUES



Ces toiles thermiques accompagnent les rues partant de la place Puerta Del Sol.

Cette ombre permet de rafraîchir les rues commerciales et de les rendre plus agréables.

11

DONGHŪ PARK

SHANGAI, CHINE, 2017

OMBRE	DLC
-------	-----



Il s'agit d'une structure linéaire et organique. Cette dernière offre des assises bénéficiant de son ombre.

Ce type de structure s'adapte parfaitement à des réaménagements de rues piétonnes.

12

GARSCÜBE LANDSCAPE LINK

GLASCOW, ECOSSE, 2010

OMBRE	RANKINIFRASER LANDSCAPE ARCHITECTURE ET 7N ARCHITECTS
-------	---



Il s'agit d'une intervention artistique profitant de l'ombre offerte par un pont passant au-dessus de l'espace public créé.

Cet espace est créé au profit des cycliste et des piétons

Figure 63 : Références de projet 3 (Illustration personnelle)

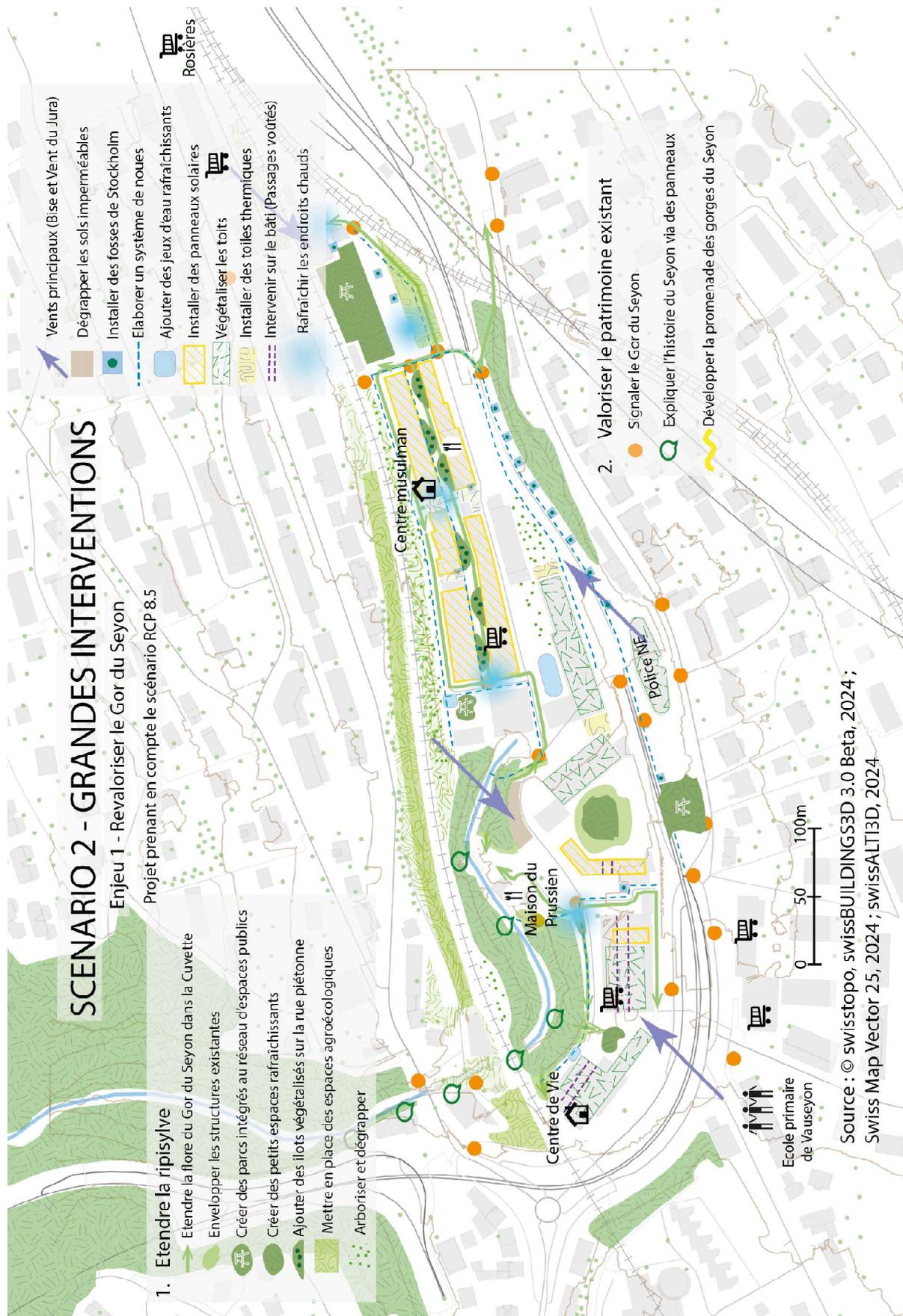


Figure 64 : Schéma de principes, scénario 2, enjeu 1 (Illustration personnelle)

10.2.2. Enjeu 2 – Accéder à la CdV

Sur la carte ci-dessous, les enjeux 2 et 3 sont illustrés. Dans cette partie, il s'agira de discuter des mesures prises concernant l'enjeu 2. Ces dernières seront plus radicales que dans le 1^e scénario de projet.

Partie Est : La partie Est de la Cuvette n'est plus accessible en voiture. En effet, les routes sont piétonnisées et rendues praticables pour le vélo également. Ce changement permet de dégrapper les sols et de les rendre perméables pour la plupart. Aussi, cela a un impact sur le développement des espaces publics étant donné les nombreux espaces d'opportunité libérés.

Parkings : Les parkings sont à nouveau redimensionnés. Le seul parking persistant dans la Cuvette est celui qui dessert la Maison du Prussien. Le parking situé à l'Ouest en amont de la Cuvette est également conservé. De plus, un parking silo à côté du bâtiment de la Police Neuchâteloise est installé afin de permettre aux usagers de se parquer en dehors de la Cuvette et de se déplacer ensuite à pied à l'intérieur de cette dernière. Ce parking silo permettra à la fois de contenir les nuisances liées au trafic et d'activer les espaces publics et cheminements piétons en créant du passage. Avec ces nouvelles interventions, la surface de parkings par rapport à la surface totale de la Cuvette passe à moins de 2%.

Nouvelle passerelle : La passerelle située tout à l'Est de la Cuvette est empruntable par les vélos. De ce fait, il faut la reconstruire afin de créer une rampe et non des escaliers. Ce nouvel accès facilité permet aux vélos de traverser complètement la Cuvette sans être bloqués par les infrastructures non adaptées.

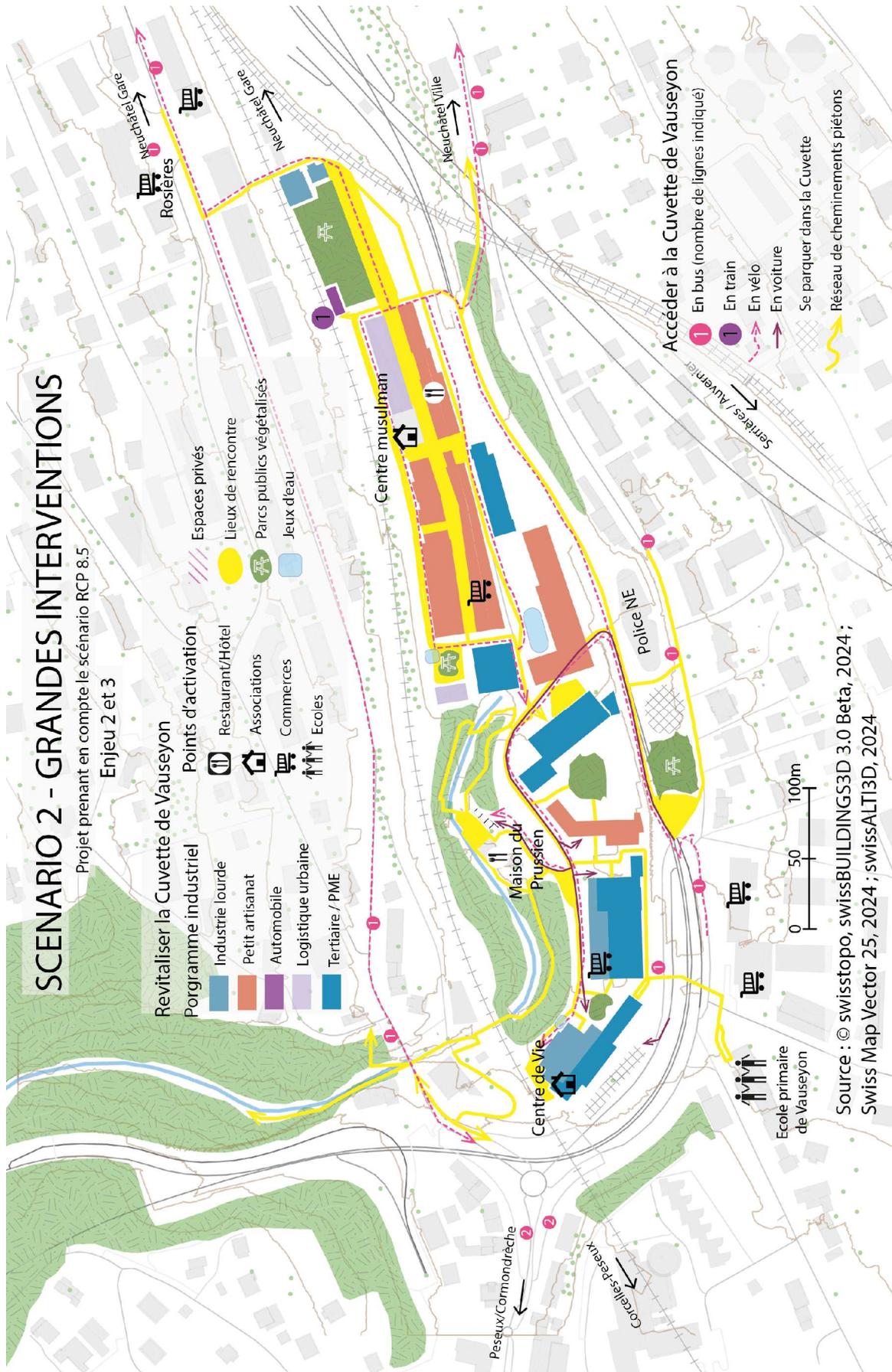


Figure 65 : Schéma de principes, scénario 2, enjeu 2 et 3 (Illustration personnelle)

10.2.3. Enjeu 3 – Revitaliser la CdV

Comme pour le 1^e scénario, l'enjeu 3 répond aux interventions faites pour les deux premiers enjeux. En effet, les programmes de végétalisation et de transfert modal ont un impact direct sur le programme industriel de la Cuvette.

Programme industriel : La partie Est étant piétonnisée et non accessible en voiture, oblige les secteurs de l'automobile et de l'industrie lourde à se retirer. De ce fait, le petit artisanat, desservi par le train, ainsi que le secteur tertiaire et les PME s'installeront dans la partie Est. En ce qui concerne la partie Ouest, le programme change également. Le nouveau parc ainsi que les passages voutés ne permettent pas de maintenir l'industrie lourde partout. De ce fait, du petit artisanat s'installe également aux côtés du tertiaire et des PME, réduisant la place pour l'industrie lourde. L'industrie lourde est placée en fonction de la bonne desserte via les routes ainsi que la place à disposition dans et devant les bâtiments pour entreposer et accueillir les livraisons de marchandises.

Lieux de rencontre et parcs publics : Davantage d'espaces publics et de parcs publics sont installés dans ce scénario, comme illustré sur le schéma ci-dessous.

11. Simulation des températures

11.1. Présentation des résultats et discussion

La dernière partie de l'analyse de cette recherche concerne l'utilisation d'un outil de simulation afin de tester les deux scénarios de projet et de pouvoir répondre à la dernière hypothèse :

Les mesures d'adaptation préconisées par l'OFEV sont efficaces et validées par des logiciels de simulation de températures.

L'outil de simulation de températures utilisé est l'extension ICEtool sur QGIS. Le fonctionnement de cette extension est développé dans la partie 5.5. Simulation de températures selon les scénarios de projet.

Les deux scénarios de projet, ainsi que la situation actuelle, ont été modélisés dans QGIS sous formes de couches vectorielles renseignant les informations nécessaires pour la simulation à savoir :

- Une couche vectorielle de l'emprise du projet
- Une couche vectorielle des bâtiments effectuée à l'aide de swissBUILDINGS 3D pour la forme des bâtiments et de swissSURFACES 3D pour la hauteur de ces derniers.
- Une couche vectorielle des arbres effectuée à l'aide de Swiss Map Vector 25 pour l'emplacement des arbres et de swissSURFACES 3D pour la hauteur de ces derniers. Le rayon des arbres a été renseigné manuellement par approximation à l'aide d'une orthophoto SWISSIMAGE 10 cm.
- Une couche vectorielle des surfaces renseignée manuellement à l'aide d'une orthophoto SWISSIMAGE 10 cm. Les valeurs nécessaires à la simulation (albedo, émissivité, etc.) sont renseignées grâce à un tableau fourni par ICEtool.

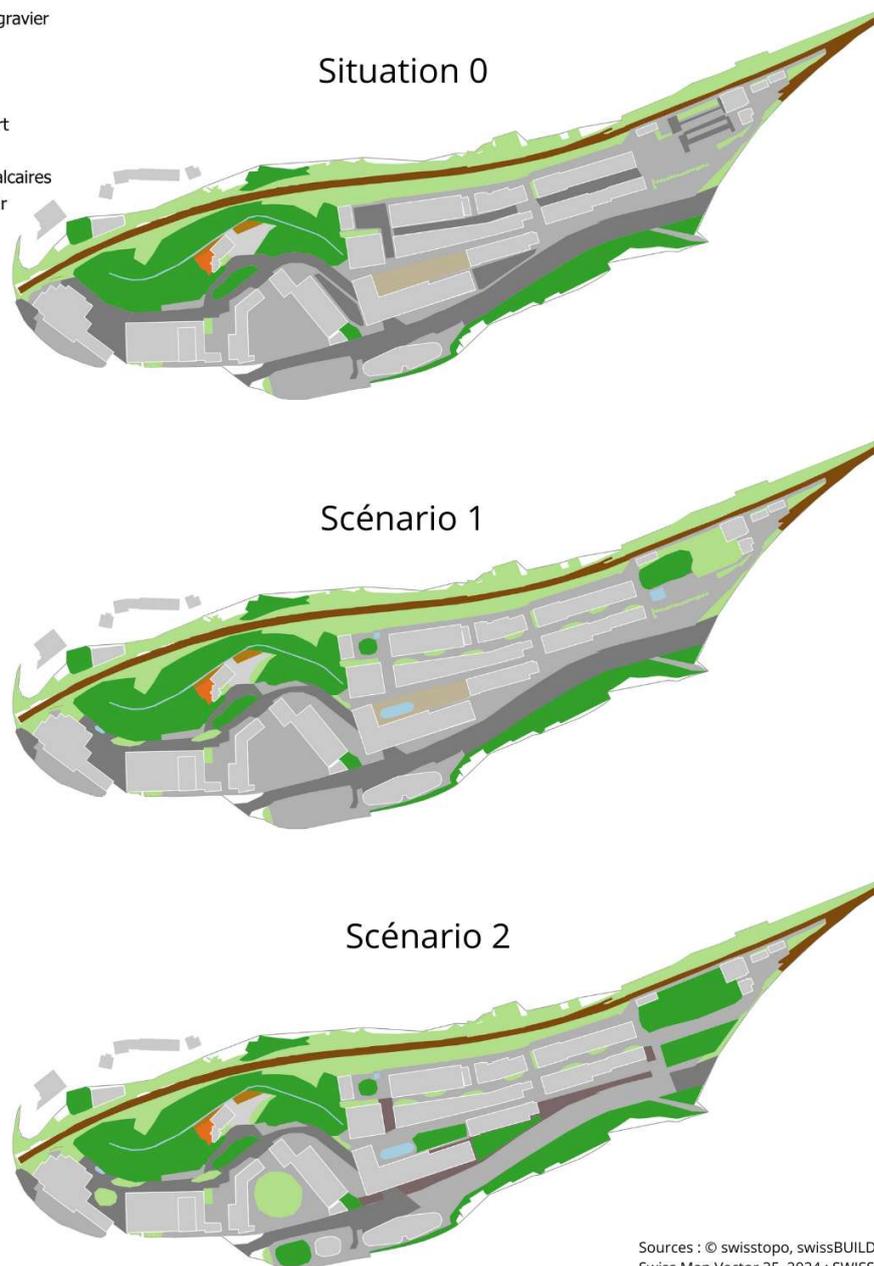
Ensuite, les températures fournies à la simulation sont celles collectées à l'aide des capteurs de température installés dans le cadre de cette recherche. Ici, l'analyse se porte sur le 11 août 2024, un des jours identifiés comme le plus chaud du mois d'août dans la partie 9. Résultats des relevés des capteurs de température. De ce fait, une moyenne des 8 capteurs par heure couvrant toute la journée du 11 août est élaboré pour la simulation.

L'évolution des surfaces et de la canopée pour la situation 0, le scénario 1 et le scénario 2 sont illustrés ci-dessous :

Matériaux de revêtement

- Asphalte
- Béton
- Béton et gravier
- Catelle
- Eau
- Forêt
- Gazon vert
- Granit
- Roches calcaires
- Béton clair
- Quartzite
- Asphalte

Evolution des surfaces



Sources : © swisstopo, swissBUILDINGS 3D Beta, 2024 ;
Swiss Map Vector 25, 2024 ; SWISSIMAGE 10 cm, 2021

Figure 67 : Schéma de l'évolution des matériaux de revêtement (Illustration personnelle)

Ici, l'évolution des surfaces, telles qu'elles sont modélisées pour la simulation, est illustrée. Les principales différences sont l'implantation d'un système de parcs dans la friche ainsi qu'un dégrappage, notamment pour la partie Est. De plus dans le scénario de projet 2, la route descendant dans la partie Est est rendu inaccessible pour les automobiles, ce qui permet de remplacer l'asphalte existante par du béton cyclable, plus clair que l'asphalte et donc plus frais.

Evolution de la canopée

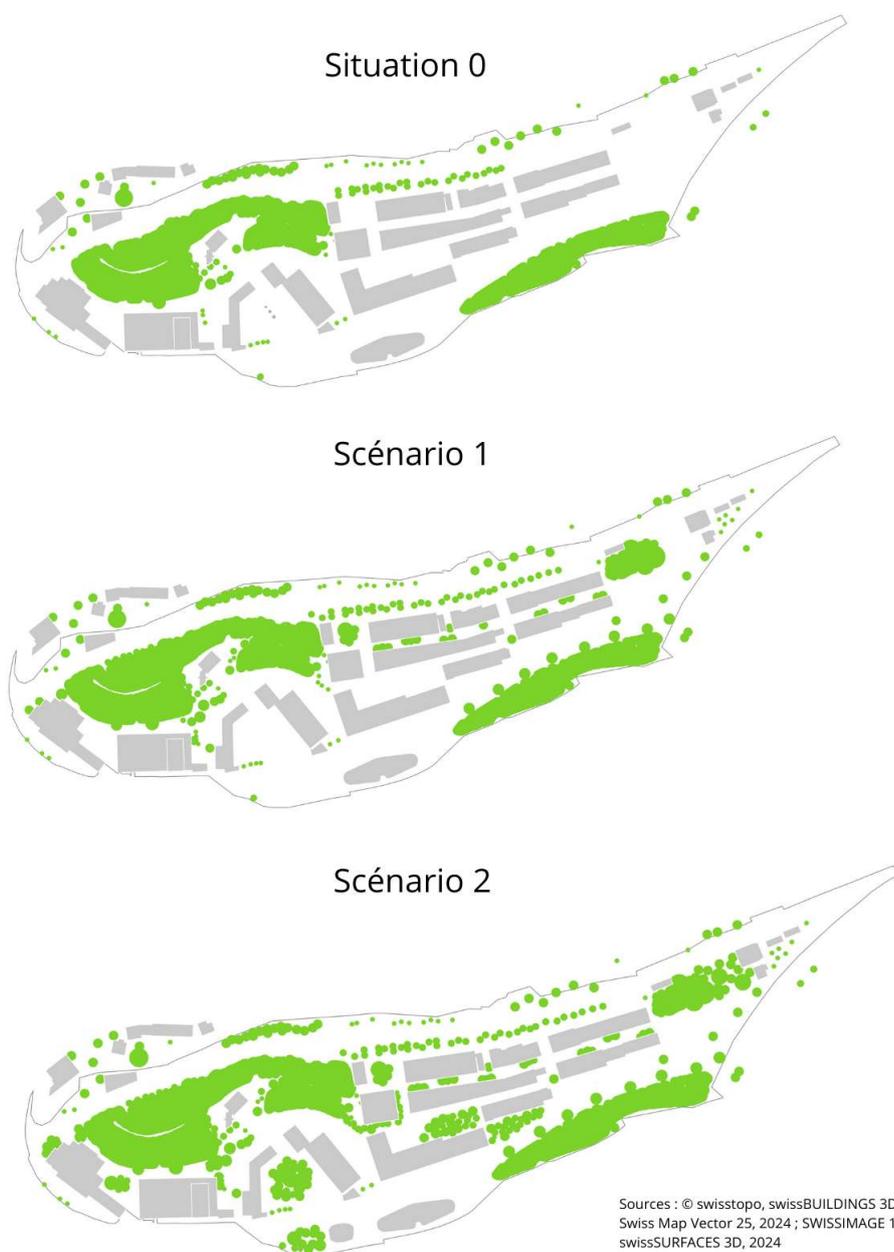


Figure 68 : Schéma de l'évolution de la canopée (Illustration personnelle)

L'évolution de la canopée est progressive entre le scénario 1 et 2 de projet. L'arborisation voulue a pour but de développer les essences de la ripisylve du Seyon au sein de la CdV. Le rayon et la hauteur des nouveaux arbres sont inspirés de ceux existants dans le milieu industriel de la CdV afin de maintenir une cohérence et une harmonie dans le paysage. Cette arborisation est développée à l'aide d'une pépinière afin de bénéficier au plus vite des bienfaits rafraichissants.

Les résultats de la simulation sont présentés pour chacun des scénarios ci-dessous. La représentation est faite en soustrayant les températures simulées pour chacun des scénarios avec les températures simulées de la situation actuelle. De ce fait, la lisibilité de ces cartes et la comparaison entre les nouveaux aménagements et les aménagements actuels sont claires. De plus, une axonométrie est présentée à la suite des cartes, comportant les interventions du scénario 2 et les diminutions de températures. Les changements de températures ont des explications similaires pour les deux scénarios. De ce fait, la discussion sur ces résultats est commune afin d'éviter une analyse redondante.

Premièrement, les changements de températures traduisent l'implantation du système de parcs dans la CdV et explicitent ses bénéfices. En effet, à chaque endroit où un parc est installé, les températures diminuent considérablement. Aussi, la création d'enveloppe verte pour les structures existantes permet de diffuser les températures de la ripisylve sur la CdV en diminuant ces dernières de 4 à 10°C. Cependant, la végétalisation par arborisation possède un effet rafraichissant plus discret mais tout de même considérable. L'endroit où l'arborisation est la plus bénéfique se situe sur la partie Est dans le scénario 2 de projet. En effet, le changement de matériau de revêtement ajouté à l'arborisation permet de perdre 15 à 7°C.

Ensuite, les modifications de matériau de revêtement ont un impact direct sur les températures. Par exemple, dans la partie Est de la CdV, le fait de remplacer l'asphalte existant par du béton drainant permet de diminuer les températures de 4 à 7°C. Aussi, la construction du parking silo ne détériore pas les autres mesures prises pour diminuer les températures, dans le scénario 2.

Puis, l'implantation de jeux d'eau alimentés par le système de noues détaillé dans la partie 10. Projet de composition entraîne une perte de 15 à 10°C tout en animant la CdV et en régulant l'aléa du ruissellement.

Pour conclure, les deux scénarios de projet sont satisfaisants d'après la simulation de températures car ils incluent des diminutions des températures locales considérables. Les résultats pour le scénario 1, impliquant de petites interventions, prouvent que l'élaboration d'un projet de composition de petite envergure et à un coût raisonnable avance tout de même des résultats satisfaisants. Le scénario 2, composé d'interventions plus grandes, permet de diminuer davantage les températures et de développer la résilience de la CdV en vue des températures futures.

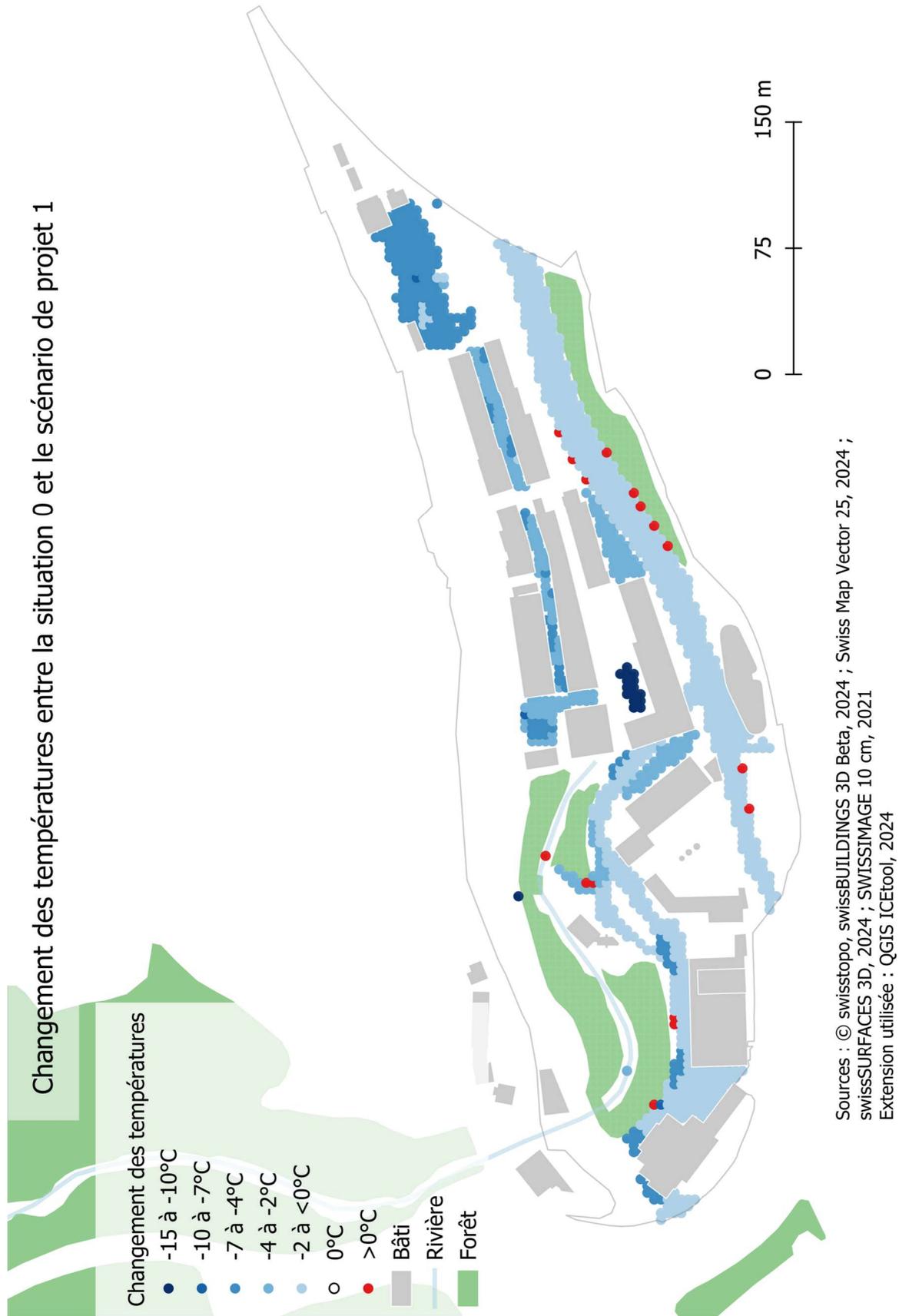


Figure 69 : Cartographie des changements de températures, scénario 1 (Illustration personnelle)

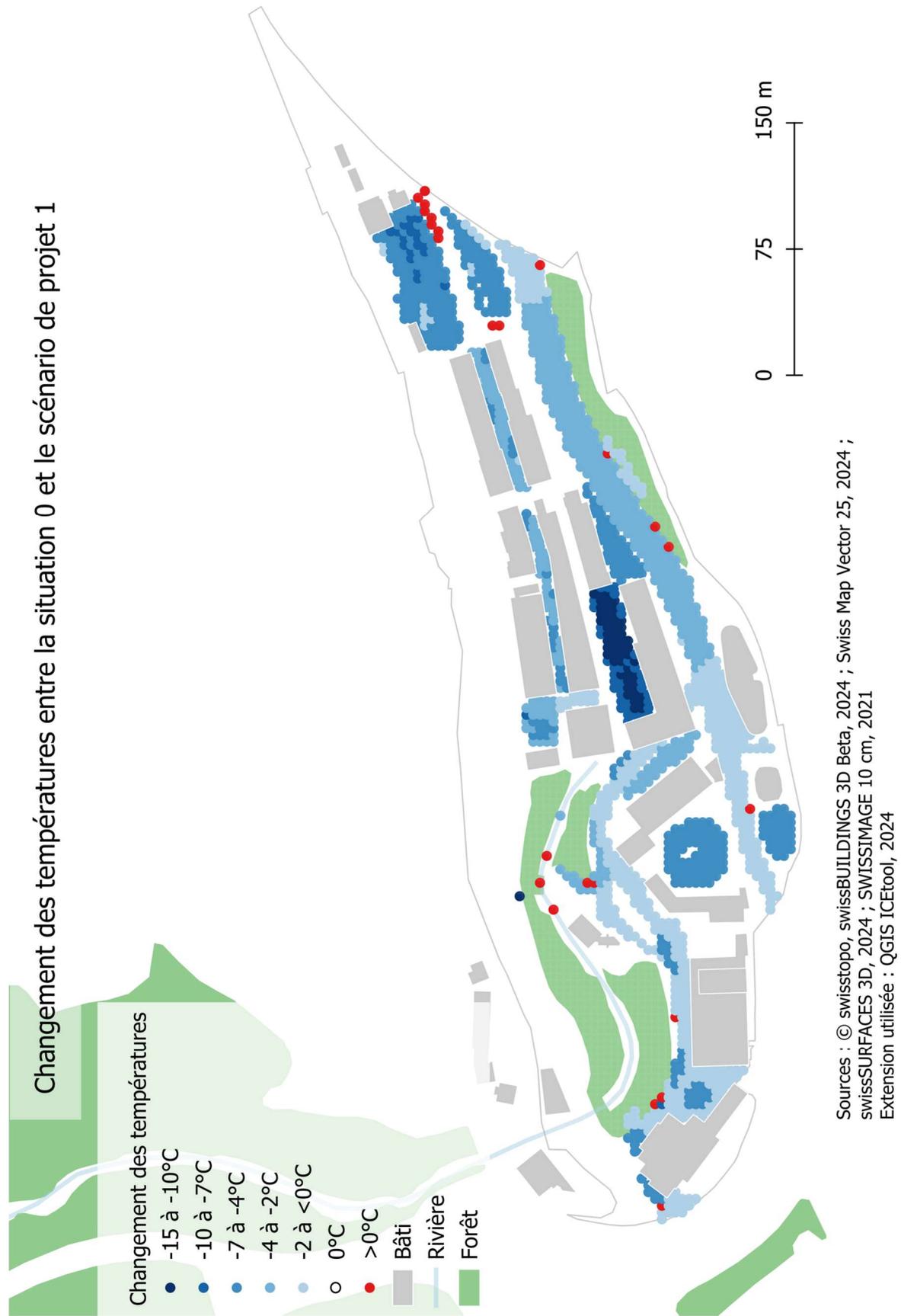


Figure 70 : Cartographie des changements de températures, scénario 2 (Illustration personnelle)



Figure 71 : Axonométrie de projet du scénario 2 (Illustration personnelle)

11.2. Limites de la simulation

L'extension ICEtool possède plusieurs limites dans le cadre de cette recherche. La modélisation se fait en deux dimensions et ne permet pas de modéliser les passages voûtés pensés dans le scénario de projet 2. De ce fait, les bénéfices en termes de températures ne peuvent pas être prouvés. De plus, elle ne permet pas de modéliser les toiles thermiques imaginées dans le scénario 2 également.

Ces limites restreignent la réponse à la troisième hypothèse car ces deux éléments font partie des mesures préconisées par l'OFEV. De ce fait, seules les mesures concernant la végétalisation, le couvert végétal ainsi que le choix des matériaux de revêtement sont ici testées. Néanmoins, dans la partie 9. Résultats des relevés des capteurs de température, il est prouvé que la présence d'ombre, même non végétale, permet de diminuer l'ICU potentiel.

Conclusion

Les changements climatiques et l'intensification des îlots de chaleur urbains (ICU) représentent un défi majeur pour les villes. Une planification urbaine durable est essentielle pour renforcer la résilience des populations face aux températures futures. Cette recherche démontre l'importance d'intégrer des mesures d'adaptation et d'atténuation dans les documents officiels et dans les projets de composition urbaine afin de garantir un confort de vie satisfaisant.

Les résultats obtenus permettent d'invalider la première hypothèse, révélant que la représentation des mesures d'adaptation dans les documents officiels, tels que le Plan Climat cantonal et le PdTNE, s'avère insuffisante. Ce résultat peut être lié à l'emprise du territoire que couvrent ces documents officiels. Néanmoins, cela souligne la nécessité de développer des outils plus précis et adaptés à des échelles territoriales réduites, en particulier pour des espaces fusionnés, tels que la commune de la Ville de Neuchâtel.

La deuxième hypothèse stipulant que la CdV constitue un îlot de fraîcheur dont la Ville doit profiter est confirmée. En effet, l'installation de capteurs de température à divers endroits a mis en lumière la disparité des températures entre le milieu industriel et le milieu naturel cohabitant dans la CdV. Des différences de températures dépassant 20°C ont été enregistrées lors des pics journaliers de températures. Cela démontre la stabilité thermique des milieux végétalisés face aux chaleurs extrêmes ressenties en milieu urbain.

Enfin, la troisième et dernière hypothèse porte sur l'apport considérable des outils de simulation de températures et leur capacité à confirmer les mesures d'adaptation préconisées par l'OFEV. La méthodologie multiple déployée, passant par un projet de composition urbaine puis par sa modélisation afin de le tester à l'aide d'une simulation de températures permet de valider cette hypothèse. En effet, les mesures testées lors de cette simulation à savoir les changements de matériaux de revêtement et la végétalisation annoncent une diminution des températures locales satisfaisante. Ces outils constituent un levier précieux pour la pesée des intérêts dans les projets urbains, en fournissant des données objectives sur l'impact climatique des aménagements envisagés. Cependant, ils ne suffisent pas à orienter les décisions, leur usage devant s'inscrire dans une approche globale combinant analyses quantitatives et considérations qualitatives liées au cadre de vie.

Par ailleurs, cette recherche présente certaines limites. Les capteurs de température ont parfois été influencés par leur support, et la simulation n'a pas modélisé les toiles thermiques et

passages voûtés imaginés pour améliorer la circulation de l'air. Toutefois, les résultats démontrent que la végétalisation et les modifications de revêtements suffisent déjà à réduire significativement les ICU, et que l'ajout des autres mesures amplifierait ces bénéfices.

La mise en évidence de la disparité thermique au sein de la CdV souligne l'importance cruciale d'intégrer des mesures d'adaptation dans les projets urbains. Les outils de simulation, bien qu'imparfaits, se révèlent être des leviers précieux pour tester de manière itérative les projets de composition urbaine et valider les stratégies d'adaptation avant leur mise en œuvre.

Cette recherche recommande pour l'avenir l'élaboration d'un plan plus spécifique et couvrant un territoire plus restreint afin d'intégrer de manière systématique les mesures préconisées et les attentes climatiques. Cela encouragerait une approche homogène et résiliente à l'échelle des territoires. Aussi, l'utilisation de capteurs thermiques afin de connaître les températures locales de manière précise est également préconisée. Cette approche permet de traiter des espaces souffrant d'ICU en le quantifiant afin de mieux le combattre. De plus, le déploiement des outils de simulation de températures par les communes et les bureaux privés en amont d'une validation de projet de composition urbaine est recommandé sur la base de cette recherche. Enfin, les outils de simulation de températures peuvent, par la suite, s'ouvrir à d'autres enjeux urbains tels que la qualité des espaces publics, l'amélioration de la mobilité, la pertinence des programmes industriels ou encore l'efficacité des dispositifs d'activation urbaine, en déployant une méthode globale afin de tester les projets de composition urbaine dans leur totalité.

Pour conclure, et afin de lutter efficacement contre les ICU, les villes doivent s'appuyer sur des outils modernes pour mettre en œuvre des mesures d'adaptation aux changements climatiques, adaptées aux températures futures et à la vulnérabilité des populations face à ces projections.

Bibliographie

Agence européenne pour l'environnement (AEE). (2012). *Urban adaptation to climate change in Europe: challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies*, Publications Office. DOI :10.2800/41895

Andres, L. & Bochet, B. (2010). *Ville durable, ville mutable : quelle convergence en France et en Suisse ?*. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 729-746. <https://doi.org/10.3917/reru.104.0729>

Andres, L. & Grésillon, B. (2011). Les figures de la friche dans les villes culturelles et créatives : regards croisés européens. *Espace géographique*, 40(1), 15-30.

Anquez, P. & Herlem, A. (2011). *Les îlots de chaleur dans la région métropolitaine de Montréal : causes, impacts et solutions*. Chaire de responsabilité sociale et de développement durable, UQAM.

Arab, N. (2018). Pour une théorie du projet en urbanisme. *Revue européenne des sciences sociales*, 56(1), 219-240.

ARE (2008), Les friches industrielles et artisanales de Suisse. Reporting 2008

Ayat-Allah Bouramdane. « Pourquoi l'Atténuation et l'Adaptation aux Changements Climatiques sont Complémentaires ? », 10 novembre 2022. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7594404>.

Barriopedro, D., Fischer, E. M., Luterbacher, J., Trigo, R. M., & Garcia-Herrera, R. (2011). The hot summer of 2010: Redrawing the temperature record map of Europe. *Science*, 332(6026), 220–224. DOI : 10.1126/science.1201224

Barles, S. (2002). Le métabolisme urbain et la question écologique. *Les Annales de la recherche urbaine*, 92(1), 143-150. <https://doi.org/10.3406/aru.2002.2469>

Barles, S. (2010). Écologies urbaines, industrielle et territoriale. Dans O. Coutard et J.-P. Lévy (dir.), *Écologies Urbaines* (p. 61-83). Paris : Economica.

Berdoulay, V. et Soubeyran, O. (2002). Un « vaste programme ». Dans V. Berdoulay et O. Soubeyran (dir.), *L'écologie urbaine et l'urbanisme* (p. 21-50). Paris : La Découverte.

Bonard, Y. (2006). Enjeux et limites de la participation en aménagement du territoire. *Urbia, Les cahiers du développement urbain durable*, (3), 95-111.

Breuillé, M.-L., Le Gallo, J., & Bretagnolle, A. (2022). Les bénéfices de la densification urbaine : *Regards croisés sur l'économie*, n° 28(1), 170-177. <https://doi.org/10.3917/rce.028.0170>

Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., ... Péan, C. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland. (First). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>

Barry, R. G., & Chorley, R. J. (2009). *Atmosphere, weather, and climate* (9th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203872636>

BetterStudy. (n.d.). *Quelle est la structure économique de la Suisse ?*. Récupéré le 27 décembre 2024, de <https://blog.betterstudy.ch/structure-economique-suisse>

Canton de Neuchâtel. (2024). *Plan climat cantonal* [Brochure]. Repéré à l'adresse : https://www.ne.ch/autorites/DDTE/agenda21/Documents/2024_05_27_PlanClimat1_Flyer.pdf

Canton de Neuchâtel. (n.d.). *Plan climat cantonal*. Repéré à l'adresse <https://www.ne.ch/autorites/DDTE/agenda21/Pages/Plan-climat.aspx>

CHALINE, C. (1999) *La régénération urbaine*, Paris, collection Que-sais-je n° 3496, PUF. 127 p.

Christopherson, R. W., Birkeland, G. H., & Byrne, M.-L. (2019). *Geosystems: An introduction to physical geography* (10th ed.). Pearson. <https://www.pearson.com>

Collins, W., Colleman, R., Haywood, J., Manning, M., & Mote, P. (s. d.). *Réchauffement climatique : Le temps des certitudes*.

Crevaschi, M. (2022). *Ville du quart d'heure, ville des GAFA ? Métropolitiques. eu*.

Cunha, A. D., & Delabarre, M. (s. d.). —*NOUVELLES ÉCOLOGIES URBAINES, FORMES ENVIRONNEMENTALES ET HABITABILITÉ : VERS UN URBANISME AU CONTACT DU VIVANT*.

Cunha, Antonio DA. « NOUVELLE ÉCOLOGIE URBAINE ET URBANISME DURABLE. DE L'IMPÉRATIF ÉCOLOGIQUE À LA QUALITÉ URBAINE », 2015.

Da Cunha, A. (2015). *Nouvelle écologie urbaine et urbanisme durable. De l'impératif écologique à la qualité urbaine*. Bulletin de la Société Géographique de Liège, (65), 5-25. <http://popups.ulg.ac.be/0770-7576/index.php?id=4116>

Delabarre, M., & Dugua, B. (2017). *Faire la ville par le projet*. Presses polytechniques et universitaires romandes.

Delabarre, Muriel, (2023). *Trame de fraîcheur*. Métispresse.

Delabarre, M. (2013). *Natures plurielles, pour une contribution à l'habitabilité de l'espace public contemporain* (Thèse de doctorat, Université Pierre Mendès France, Grenoble).

Desgrandchamps, Guy, Marylène Ferrand, Jean-Michel Léger, et Bernard Le Roy. « Lotir les lotissements. Conditions architecturales, urbanistiques et sociologiques de la densification douce de l’habitat individuel », s. d.

Desmet, Amandine. « L’exploitation des toitures plates : une réponse à la problématique de densification urbaine ? », 2019.

Dubois, C. (2014). *Adapter les quartiers et les bâtiments au réchauffement climatique ; une feuille de route pour les architectes et les designers urbains québécois*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2909.1042>

Dufour, Q. Les friches urbaines: entre renouvellement urbain et re-développement territorial.

Dureau, F. et Lévy, J.-P. (2010). Morphologie urbaine et consommations énergétiques : un éclairage à partir de la recherche française. Dans O. Coutard et J.-P. Lévy (dir.), *Écologies Urbaines* (p. 84-101). Paris : Economica.

Elioth. (n.d.). *ICE database* [Data set]. Repéré à : https://gitlab.com/elioth/ice/-/blob/main/ICE_database/ICE_database.csv?ref_type=heads

Emelianoff, C. (2007). La ville durable : l'hypothèse d'un tournant urbanistique en Europe. *L'Information géographique*, 71(3), 48-65. DOI : 10.3917/lig.713.0048.

Erell, E., Pearlmutter, D., & Williamson, T. (2011). *Urban microclimate: Designing the spaces between buildings*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203932699>

Erkman, S. (2004). *Vers une écologie industrielle* (2e éd.). Charles Léopold Mayer.

Evrard, Arthur. « Art-Ev/ICEtool ». Python, 24 octobre 2023. <https://github.com/Art-Ev/ICEtool>.

Evrard, Arthur. (2022). *HOW TO ICEtool (French)* [Documentation]. Retrieved November 27, 2024, from https://github.com/Art-Ev/ICEtool/blob/main/Scripts/Docs/HOW_TO_french.pdf

Fallot, J.-M. (2023). Master en géographie orientation urbanisme durable : Gestion de la qualité de l'air.

Forman, R. T. T. (2014). *Urban Ecology: Science of Cities*. Cambridge University Press.

Gandy, M. (2015). From urban ecology to ecological urbanism: An ambiguous trajectory. *Area*, 47(2), 150-154.

GOR. (n.d.). *Histoire*. Consulté à l'adresse <https://www.gor.ch/histoire>

Grize, L., Huss, A., Thommen, O., Schindler, C. et Braun-Fahrländer, C. (2005). Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. *Swiss Medical Weekly*, 135(13–14), 200–205. DOI :10.4414/smw.2016.14379

Honjo, T., & Takakura, T. (1986). *The Flow over Inhomogeneous Surfaces (I) A Pulse Change in Surface Roughness under Neutrally Stratified Conditions*. *Journal of Agricultural Meteorology*, 42(2), 137-143.

Honjo, T., & Takakura, T. (1990). *Simulation of Thermal Effects of Urban Green Areas on Their Surrounding Areas*. *Energy and Buildings*, 15(3-4), 443-446.

Hunt, A., & Watkiss, P. (2011). Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature. *Climatic change*, 104(1), 13-49.

Ingallina, P. (2013). *Le projet urbain*. QUE SAIS-JE.

Ipcc. (2022). *Global Warming of 1.5°C: IPCC Special Report on Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels in Context of Strengthening Response to Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty* (1^{re} éd.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157940>

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Repéré à https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf

IPCC. (2018). *Summary for Policymakers. Dans Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland. Repéré à https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf

Ingo Kowarik, « Cities and wilderness. A new perspective », *International Journal of Wilderness*, vol.19, n°3, 2013

Janin, C., & Andres, L. (2008). Les friches : espaces en marge ou marges de manœuvre pour l'aménagement des territoires ? In *Annales de géographie* (No. 5, pp. 62-81). Cairn/Isako.

Kovats, R. S., Hajat, S. (2008). Heat Stress and Public Health: A Critical Review. *Annual Review of Public Health*, 29(1), 41-55. DOI :10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090843

Lévy, J.-P. (2010). Ville et environnement : pour un changement de paradigme. Dans O. Coutard et J.-P. Lévy (dir.), *Écologies Urbaines* (p. 3-14), Paris : Economica.

Lhomme, S., Serre, D., Diab, Y. et Laganier, R. (2010). Les réseaux techniques face aux inondations ou comment définir des indicateurs de performance de ces réseaux pour évaluer la résilience urbaine. *Bulletin de l'Association de géographes français*, 487-502.

Locatelli, Bruno. « 3 Local, global : Lutte contre le changement climatique intégrer atténuation et adaptation », s. d.

Mangin, D., & Panerai, P. (1999). *Projet urbain*. Marseille : Parenthèses.

Masboungi, Ariella. *Projets urbains durables : stratégies*. Le Moniteur, 2012.

NCCS, N. C. for C. S. (2018a). *Brochure CH2018*. Repéré à l'adresse <https://www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/broschuere-bestellen.html>

NCCS. (n.d.). *Neuchâtel*. National Centre for Climate Services. Repéré à <https://www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/regionen/kantone/neuenburg.html>

National Centre for Climate Services (NCCS). (2018b). CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report. Repéré à https://www.nccs.admin.ch/dam/nccs/de/dokumente/website/klima/CH2018_Technical_Report.pdf.download.pdf/CH2018_Technical_Report.pdf

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2021). 2020 was Earth's 2ndhottest year, just behind 2016. Repéré à <https://www.noaa.gov/news/2020-was-earth-s-2ndhottest-year-just-behind-2016>

OFEV (éd.), 2018 : Quand la ville surchauffe. Bases pour un développement urbain adapté aux changements climatiques. Office fédéral de l'Environnement, Berne. Connaissance de l'environnement, N° 1812, 109 p.

Office fédéral de l'environnement (OFEV). (2020a). Changements climatiques en Suisse. Indicateurs des causes, des effets et des mesures.

OFEV, Office fédéral de l'environnement. « La qualité de l'air en 2021 ». Consulté le 26 septembre 2023. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-luft/luft--publikationen/publikationen-luft/nabel-luftqualitaet.html>.

Oke, T. R. (1987). *Boundary layer climates* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203407210>

Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>

Pinson, G. (2005). L'idéologie des projets urbains. *Sciences de la société*, (65), 28-51.

Planton, S. (2007). Réchauffement climatique : attribution et recherche des causes. *RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT* N° 47.

Programme des nations unies pour l'environnement (PNUE). (2019). Rapport 2019 sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction des émissions. Résumé analytique. Repéré à <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30798/EGR19ESFR.pdf?sequence=15>

Rabinovich, A., & Navez-Bouchanine, F. (2005). Projet urbain : entre innovation et tradition dans l'action urbaine. In intervention lors du colloque Développement urbain durable, gestion des ressources et gouvernance » à Lausanne, co-organisé par l'école polytechnique de Lausanne et institut de Géographie et Durabilité.

RAFFESTIN C. (1988) Réflexions sur la notion de friche industrielle. Berne, ASPAN, cahier n°3: XIV-XV

Rey, E., & Lufkin, S. (2015). *Des friches urbaines aux quartiers durables*. PPUR Presses polytechniques.

Statistique Vaud. (2022, octobre). Perspectives démographiques pour le canton de Neuchâtel. Repéré à : [PerspPopNE2022-2050.pdf](#)

Service de statistique du canton de Neuchâtel. (2024). *Emplois – Portail statistique*. Récupéré le 27 décembre 2024, de <https://www.ne.ch/autorites/DFS/STAT/portail-statistique/Pages/6b.html>

swisstopo. (2024). swissALTI3D: Modèle altimétrique numérique haute précision. Office fédéral de topographie swisstopo. Repéré sur <https://www.swisstopo.admin.ch/swissalti3d>

swisstopo. (2024). swissBUILDINGS3D BETA: Modèle 3D des bâtiments de Suisse. Office fédéral de topographie swisstopo. Repéré sur <https://www.swisstopo.admin.ch/swissbuildings3d>

swisstopo. (2021). SWISSIMAGE 10 cm: Orthophotos aériennes haute résolution. Office fédéral de topographie swisstopo. Repéré sur <https://www.swisstopo.admin.ch/swissimage>
THOMAS, Isabelle et DA CUNHA, Antonio. *La ville résiliente : Comment la construire ?* Les Presses de l'Université de Montréal, 2017.

swisstopo. (2024). Swiss Map Vector 25: Carte topographique vectorielle. Office fédéral de topographie swisstopo. Repéré sur <https://www.swisstopo.admin.ch/swissmapvector>

swisstopo. (2024). swissSURFACES3D: Modèle numérique de surface à haute résolution. Office fédéral de topographie swisstopo. Repéré sur <https://www.swisstopo.admin.ch/swisssurfaces3d>

Thorman, Marianne. (2005). Potentiel des friches industrielles des secteurs de gare pour un développement urbain durable. Repéré sur : [Mémoires de la Faculté des Géosciences et de l'Environnement | Mémoires de la Faculté des Géosciences et de l'Environnement \(unil.ch\)](#)

Touati, A., Crozy, J. et Charmes, E. *La densification résidentielle au service du renouvellement urbain : filières, stratégies et outils*. Paris : La Documentation française, 2015.

Vanbutsele, Séréna, et Estela Brahimllari Schaffner, éd. « Vides urbains : ressources temporaires pour transformer la ville ». *Tracés*, s. d.

Ville de Neuchâtel. (n.d.). *Fusion des communes : Brochure de votation communale*. Repéré à :

https://www.neuchatelville.ch/fileadmin/sites/ne_ville/fichiers/votre_commune/Fusion_documents/Brochure_VotationCommunale_Fusion-DEF.pdf

Ville de Neuchâtel. (2012). *Vivre la ville : Bulletin officiel d'information de la Ville de Neuchâtel* (No. 23). Consulté à l'adresse

https://www.neuchatelville.ch/fileadmin/sites/ne_ville/fichiers/presse/Vivre_la_ville/imported/2012/VLV_20No_2023.pdf

Ville de Neuchâtel. (2020a). *Plan d'aménagement de la Ville de Neuchâtel : Règlement d'aménagement*. Retrieved November 27, 2024, from

https://www.neuchatelville.ch/fileadmin/sites/ne_ville/fichiers/Vivre_a_Neuchatel/Habitat/PLAN_AMENAGEMENT_VILLE_NEUCHATEL_reglement_amenagement_20201209.pdf

Ville de Neuchâtel. (2020b). *Rapport d'information concernant les sites pollués situés sur la commune de Neuchâtel (Rapport 20-006)*. Consulté à l'adresse

https://www.neuchatelville.ch/fileadmin/sites/ne_ville/fichiers/votre_commune/cg_rapports_objets/20-006_Rapport_d_information_concernant_les_sites_pollues_situes_sur_la_commune_de_Neuchatel.pdf

Ville de Neuchâtel. (2021a). *Plan d'aménagement de la Ville de Neuchâtel : Plan des règles urbanistiques 1:5000*. Repéré à :

https://www.neuchatelville.ch/fileadmin/sites/ne_ville/fichiers/Vivre_a_Neuchatel/Habitat/Aménagement_nouvelle_commune/PLAN_AMENAGEMENT_VILLE_NEUCHATEL_plan_règles_urbanistiques_1-5000_20210505.pdf

Ville de Neuchâtel. (2021b). *Plan d'aménagement de la Ville de Neuchâtel : Plan des affectations 1:5000*. Repéré à :

https://www.neuchatelville.ch/fileadmin/sites/ne_ville/fichiers/Vivre_a_Neuchatel/Habitat/Aménagement_nouvelle_commune/PLAN_AMENAGEMENT_VILLE_NEUCHATEL_plan_affectations_1-5000_20210505.pdf

Ville de Neuchâtel. (2023, octobre). PdTNE. Dicastère du développement territorial.

(2017). *Natura Urbana - The Brachen of Berlin* [Film].

Table des figures

Figure 1 : Températures moyennes annuelles en Suisse pour la période 1864-2017 (NCCS, 2018).....	18
Figure 2 : Scénarios RCP selon les émissions annuelles de GES (GIEC, 2014).....	19
Figure 3 : Scénarios pour le canton de Neuchâtel (NCCS, n.d.).....	20
Figure 4 : Forme de l'effet d'ICU : thermographie infrarouge de Bâle, prise le 12.8.2000 à 11h07 (OFEV, 2018)	23
Figure 5 : Schéma récapitulatif des formes de nature (Delabarre, 2023)	37
Figure 6 : Atténuation et adaptation : des approches complémentaires de la durabilité urbaine (Thomas & Da Cunha, 2017)	37
Figure 7 : Synthèse des concepts d'urbanisme de projet mobilisés (Illustration personnelle)	39
Figure 8 : Evolution de la population cantonale de Neuchâtel (Statistique Vaud, 2022)	45
Figure 9 : Plan Climat du canton de Neuchâtel (Canton de Neuchâtel, n.d.)	48
Figure 10 : Carte de la Commune de la Ville de Neuchâtel fusionnée avec la CdV indiquée en rouge. (Ville de Neuchâtel, n.d.).....	52
Figure 11 : Photographie du Gor du Vauseyon (Illustration personnelle)	54
Figure 12 : Photographie du Gor du Seyon (Illustration personnelle).....	54
Tableau 1 : Grille d'analyse pour le Plan Climat et le PdTNE (Illustration personnelle).....	57
Figure 13 : Photographie d'un capteur de température (Illustration personnelle).....	59
Figure 14 : Cartographie de l'emplacement des capteurs en fonction de la topographie (Illustration personnelle).....	60
Figure 15 : Cartographie de l'emplacement des capteurs en fonction des matériaux de revêtement (Illustration personnelle)	61
Figure 16 : Cartographie de l'emplacement des capteurs en fonction de la morphologie du bâti (Illustration personnelle)	62
Figure 17 : Cartographie de l'emplacement des capteurs en fonction de l'effet venturi (Illustration personnelle).....	63
Figure 18 : Cartographie de l'emplacement des capteurs en fonction de l'ombre (Illustration personnelle).....	64
Figure 19 : Cartographie des emplacements définitifs des capteurs selon les facteurs (Illustration personnelle)	65
Figure 20 : Etiquette explicative disposée sur les capteurs (Illustration personnelle).....	65
Figure 21 : Cartographie contextualisant les différents sites évoqués pour l'analyse (Illustration personnelle)	74
Figure 22 : Cartographie du cheminement du premier arpentage (Illustration personnelle).....	79
Figure 23 : Cartographie du diagnostic, volet 1 (Illustration personnelle)	81
Figure 24 : Cartographie du diagnostic, volet 2 (Illustration personnelle)	82
Figure 25 : Cartographie des règles urbanistiques (Ville de Neuchâtel, 2021a)	83
Figure 26 : Plan d'aménagement communal de la Ville de Neuchâtel (Ville de Neuchâtel, 2021b)	84
Figure 27 : Tableau des différences entre les ordres contigu et non contigu (Ville de Neuchâtel, 2020a)	85
Figure 28 : Photographie de la rue des Parcs (Illustration personnelle).....	86
Figure 29 : Photographie du quartier de la Rosière (Illustration personnelle).....	86
Figure 30 : Photographie de la Rue des Poudrières (Illustration personnelle).....	87
Figure 31 : Coupe de la partie Est de la Cuvette (Illustration personnelle)	88
Figure 32 : Coupe de la partie Ouest de la Cuvette (Illustration personnelle)	89

Figure 33 : Photographie de l'imperméabilité de la Cuvette et le nombre de places de parking (Illustration personnelle)	90
Figure 34 : Cartographie des surfaces de revêtements (Illustration personnelle)	92
Figure 35 : Photographie de la Maison du Prussien (Illustration personnelle)	93
Figure 37 : Photographie de la signalisation (Illustration personnelle)	94
Figure 36 : Photographie de la richesse du Gor du Seyon (Illustration personnelle)	94
Figure 38 : Photographie de la signalisation (Illustration personnelle)	94
Figure 39 : Photographie de la dichotomie entre l'industrie et la nature (Illustration personnelle)	95
Figure 40 : Photographie de la végétation dans la Cuvette (Illustration personnelle)	96
Figure 42 : Photographie d'un trottoir qui disparaît en arrivant dans la Cuvette (Illustration personnelle)	97
Figure 41 : Photographie d'un des points d'accès (Illustration personnelle)	97
Figure 43 : TIM prédominant dans la Cuvette (Illustration personnelle)	98
Figure 44 : Giratoire de Vauseyon. (Illustration personnelle)	99
Figure 45 : Cartographie du cheminement du second arpentage (Illustration personnelle)	100
Figure 46 : Illustration de la non-activité dans les rues de la Cuvette (Illustration personnelle)	101
Figure 47 : Cartographie des températures moyennes mensuelles relevées (Illustration personnelle)	104
Figure 48 : Graphique des températures diurnes du 11 août 2024 (Illustration personnelle)	107
Figure 49 : Cartographie des températures du 11 août (Illustration personnelle)	109
Figure 50 : Graphique des températures du 12 août (Illustration personnelle)	110
Figure 51 : Cartographie des températures du 12 août (Illustration personnelle)	111
Figure 52 : Graphique des températures nocturnes du 11 au 12 août (Illustration personnelle)	112
Figure 53 : Cartographie des températures nocturnes le 12 août à 3h00 (Illustration personnelle) ..	114
Figure 54 : Graphique des projections des scénarios RCP pour l'horizon 2035 (Illustration personnelle)	115
Figure 55 : Graphique des projections des scénarios RCP pour l'horizon 2060 (Illustration personnelle)	116
Figure 56 : Graphique des projections des scénarios RCP pour l'horizon 2085 (Illustration personnelle)	117
Figure 57 : Schéma mettant en lien les éléments théoriques et les enjeux de projet (Illustration personnelle)	120
Figure 58 : Schéma de principes, scénario 1, enjeu 1 (Illustration personnelle)	124
Figure 59 : Références de projet 1 (Illustration personnelle)	128
Figure 60 : Références de projet 2 (Illustration personnelle)	129
Figure 61 : Schéma de principes, scénario 1, enjeu 2 et 3 (Illustration personnelle)	132
Figure 62 : Schéma d'espaces publics, scénario 1 (Illustration personnelle)	134
Figure 63 : Références de projet 3 (Illustration personnelle)	136
Figure 64 : Schéma de principes, scénario 2, enjeu 1 (Illustration personnelle)	137
Figure 65 : Schéma de principes, scénario 2, enjeu 2 et 3 (Illustration personnelle)	139
Figure 66 : Schéma des espaces publics, scénario 2 (Illustration personnelle)	141
Figure 67 : Schéma de l'évolution des matériaux de revêtement (Illustration personnelle)	143
Figure 68 : Schéma de l'évolution de la canopée (Illustration personnelle)	144
Figure 69 : Cartographie des changements de températures, scénario 1 (Illustration personnelle) ..	146
Figure 70 : Cartographie des changements de températures, scénario 2 (Illustration personnelle) ..	147
Figure 71 : Axonométrie de projet du scénario 2 (Illustration personnelle)	148

Annexe 2 : Guide d'entretien exploratoire du 13 novembre 2023

1. Présentation de mon projet de recherche
 - Demande pour enregistrer.
 - Présentation de mon intérêt pour la CdV dans le cadre de ma recherche.
 - Présentation de la méthodologie envisagée.
2. Précision de la stratégie de la Ville et son PdTNE
 - Comment vous positionnez-vous par rapport au concept de densification et de construction vers l'intérieur du milieu bâti ?
 - Quelles sont vos stratégies d'adaptation aux changements climatiques ?
 - Quelle est la place de l'industrie dans votre commune pour l'avenir ? De quelle manière l'envisagez-vous ? Vous parlez de PME et de nouvelles entreprises qui viendraient dans la commune afin de créer du dynamisme, mais qu'en est-il de l'industrie existante ?
3. Précision sur l'historique de la CdV
 - Vauseyon a toujours été un site important pour Neuchâtel, comme nous pouvons le voir dans le PDComm de 1992, est-ce que vous savez pour quelles raisons cet espace s'est développé ?
 - Dans le PDComm de 1992, La CdV est voulue comme étant un secteur industriel avec un système d'espaces publics. Est-ce que cela a été mis en place ? Si non, pour quelles raisons les espaces publics ne se sont pas implantés/activés ? Est-ce une des raisons pour lesquelles un projet de réactivation est souhaité ?
4. Précision sur l'avenir souhaité de la CdV
 - Tout d'abord, pouvons-nous considérer la CdV comme une friche ? Est-ce que cet espace n'est plus entièrement dédié à de l'industrie et de l'artisanat actuellement ? Si oui, est-ce que le terme de friche concerne toute la Cuvette ?
 - De quelle manière envisagez-vous la gestion de l'autoroute, des rails et du Seyon dans le cadre de ce projet ? Ces composantes sont-elles considérées comme des contraintes ou des opportunités ?
 - Pourquoi toute la zone est un îlot de nature urbaine (PdTNE : 35) ?
 - Est-ce que les moulins du Gor de Vauseyon vont être mis davantage en lumière lors de ces projets de nature urbaine et d'espaces publics ?
5. Perspectives
 - Avez-vous quelque chose à ajouter ?

- Remerciements et fin de l'entretien.

Annexe 2 : Guide d'entretien semi-directif du 15 mars 2024

1. Présentation de ma recherche et de son avancée
 - Demande pour enregistrer l'entretien.
2. Présentation de l'interlocuteur de son emploi à la Ville de Neuchâtel
 - Est-ce que vous pouvez présenter votre emploi davantage ?
 - Comment le service est organisé ?
3. Communication et collaboration avec le canton
 - Comment se passe l'échange entre le canton et la commune en termes d'aménagements du territoire et d'urbanisme ?
 - Est-ce que le Plan Climat du canton a été transposé dans le PdTNE? Si oui, de quelle manière ?
4. Prise en compte des scénarios CH2018 dans l'élaboration du PdTNE
 - Est-ce que les scénarios CH2018 ont été pris en compte dans l'élaboration du PdTNE? (Présentation des figures 2 et 3)
5. Précision des éléments du PdTNE
 - Pour quelle(s) raison(s) les mesures d'atténuation sont davantage représentées que celles d'adaptation aux changements climatiques dans le PdTNE?
 - Dans les mesures d'adaptation aux changements climatiques préconisées par l'OFEV, nous retrouvons :
 - La forme du bâti et la circulation de l'air
 - La végétalisation
 - La création d'ombre (végétale ou toile claire)
 - La perméabilisation des sols et le choix de matériaux de revêtement optimisant l'albedo

Mais, dans le PdTNE, on retrouve la deuxième et quatrième mesure, et non la première et la troisième, pour quelle(s) raison(s) ?

 - Dans le PdTNE, il est conseillé de construire en bois, pour quelle(s) raison(s) ?
 - Dans le PdTNE, le chauffage à distance est préconisé, est-ce une question de qualité de l'air ?
6. Précision des éléments du PdTNE concernant la CdV
 - Une majorité des mesures concernant la CdV porte sur la mobilité, est-ce que d'autres enjeux ont été diagnostiqués sur ce site ?

- Est-ce qu'une stratégie d'arborisation de la CdV peut être envisagée et de quelle manière ?
- Est-ce qu'une opération de perméabilisation des sols peut être envisagée au vu de l'accent mis sur la mobilité douce dans la CdV ?

7. Perspectives

- Avez-vous quelque chose à ajouter ?
- Remerciements et fin de l'entretien.

Annexe 4 : Script R utilisé et données de températures

Le script R et les données utilisées pour cette analyse sont disponibles publiquement sur GitHub :

[Coraline/Projets-capteurs: Scripts R et données pour analyser les températures enregistrées par des capteurs en août 2024.](#)