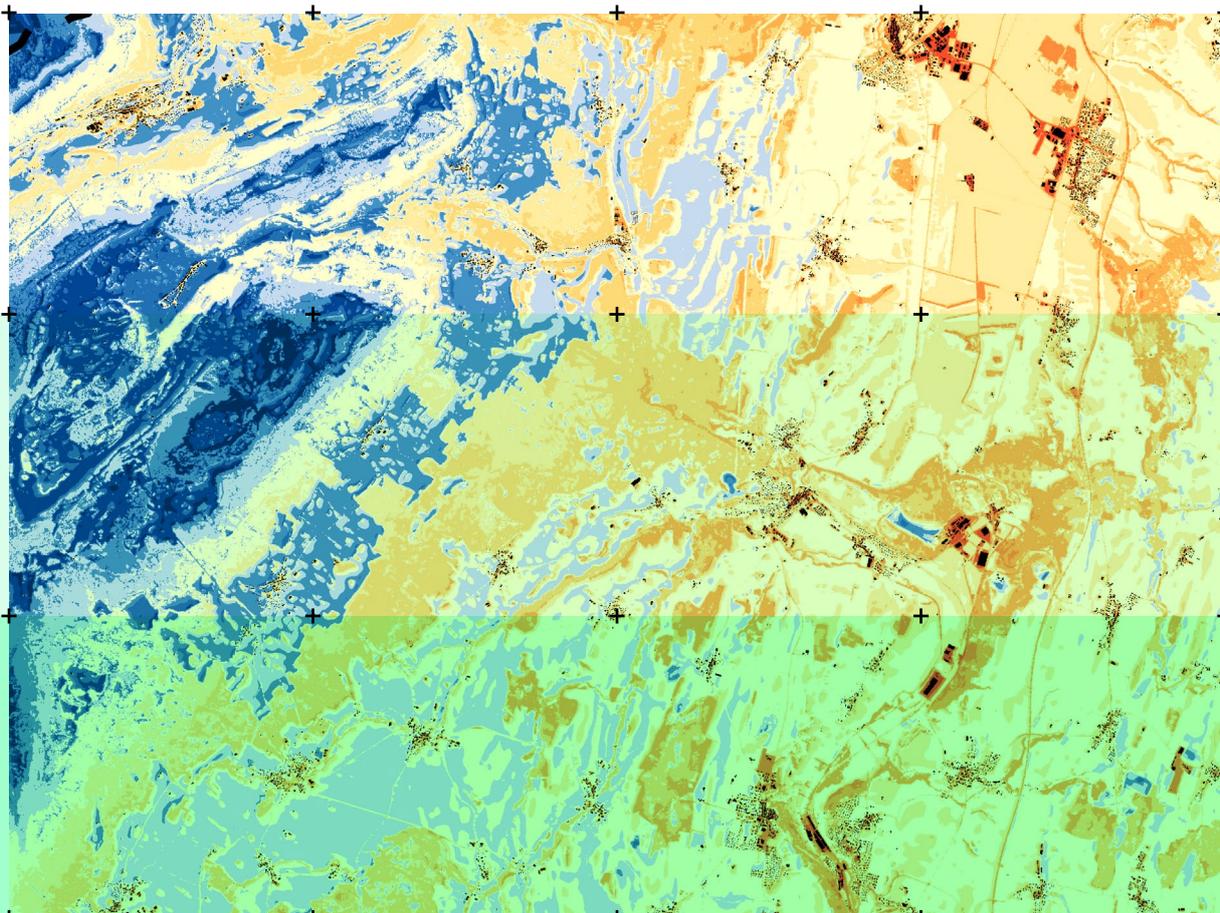


Plan directeur cantonal 2050

Étude de base

24 juin 2024
Version 0.4.0

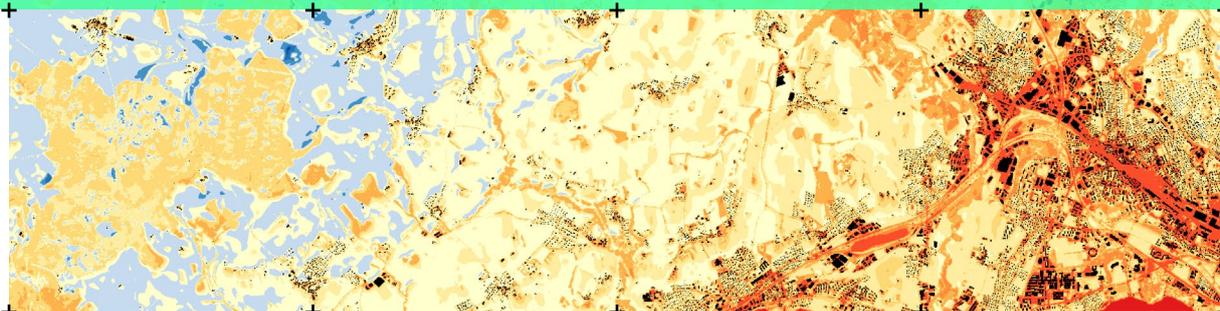


Office cantonal de la durabilité
et du climat (OCDC)

Situation climatique du canton de Vaud

Analyse sur la base d'un modèle

Direction générale du territoire
et du logement (DGTL)



canton de
vaud
LIBERTÉ
PATRIE

Juin 2024

Introduction

Dans le cadre de son Plan climat et de la révision du plan directeur cantonal, l'Etat de Vaud, en collaboration avec la Ville de Lausanne, a commandé une étude sur l'ensemble du territoire cantonal afin d'identifier les zones les plus exposées au phénomène d'îlot de chaleur. Si la situation actuelle montre déjà des écarts de température importants localement, ces zones de « stress thermique » pourraient bien se généraliser d'ici 2060. Dans cette optique, l'étude dresse des recommandations d'action pour atténuer ces effets.

Contexte climatique

Selon MétéoSuisse, la température moyenne du canton de Vaud a déjà augmenté de 2.7 °C depuis 1864. Cette évolution entraîne, entre autres, non seulement des étés plus chauds et secs, mais également une augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes de chaleur.

Enjeu des espaces bâtis

Les changements climatiques exacerbent la problématique du confort - voire de l'habitabilité - des espaces bâtis, déjà significativement exposés au phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU). Afin de documenter et de se donner des outils dans le contexte des changements climatiques, et de pouvoir agir face à l'anomalie thermique de certains espaces urbains, le Canton s'est doté de données diagnostiques et prospectives sur les conditions microclimatiques à l'échelle cantonale.

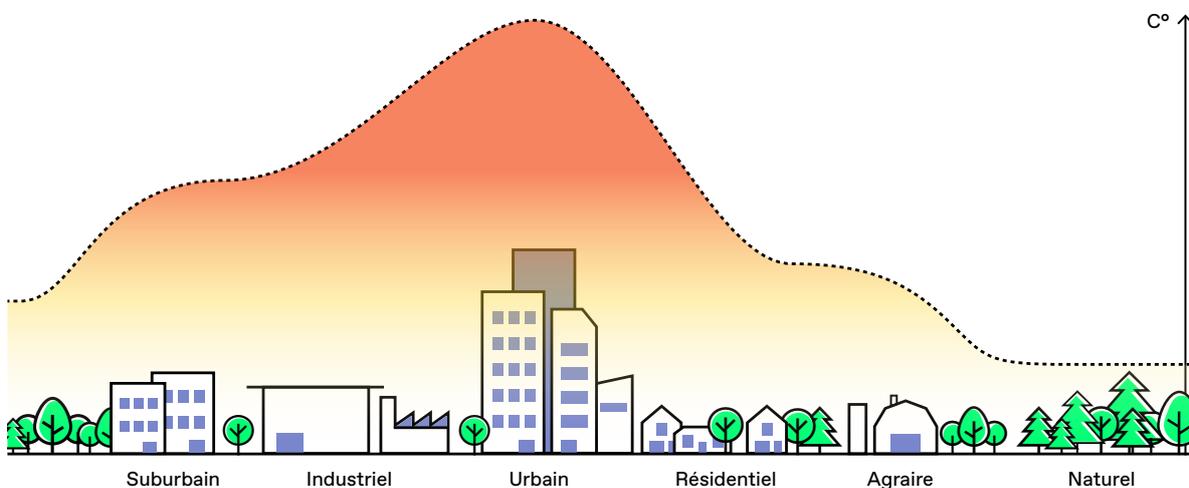


Figure 1 : Profil de température sur un transect urbain illustrant le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU).

Impressum

Éditeur

État de Vaud
Direction générale du territoire et du logement (DGTL)
Office cantonal de la durabilité et du climat (OCDC)

Équipe de projet

Tristan Mariethoz (resp.),
Arnaud Amez-Droz (DGTL-DCG),
Nicolas Antille (DGTL-SPC),
Julien Audemars (DGTL-SPC),
Amine Benalem (DGTL-SPC),
Matias Schiffrin (DGTL-SPC),
Olivier Travaglino (DGTL-DCG)

GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Modélisation

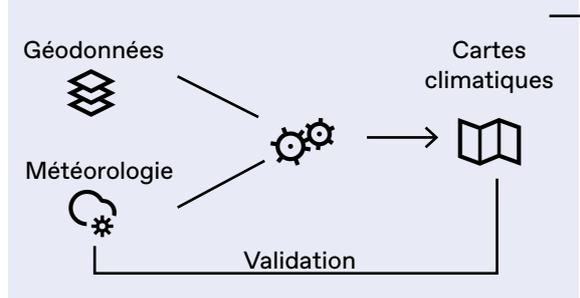
Conformément à l'état actuel de la technique, un calcul a été effectué à l'aide du modèle climatique méso-échelle FITNAH-3D afin d'obtenir des résultats à haute résolution – 10 mètres de résolution horizontale – pour l'ensemble du canton. La modélisation repose sur près de quarante années de mesures MétéoSuisse (1980-2022) issues des stations vaudoises et voisines, ainsi que sur les géodonnées les plus récentes du territoire cantonal : Modèle numérique de terrain (2019), Couverture du sol (2022), affectation du sol (2021), Hauteurs des bâtiments (2019), Photos aériennes (2020, 2021), etc.

La présente étude vise à modéliser le comportement de l'atmosphère pour un jour d'été sans vent, caractérisé par un ciel sans nuage et la formation de brises thermiques – courants induits par la différence de température. En effet, ce genre de journée estivale entraîne généralement les charges thermiques les plus hautes en raison de l'irradiation solaire élevée et du faible échange d'air. Une telle situation météorologique est très représentative puisqu'elle apparaît en moyenne entre 44% et 47% des nuits estivales – juin, juillet et août – selon les stations de mesures.

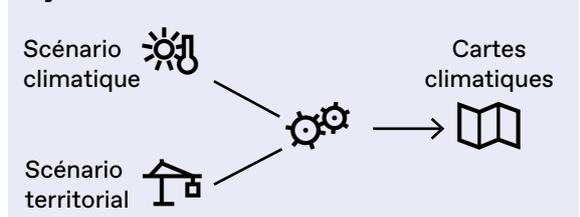
Scénarios

La modélisation se concentre sur deux scénarios bien distincts : la situation actuelle et la situation future – projection 2060. La modélisation de la situation actuelle est représentative des conditions climatiques « estivales sans vent » des quarante dernière années. Son principal enjeu est la représentativité des résultats par rapport à la réalité. En l'occurrence, la comparaison entre les résultats du modèle et les relevés météorologiques est pleinement conforme aux critères de validation. Dès lors, les cartes de la situation actuelle peuvent être exploitées comme des données diagnostiques. La modélisation de la situation future – projection 2060 – est une transposition de la situation actuelle (validée) à laquelle on applique un scénario climatique, le scénario de continuité « RCP8.5 » conforme aux projections du GIEC et de la Confédération, ainsi qu'un scénario territorial, le développement du bâti avec « mobilisation des réserves selon l'occupation actuelle du sol ».

Modélisation de la situation actuelle



Projection 2060



Aides à la décision

-  T°réelle
T°ressentie (PET)
-  Îlot de chaleur
Débit d'air froid
Conditions de vent
-  Points chauds
Sources de froid

Figure 2 : Représentation schématique des flux de données : deux scénarios climatiques (actuel et 2060) avec les principales données d'entrée et les résultats climatiques obtenus.

Résultats

Dans chaque scénario, les résultats de la modélisation présentent les conditions climatiques à deux moments spécifiques d'une journée d'été à 4h00 du matin et à 14h00. De manière générale, les espaces bâtis souffrent d'une anomalie thermique liée aux propriétés du bâti – morphologie, matériaux, imperméabilité, végétation dispersée, etc. – et à la multitude de sources de chaleur (trafic motorisé, climatisation, etc.). Dans ce contexte d'excès de chaleur, les espaces verts et ouverts jouent un rôle déterminant en tant qu'espaces de compensation, puisqu'ils fournissent de l'air frais et servent de refuge en cas de nécessité.

En fin de nuit (4h00), les températures sont généralement les plus basses, c'est là que l'effet d'îlot de chaleur est le plus marqué, avec des différences de température importantes : jusqu'à 5.5°C entre les espaces bâtis (19-21°C) et les espaces verts et ouverts (13-15°C) de même altitude. Dès lors que la température ne descend pas sous la barre de 20°C, on parle de nuit tropicale. On remarque notamment que l'ensemble des infrastructures de transport – routes, voies ferrées – contribuent au phénomène d'accumulation de la chaleur (19-21°C).

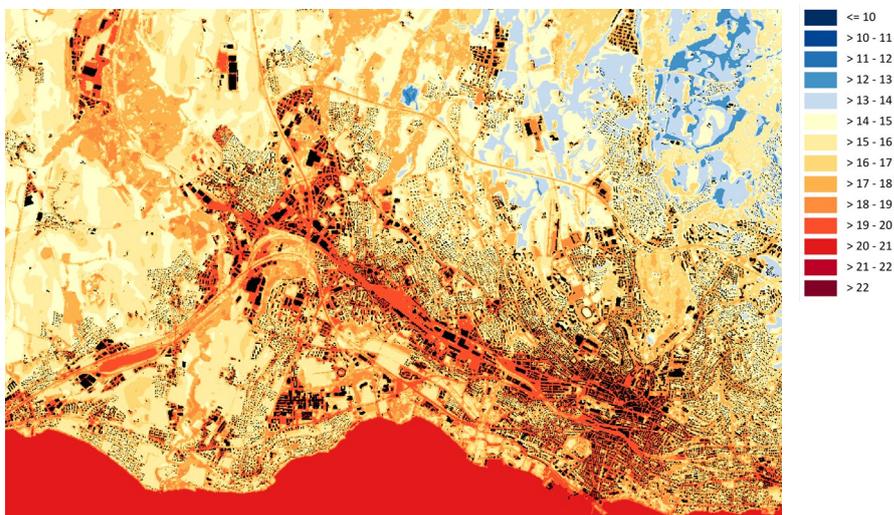


Figure 3 : température de l'air à 2m du sol (°C) à 4h du matin - Lausanne.

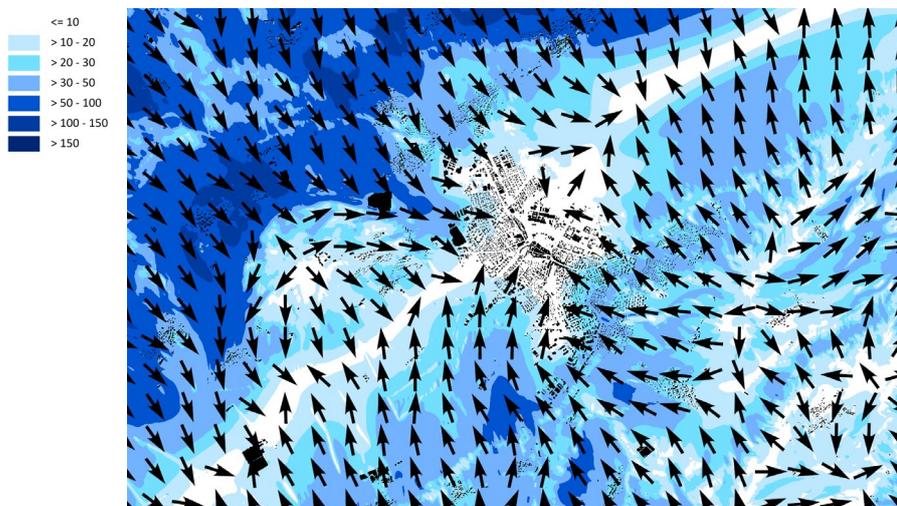


Figure 4 : débit d'air froid [m³/m*s] - Yverdon-les-Bains.

Le débit d'air froid est un bon indicateur de la circulation de masses d'air et permet d'identifier les principaux courants thermiques. En effet, générées dans les espaces verts et ouverts, les masses d'air froid plus lourdes se déplacent et s'écoulent selon la topographie du terrain. Selon les cas, ces masses d'air froid arrivent à pénétrer dans les espaces bâtis et contribuent ainsi à atténuer la chaleur accumulée. Les obstacles à la circulation de l'air (bâtiments, murs, talus, etc.), peuvent provoquer d'importantes accumulations d'air froid du côté exposé au vent.

En journée à 14h00, on se réfère à la température physiologique équivalente (PET) qui correspond à la température ressentie en fonction des différents paramètres – température, humidité, vent, rayonnement. En l’occurrence, dans certains espaces bâtis, la PET dépasse clairement la valeur de 41°C (stress thermique extrême), tandis la PET avoisine 32°C dans les parcs publics (stress thermique modéré) et 24°C dans les espaces boisés en-dehors de la ville (stress thermique faible).

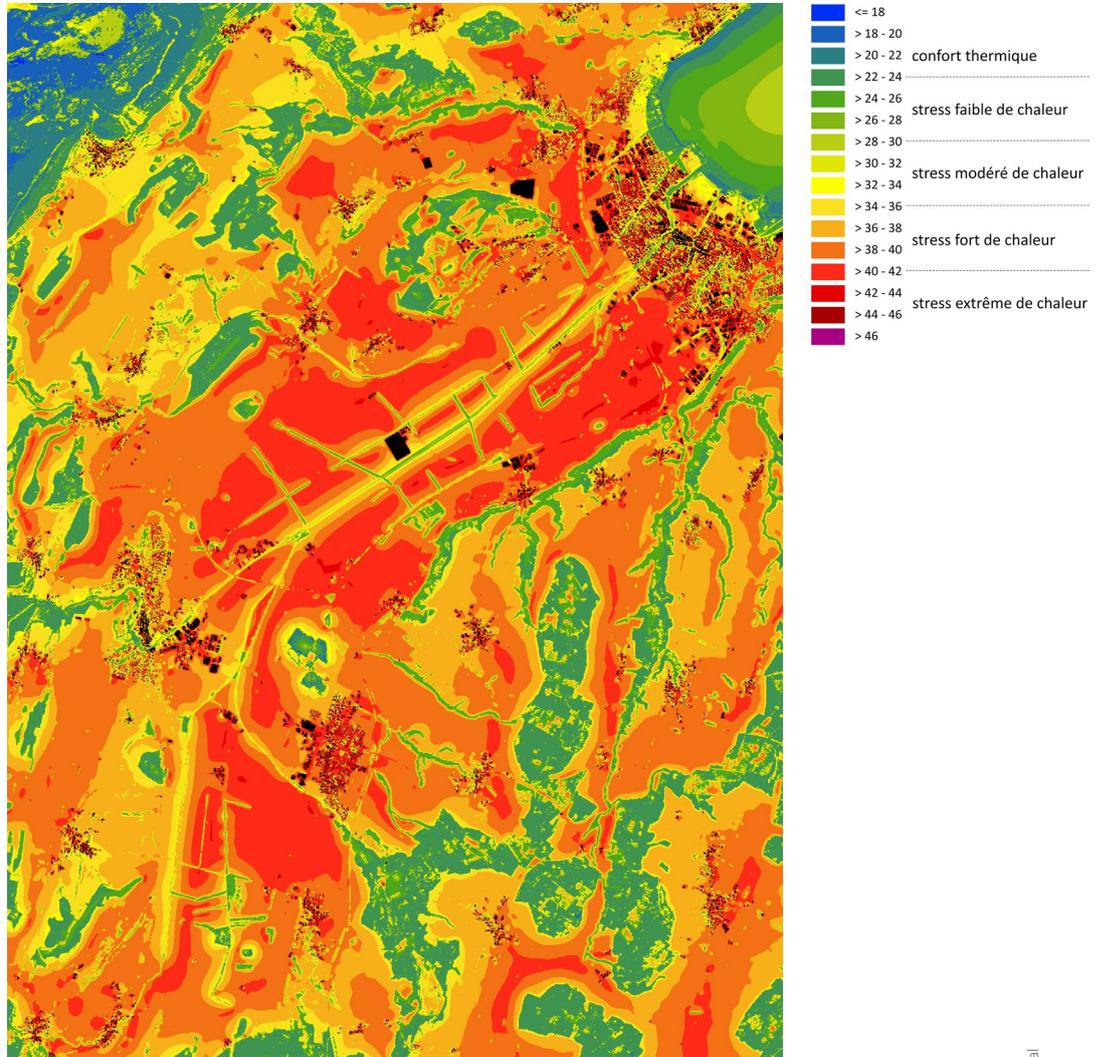


Figure 5 : température ressentie (°C) à 14h - Yverdon-les-Bains.

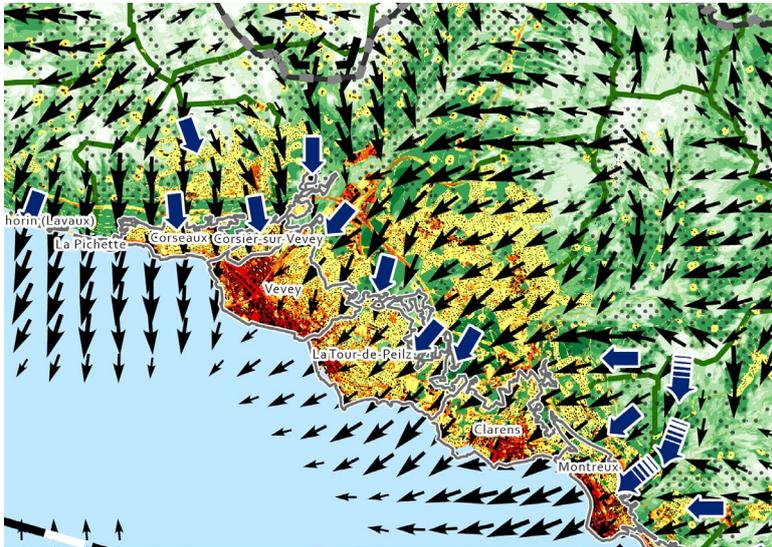


Figure 6 : carte d'analyse climatique - Vevey.

La carte d'analyse climatique (CAC) constitue une synthèse des paramètres climatiques essentiels pendant la nuit – îlot de chaleur, écoulements et débit d'air froid. Cette synthèse permet non seulement d'identifier les périmètres bâtis souffrant du plus grand excès de chaleur, en général au centre-ville (> 4°C de différence), mais également de comprendre la circulation des masses d'air froid générées dans les espaces verts et ouverts à proximité des espaces bâtis.

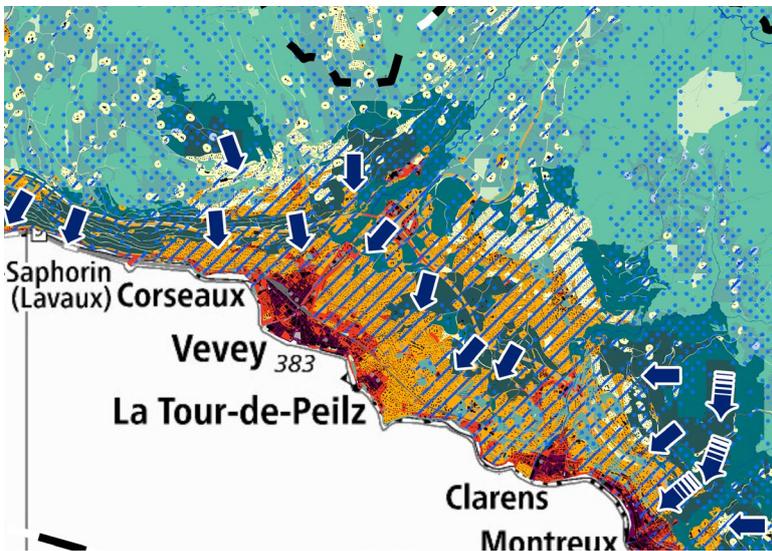


Figure 7 : carte indicative de planification - Vevey.

La carte indicative de planification (CIP) est une transposition normalisée des paramètres physiques permettant de fournir une classification des périmètres d'action (espaces bâtis) et de compensation (espaces verts et ouverts) d'un point de vue bioclimatique, tant pour la situation actuelle que pour la projection 2060. De manière générale, cette classification permet notamment de prioriser l'action dans les espaces bâtis les plus défavorables sur le plan bioclimatique et d'intégrer la préservation – voire le renforcement – des espaces verts ayant un impact bioclimatique particulièrement favorable.

Évaluation de la situation actuelle

En ce qui concerne la situation actuelle, les espaces bâtis présentent une part importante de situation bioclimatique « favorable » ou « très favorable » (47% de nuit, 40% de jour), tandis qu'une petite fraction – essentiellement les centres urbains – est qualifiée de « très défavorable » (2.2% de nuit, 3.2% de jour). Selon cette classification, il s'agit autant que possible de préserver la végétation des périmètres les plus favorables, et d'envisager prioritairement des mesures dans les espaces les moins favorables – voir recommandations de mesures. De manière analogue, une part conséquente des espaces verts présente une « faible » ou « aucune » importance bioclimatique (65% de nuit, 27.5 de jour), alors qu'une petite fraction relève d'une « très grande » importance (5% de nuit, 4.9% de jour). Ces périmètres nécessitent une attention particulière afin de préserver - voire renforcer - les fonctions de rafraîchissement qu'ils remplissent – génération, écoulement et débit d'air froid.

Figure 8 : évaluation bioclimatique des espaces bâtis - situation actuelle [%]

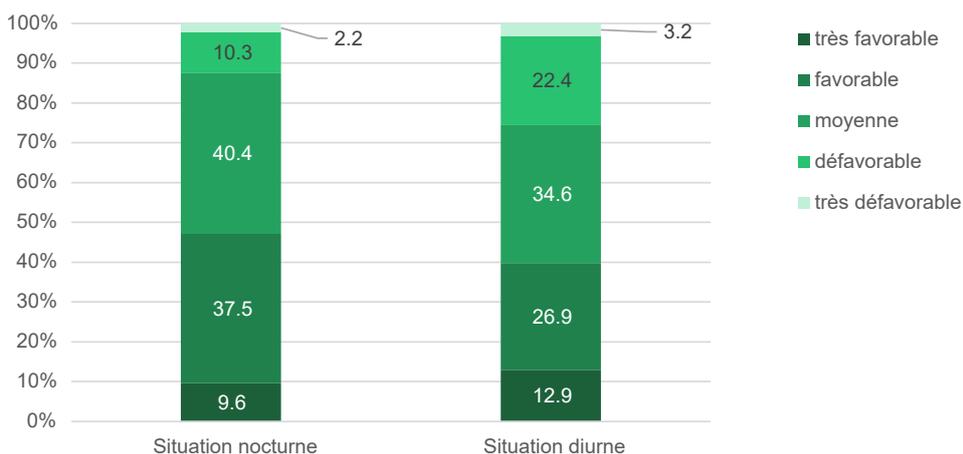
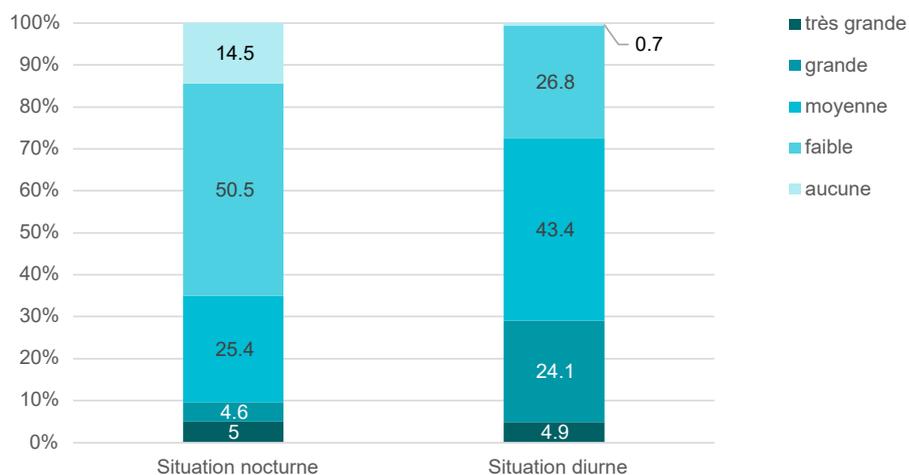


Figure 9 : importance bioclimatique des espaces verts - situation actuelle [%]



Projection 2060

La circulation de l'air, les débits d'air froid et le phénomène d'îlot de chaleur ne montrent pas de changement important entre la situation actuelle et la projection 2060. Cependant, la température et la PET montrent une différence d'environ 2.5° à 3°C – valeur qui coïncide au réchauffement climatique imposé selon le scénario de continuité RCP 8.5. Dès lors que l'ensemble du territoire subit une augmentation significative de température (de nuit comme de jour), on observe conséquemment une augmentation importante de l'étendue des espaces bâtis souffrant d'une température nocturne supérieure à 20°C (nuit tropicale) ou d'une PET supérieure à 41°C (stress thermique extrême).

Lorsqu'on observe spécifiquement les périmètres de développement du bâti – hypothèse de mobilisation totale des réserves selon l'occupation actuelle du sol, on constate que l'implantation des nouveaux espaces bâtis se déployant sur des surfaces vertes et ouvertes, induit localement un impact thermique important (8-10°C d'augmentation PET) et des modifications des débits d'air froid.

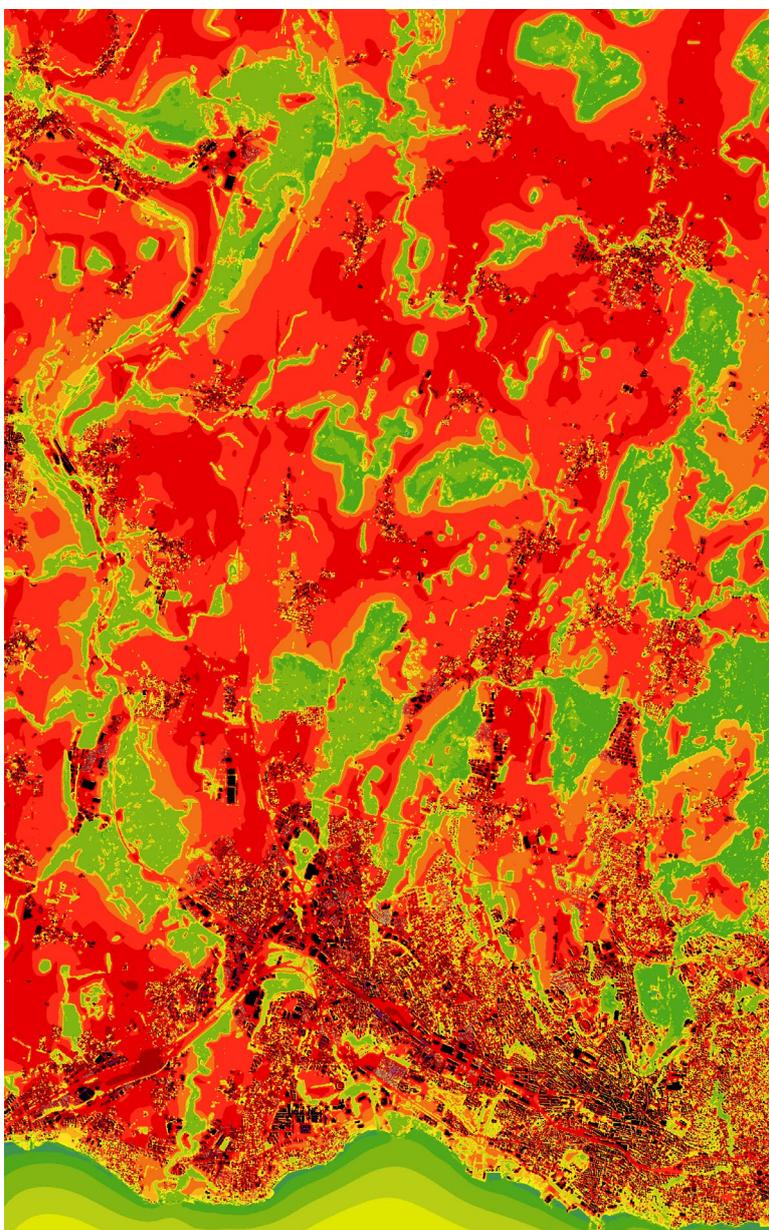


Figure 10 : température ressentie projetée en 2060 (°C) - Lausanne.

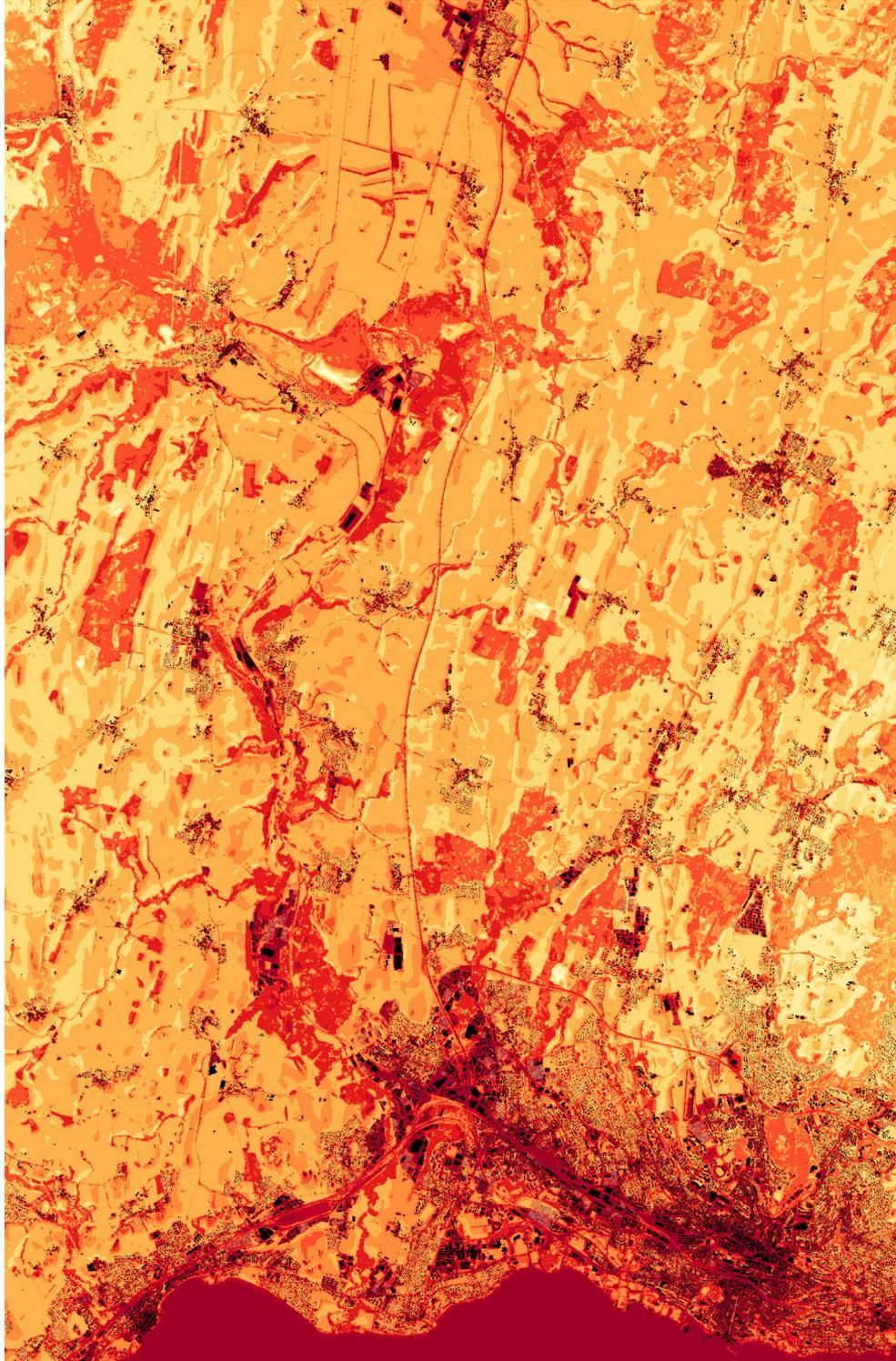
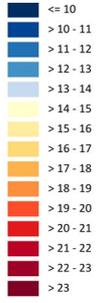
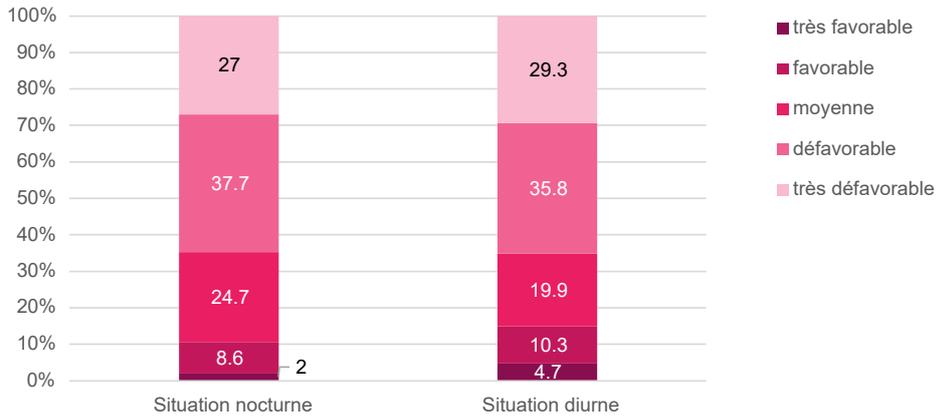


Figure 11 : température projetée en 2060 de l'air à 2m du sol (°C) à 4h du matin - Lausanne.

Figure 12 : évaluation bioclimatique des espaces bâtis - projection 2060 [%]



Pour la situation future, l'évolution climatique induit des changements importants pour la carte indicative de planification (CIP).

En effet, par rapport à la situation actuelle, on observe une dégradation générale de la situation bioclimatique, en particulier dans les espaces bâtis : les conditions « très favorable » ou « favorable » sont considérablement réduites (nuit 10.5% ; jour 15%) tandis que les conditions « défavorable » ou « très défavorable » deviennent majoritaires (nuit 64.5% ; jour 65%). En revanche, on observe peu ou pas de changements pour la distribution de classe des espaces verts.

Recommandations d'actions

Les actions recommandées sont des principes pour l'amélioration du climat urbain. Si toutes ces mesures constituent des moyens efficaces de lutte contre l'effet d'îlot de chaleur urbain ou ses conséquences, mais également en tant que mesures d'adaptation aux changements climatiques, elles se différencient selon trois catégories d'effet :

①

Réduction de la charge thermique extérieure

végétalisation (ex. cours intérieures, parkings), création d'espaces verts dans l'espace bâti, désimperméabilisation, arborisation des rues, création / extension des surfaces d'eau, adaptation des matériaux de construction (i.e. albédo), etc.

②

Amélioration de l'aération extérieure

orientation des bâtiments, limitation des obstacles structurels, espacement entre les infrastructures, mise en relation des espaces verts-bleus, etc.

③

Réduction de la charge thermique intérieure

végétalisation (ex. toits, façades), ombrage des bâtiments, isolation thermique des bâtiments, optimisation des espaces intérieurs, etc.

À noter que certains effets bénéfiques se déploient préférentiellement la journée (ex. ombrage, isolation thermique des bâtiments), la nuit (ex. orientation des bâtiments par rapport au flux d'air froid), ou indistinctement (ex. désimperméabilisation, végétalisation). De manière complémentaire et combinée, l'effets positif de ces mesures tend généralement à se renforcer.

12.5% - 25.6%

part des espaces bâtis actuellement en situation bioclimatique très défavorable ou défavorable.

+5.7°C

élévation maximale de la température engendrée par l'effet d'îlot de chaleur.

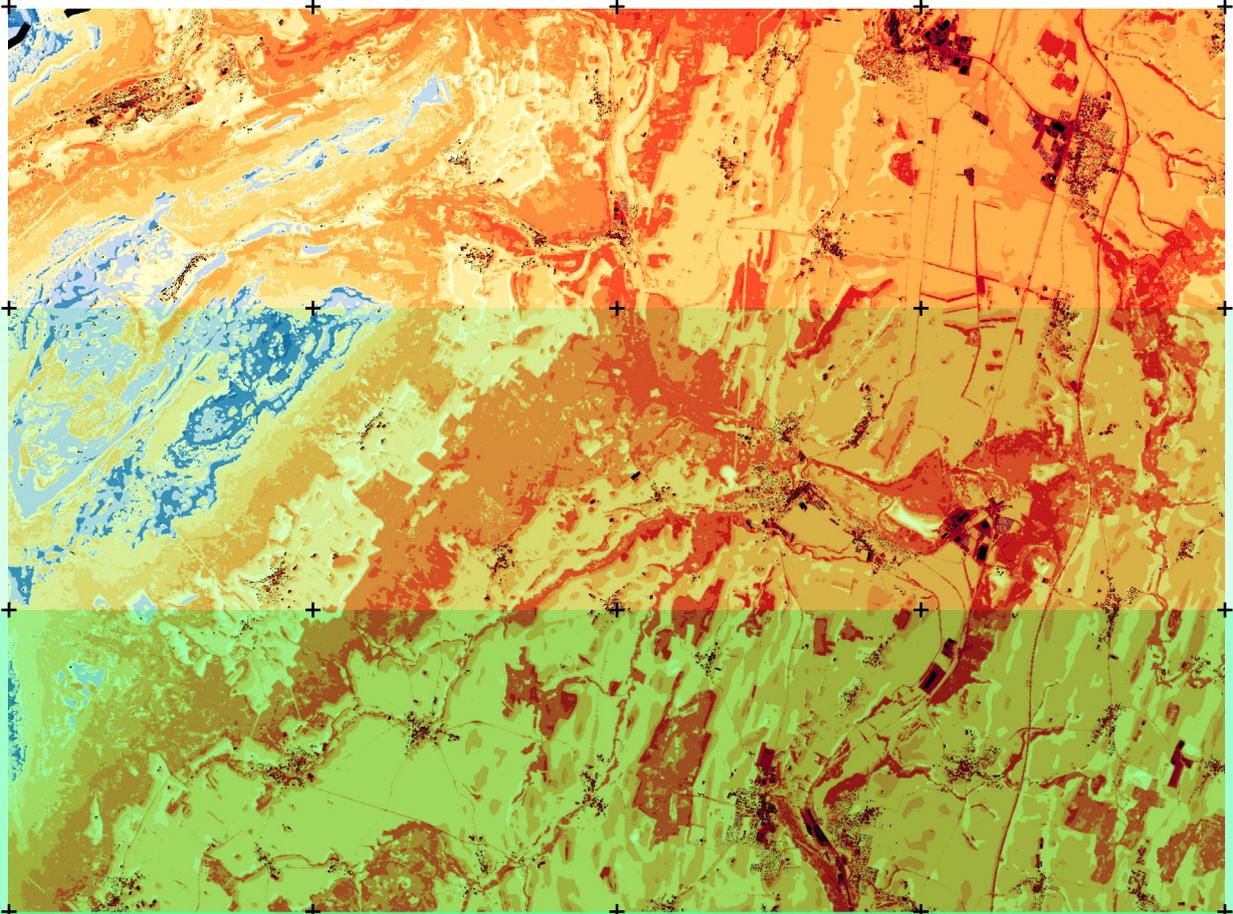
64.7% - 65.1%

part des espaces bâtis en situation bioclimatique très défavorable ou défavorable (situation future).

Conclusion

Inscrites dans l'axe stratégique de documentation du Plan climat vaudois et affiliées aux études de base du Plan directeur cantonal (PDCn), ces données constituent, pour de nombreux acteurs du territoire et à toutes les échelles, une référence climatique validée scientifiquement.

Dans le contexte des changements climatiques, les résultats de la présente étude permettent non seulement d'identifier et de remédier localement à des conditions de stress thermique, mais ils peuvent également être pris en compte lors de l'établissement de planifications directrices d'aménagement du territoire, ou dans le cadre de l'établissement de plans d'affectation.



vd.ch/climat
vd.pdcn.ch/publications

