

Îlots de chaleur urbains en ville de Fribourg

Aline Hayoz-Andrey et Delphine Galliard, ville de Fribourg
Marc Vonlanthen, HEIA-FR

Climat lunch no 6



20 mai 2021



Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg




Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



Projet revitalisation de la Sarine, Tamarin : Ilex , SD Ingénieurs, Biol Conseil, N. Luyet, septembre 2020.

Discussion en 3 points

- Stratégie de développement durable de la ville de Fribourg,
Aline Hayoz-Andrey (10')
- Etude sur les îlots de chaleur en ville de Fribourg
Marc Vonlanthen (20')
- Quel intérêt pour l'urbanisme?
Delphine Galliard (10')

An aerial photograph of a city, likely Bern, Switzerland, showing a dense urban area with red-tiled roofs, a prominent church spire, and a large stone bridge with multiple arches crossing a river. The city is surrounded by green hills and trees. The sky is blue with scattered white clouds.

41'102 habitants
en 2020

Entre 525 et 705 m
d'altitude

En 2020: 1107 mm

En 2020: 9 jours
tropicaux

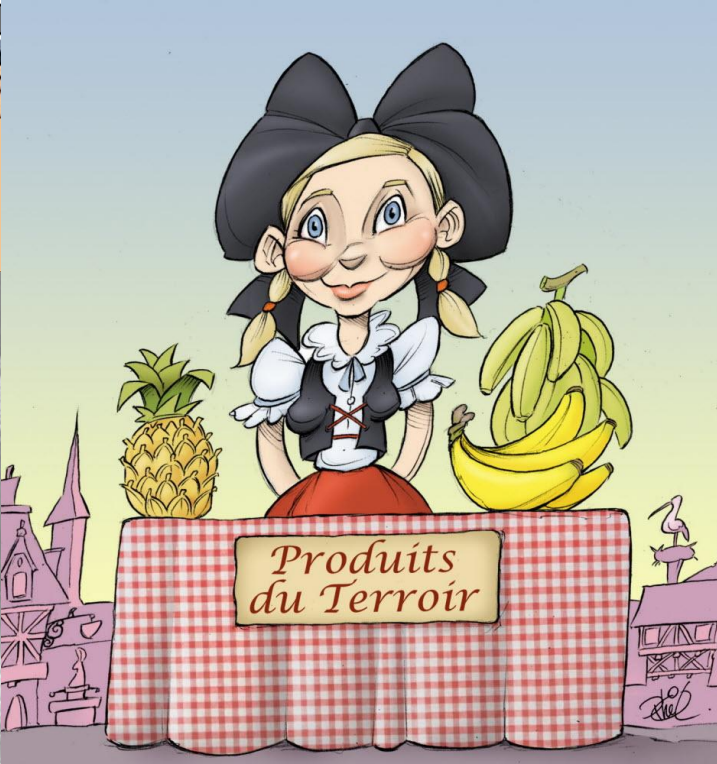
2020: 10.4 °C en
moyenne

Éléments structurants:
- semi-naturels
- anthropiques

Et demain?



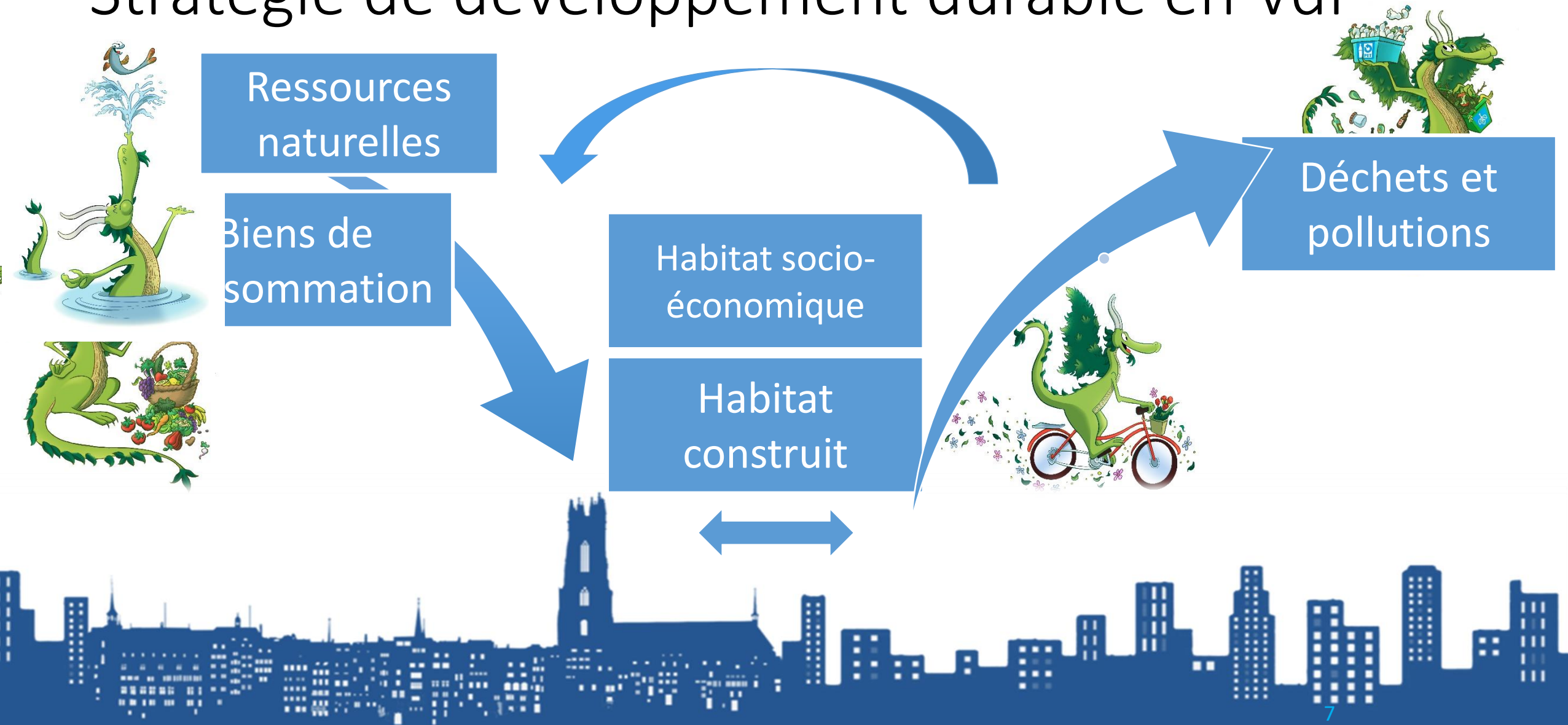
Et demain?



Stratégie de développement durable en VdF



Stratégie de développement durable en VdF



Stratégie de développement durable en VdF



1 PAS DE PAUVRETÉ

2 FAIM «ZÉRO»

3 BONNE SANTÉ ET BIEN-ÊTRE

4 ÉDUCATION DE QUALITÉ

5 ÉGALITÉ ENTRE LES SEXES

6 EAU PROPRE ET ASSAINISSEMENT

7 ÉNERGIE PROPRE ET D'UN CÔTÉ ABORDABLE

8 TRAVAIL DÉCENT ET CROISSANCE ÉCONOMIQUE

9 INDUSTRIE, INNOVATION ET INFRASTRUCTURE

10 INÉGALITÉS RÉDUITES

11 VILLES ET COMMUNAUTÉS DURABLES

12 CONSOMMATION ET PRODUCTION RESPONSABLES

13 MESURES RELATIVES À LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

14 VIE AQUATIQUE

15 VIE TERRESTRE

16 PAIX, JUSTICE ET INSTITUTIONS EFFICACES

17 PARTENARIATS POUR LA RÉALISATION DES OBJECTIFS

OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Stratégie de développement durable en VdF



Stratégie de développement durable en VdF



Objectifs généraux traduits pour la Ville de Fribourg

Réduire les émissions de GES et utiliser durablement les ressources

Renforcer la résilience et les capacités d'adaptation face aux aléas climatiques et aux catastrophes naturelles liées au climat

Incorporer des mesures relatives aux changements climatiques dans les politiques, les stratégies et la planification

Améliorer l'éducation, la sensibilisation et les capacités individuelles et institutionnelles en ce qui concerne l'adaptation aux changements climatiques

Mettre en oeuvre l'engagement pour répondre aux besoins en ce qui concerne les mesures concrètes d'atténuation et d'adaptation en mettant les moyens financiers nécessaires et en les monitorant.

Stratégie de développement durable en VdF

1^{ère} étape: état des lieux

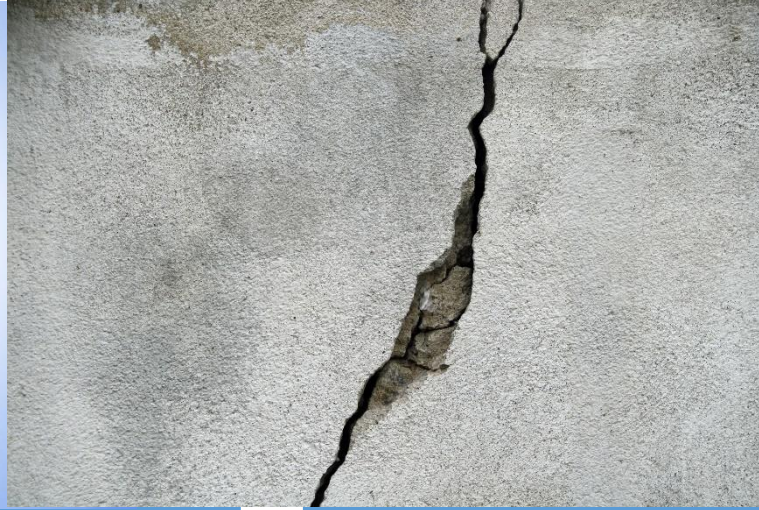
Savoir d'où l'on vient pour mieux définir où on va

Bilan CO2
Administration

Bilan CO2
Territoire

Analyse des
risques

Stratégie de développement durable en VdF



Impact social

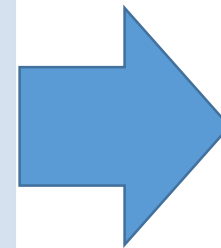
- Impact santé humaine
- Bien-être

Impact économique

- Impact productivité
- Coûts liés aux moyens d'atténuation et adaptation

Impact environnemental

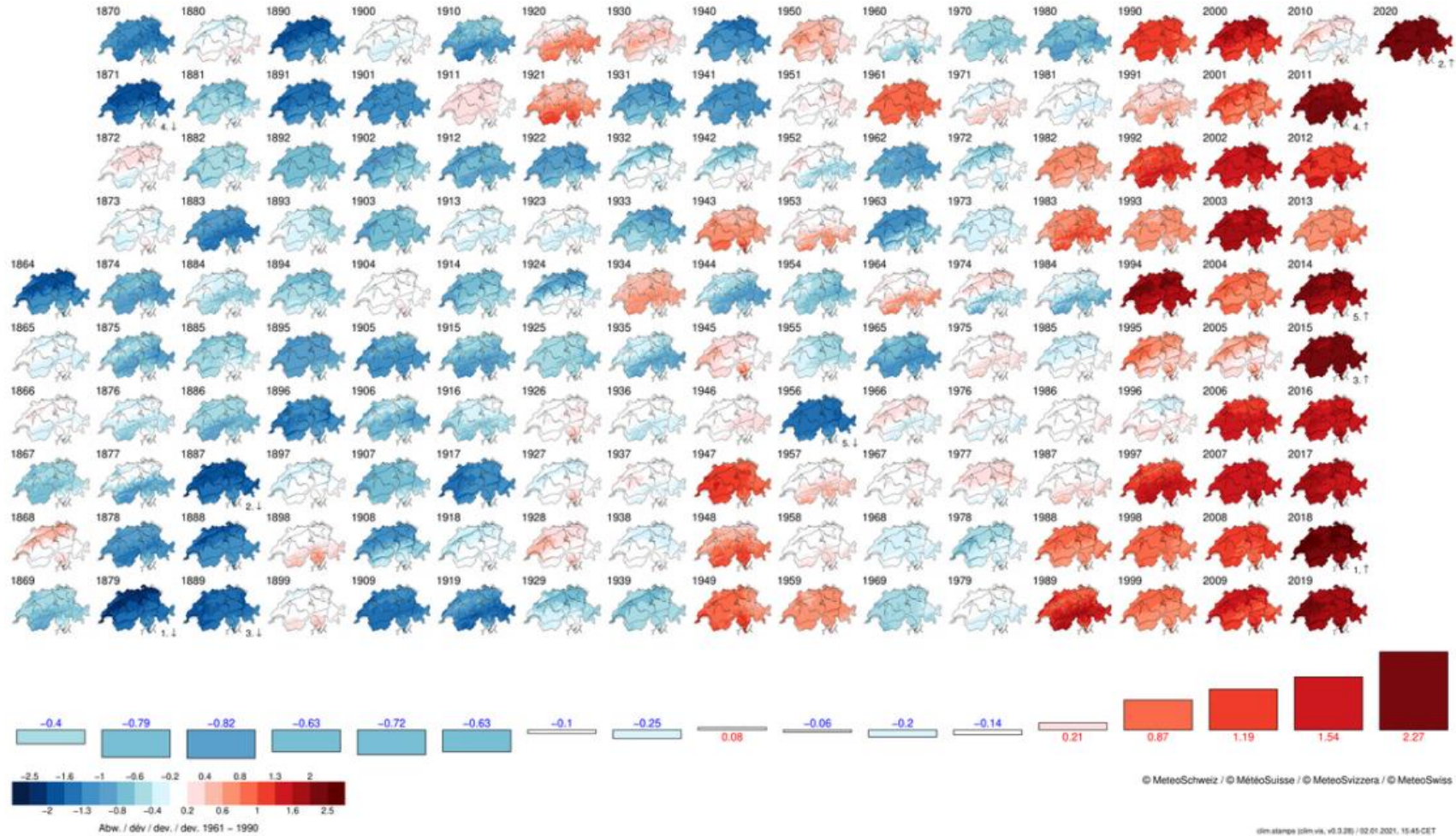
- Besoin en énergie de refroidissement
- Modification de la végétation
- Diminution de la biodiversité



Où sont les principaux enjeux?

Comment prioriser les mesures?

Le changement climatique en Suisse



Le changement climatique en Suisse

Changements observés

Ensoleillement

-15% 1950-1980
+20% depuis 1980

Fortes précipitations

12% plus intenses
30% plus fréquentes
depuis 1901

Précipitations hivernales

+20 à 30%
depuis 1864

Jours de neige

-50% au-dessous de 800 m
-20% au-dessous de 2000 m
depuis 1970

Saison de végétation

+2 à 4 semaines
depuis 1961

Vagues de chaleur

+200% plus
fréquentes et
plus intenses
depuis 1901

Froid

Jusqu'à -60%
de jours de gel
depuis 1961

Isotherme du zéro degré

+300 à 400 m
depuis 1961

Volume des glaciers

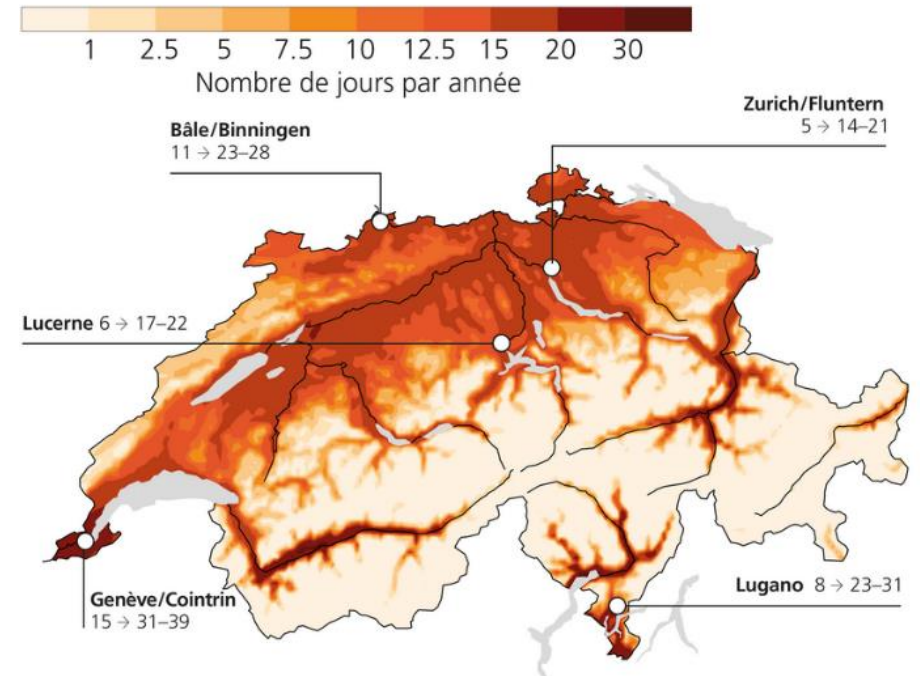
-60%
depuis 1850

+2,0 °C
depuis 1864

Nettement plus marqué que la moyenne globale de
+1°C par rapport à 1850

Évolution du nombre de journées tropicales

Évolution attendue du nombre de jours avec des températures supérieures à 30 degrés Celsius vers 2060 par rapport à 1981-2010 (moyenne sur 30 ans) sans mesures de protection du climat. Les valeurs correspondent à la période de référence 1981-2010 et les changements possibles vers 2060.



Îlots de chaleur en ville de Fribourg : contexte et objectifs



Contexte :

- Deuxième phase du programme pilote du plan d'adaptation au changement climatique de la Confédération ;
- Le programme pilote vise à promouvoir l'élaboration et la mise en œuvre de projets exemplaires d'adaptation aux changements climatiques ;

Objectifs :

- Identification des îlots de chaleur en ville de Fribourg sous différents scénarios de changement climatique et d'urbanisation ;
- Catalogues de mesures de mitigation et nouvelles simulations comparatives ;
- Communication aux politiques, planificateurs urbains et habitant-e-s.

Qu'est ce qu'un îlot de chaleur urbain (ICU) ?

Albedo : 0.20 pour une surface végétale et 0.05 pour du bâti

Evapotranspiration des végétaux

Evapotranspiration des sols
(importance des sols perméables)

Energie stockée dans les matériaux

Chaleur anthropogène (transports, systèmes de froid, industrie...)

Îlot de chaleur urbain

Figure 3a: Typical Daily Summer Rural Energy Balance

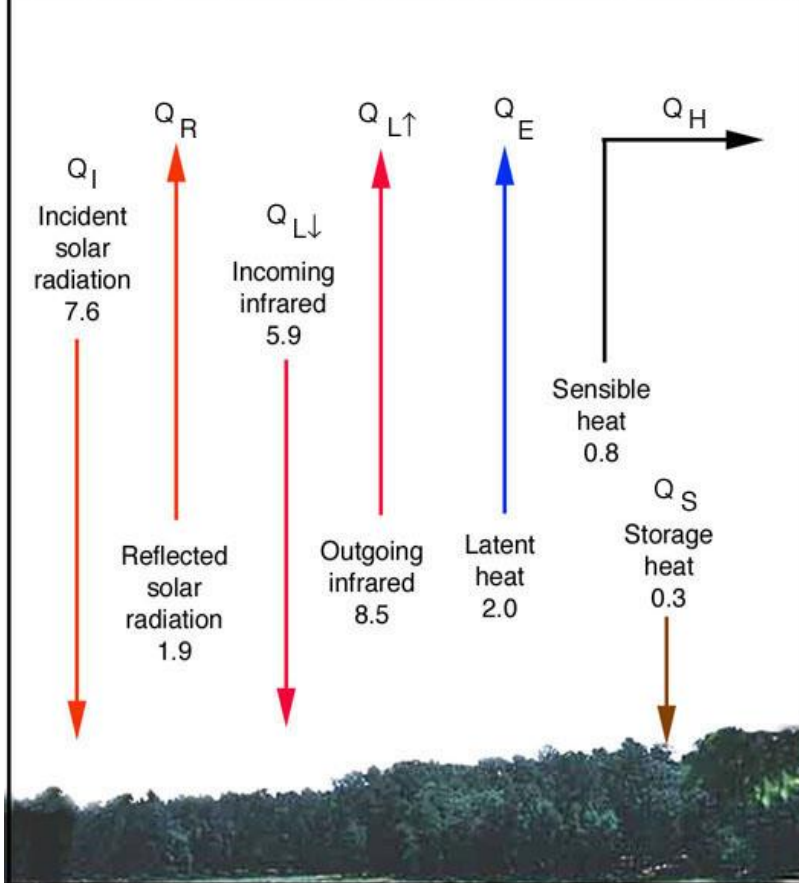
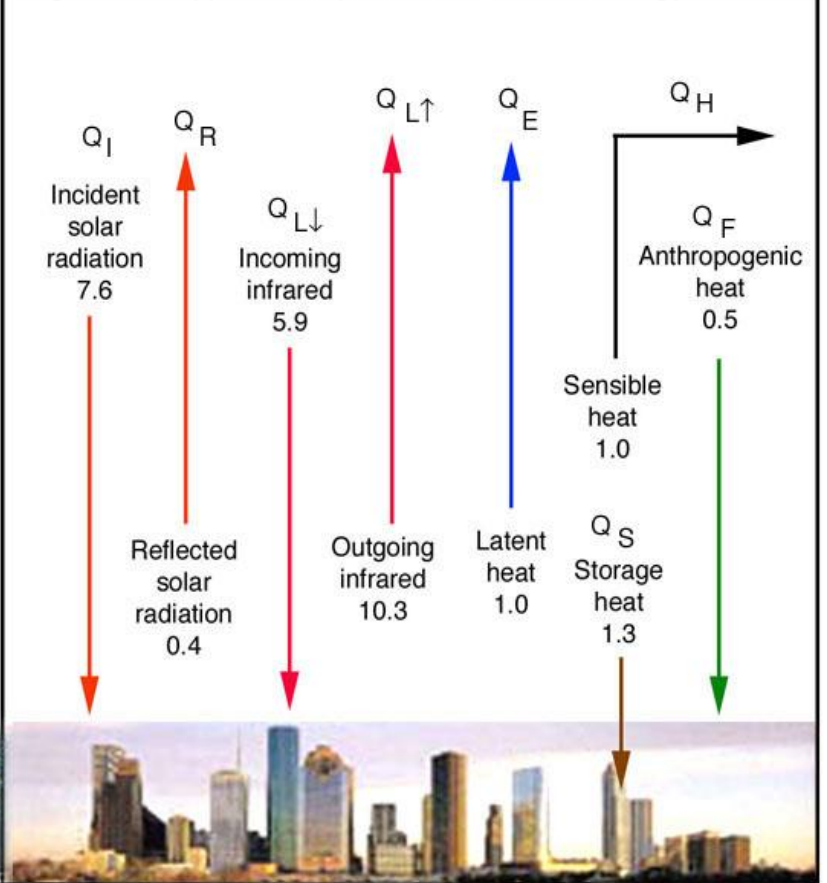


Figure 3b: Typical Daily Summer Urban Energy Balance

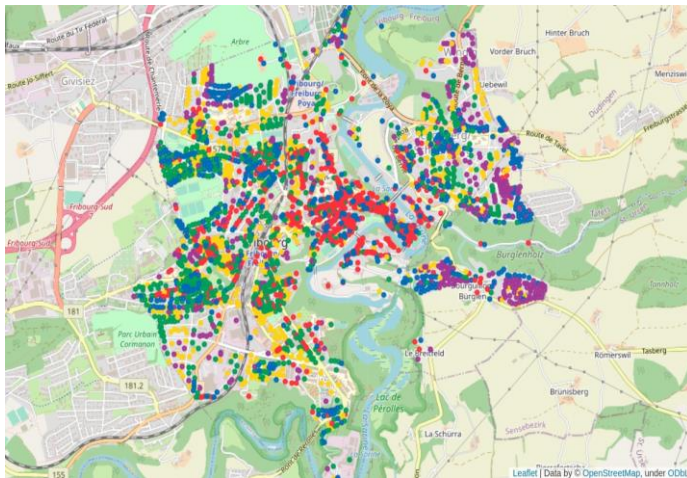


Typical daily summer rural and urban energy balance (Sass, 2014)

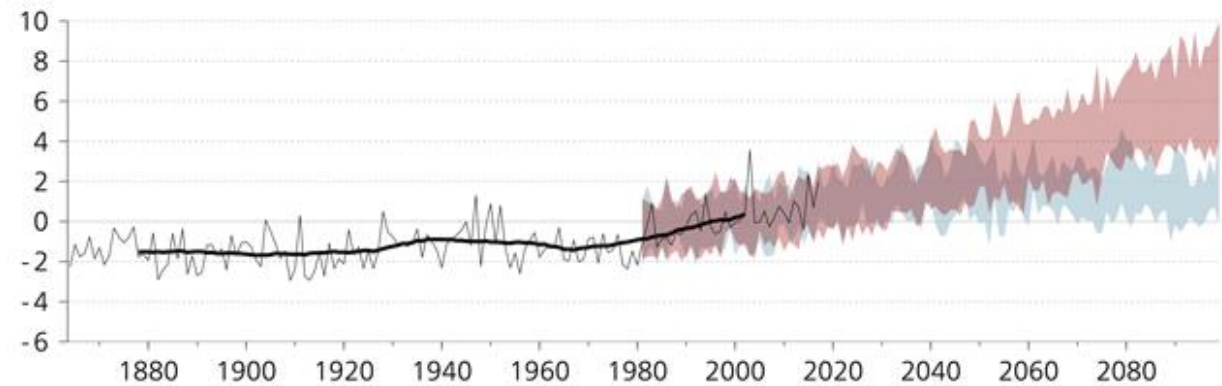
Méthodologie



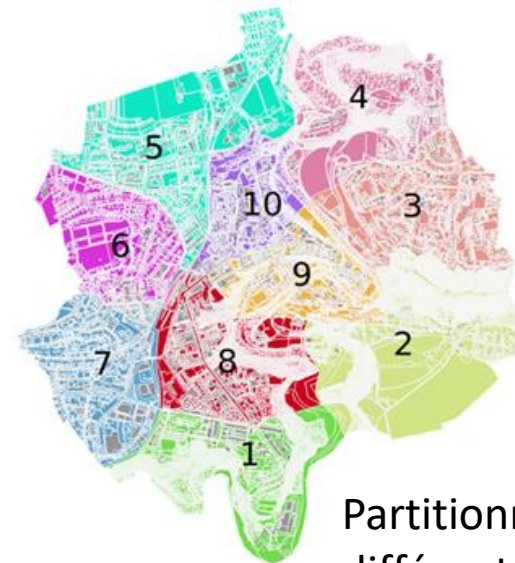
Données Swisstopo, Groupe E
et ville de Fribourg



Calibration des modèles sur la base de la consommation
énergétique des bâtiments et de méthodes de clustering

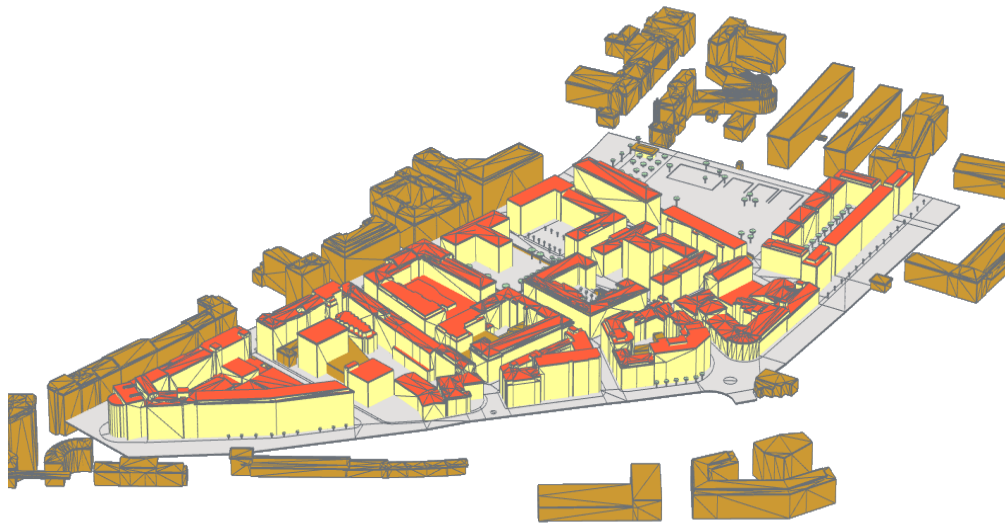


Scénarios climatiques pour la Suisse (Meteosuisse)

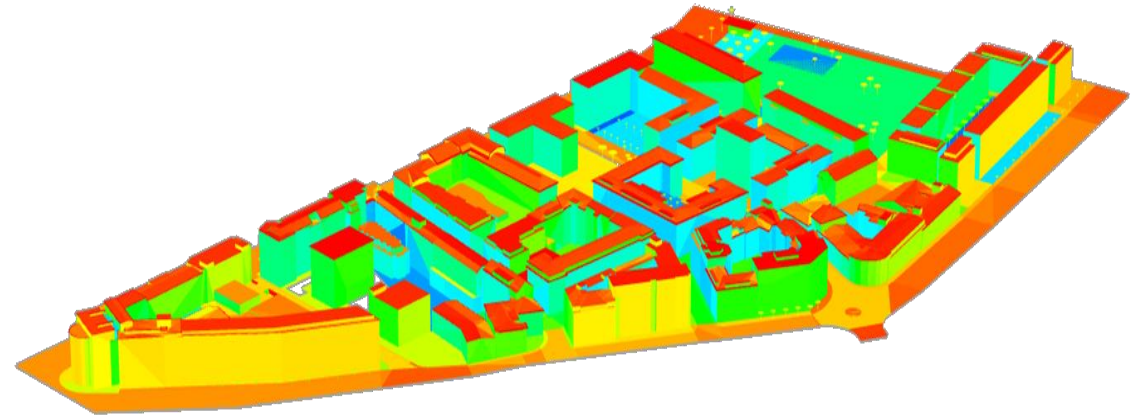


Partitionnement de la ville en
différentes zones

Méthodologie

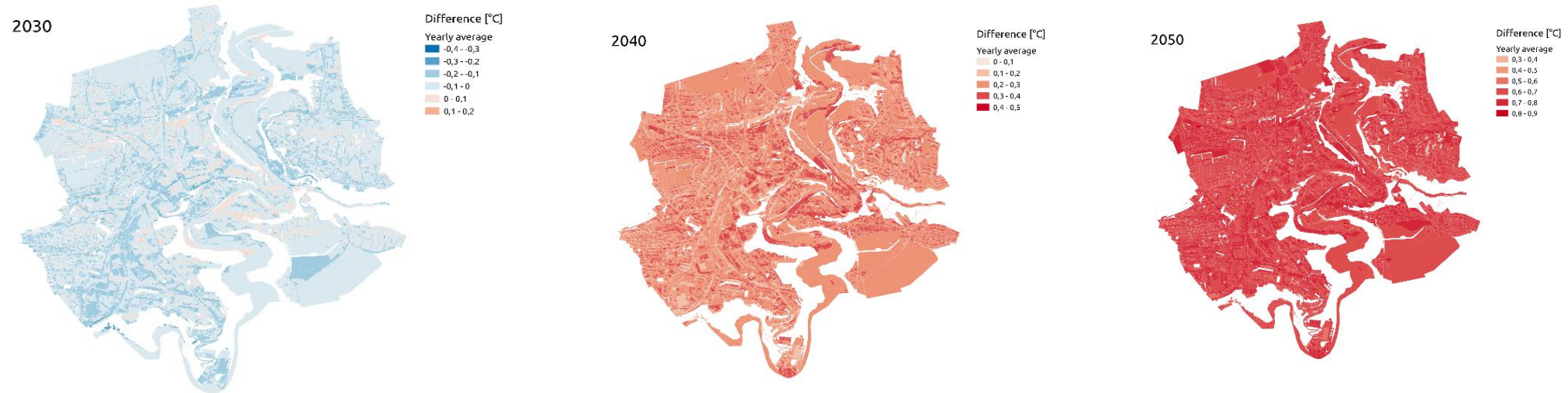


Modèle 3D de la ville dans Citysim



Cartographie de températures au sol

Résultats : évolution moyenne à 2050

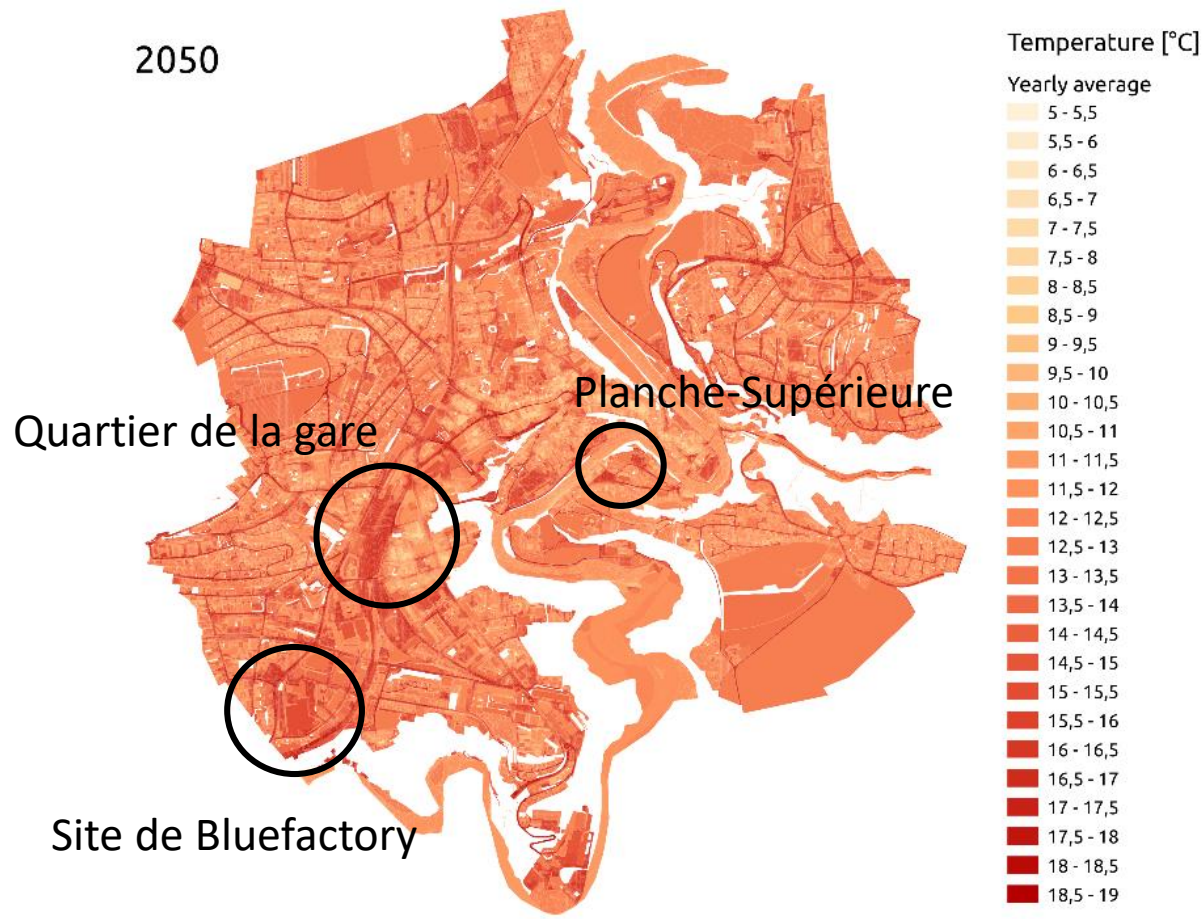


Températures moyennes des surfaces de la ville [°C]								
Scénario	Sols				Bâtiment			
	Min	Max	Moyenne	Différence (2017)	Min	Max	Moyenne	Différence (2017)
2017	5.2	18.4	12.2	-	6.6	15.5	11.7	-
2030	5.3	18.0	12.1	-0.1	6.7	15.3	11.6	-0.1
2040	5.7	18.4	12.4	+0.2	7.0	15.6	12.0	+0.4
2050	6.1	18.9	12.9	+0.7	7.4	16.1	12.4	+0.7

Augmentation moyenne **de + 0.2 °C** par décennie, soit environ deux fois plus vite que la réchauffement global (+0.1 °C par décennie) !

Rappel : limiter le changement climatique à +1.5 °C par rapport à l'époque préindustrielle impose de ne pas dépasser +0.1 °C par décennie

Résultats : évolution moyenne à 2050



- Augmentation des températures très différenciée en fonction de l'environnement urbain ;
- Les zones enregistrant les plus fortes augmentations de températures partagent toutes les mêmes caractéristiques (sols imperméables, peu ou pas d'ombre, absence de végétation et d'arborisation ...)
- Exemple de la Planche-Supérieure :
 - En 2050, température estivale moyenne de 30.4 °C
 - Augmentation de +1.0 °C par rapport à 2017
 - Soit environ +0.3 °C par décennie

Conclusion : l'environnement urbain se réchauffe plus rapidement qu'en moyenne. À l'intérieur de la ville, certaines zones contribuent plus significativement au réchauffement -> identification et priorisation nécessaires.

Résultats : mesures de mitigation

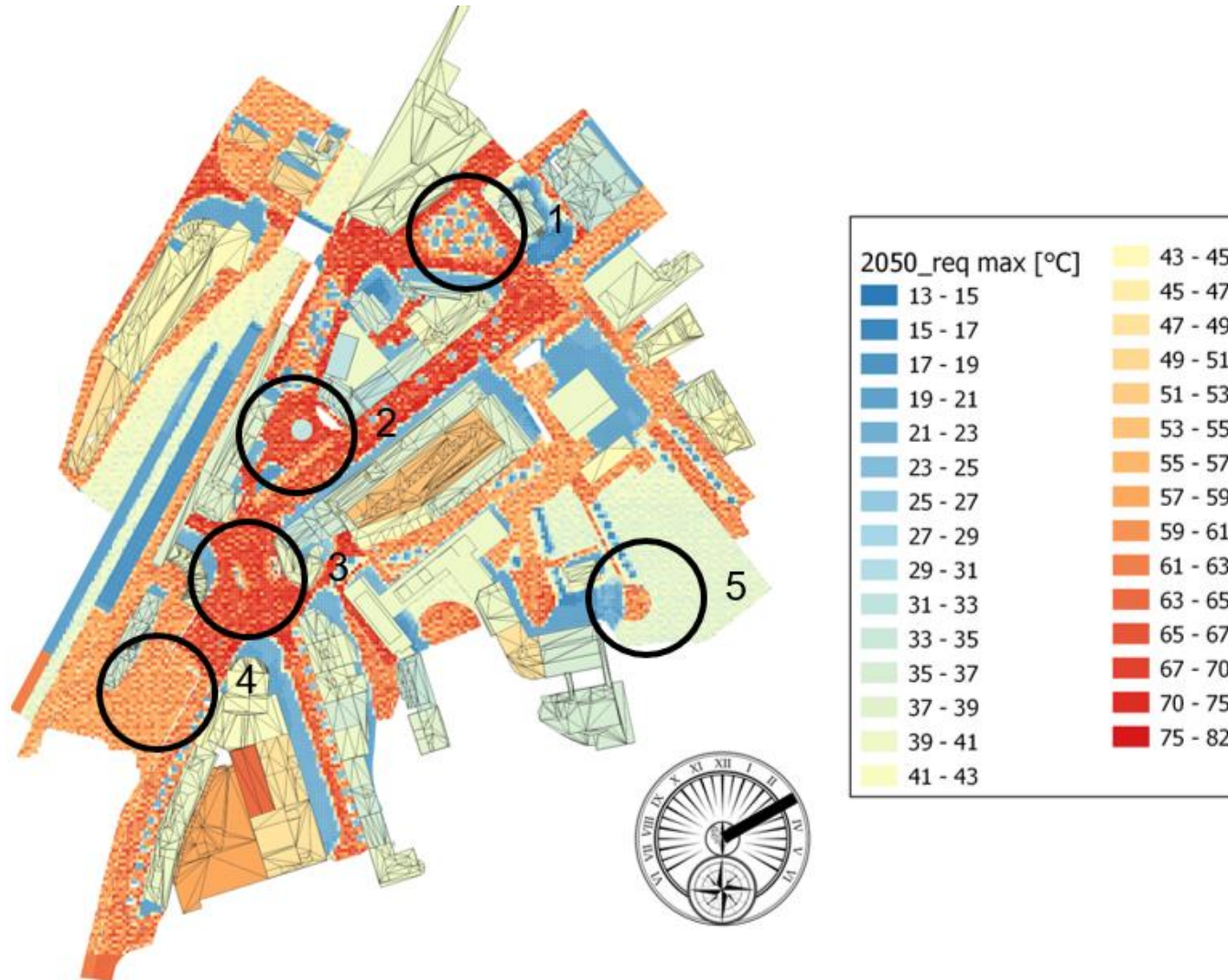


Une urbanisation intégrant prioritairement la contrainte climatique peut significativement, voir totalement (sur notre cas d'étude) compenser la hausse moyenne des températures !

Températures moyennes pondérées selon l'aire des surfaces [°C]

Scenario	annuelle				à l'heure chaude			
	min	max	moyenne	différence	min	max	moyenne	différence
2017	7.9	33.4	13.5	0.0	13.3	89.3	40.4	0.0
2050_req	8.6	34.4	14.1	+ 0.6	13.5	91.0	41.0	+ 0.6
2050_opt	8.5	33.1	13.5	0.0	13.5	91.7	39.3	- 1.1

Résultats : comment s'adapter ?



1. Ombrage des arbres et sols perméables
2. Mesures d'intégration d'espaces d'eau
3. Zone de la gare qui combine tous les facteurs des ICU
4. Choisir des sols adaptés (ici des pavés)
5. Les surfaces végétalisés ont un effet positif qui peut être augmenté par la qualité et la densité de la végétalisation.

Figure 23: Heure chaude pour le scénario requalifié 2050

Conclusions

Intensité des mesures								Types de mesures
	1	2	3	1+2	1+3	2+3	1+2+3	
Forte								
Modérée								
Faible								

Type de mesures :

1. Albédo
2. Ombre
3. Végétalisation

En raison de la complexité urbaine et de la particularité de chaque surface, il n'est pas possible de dire que XX mètres carrés de la mesure YY réduit les températures de ZZ degrés en moyenne ! Mais...

1. l'aménagement urbain sous l'angle des ICU devrait être développé **en termes d'intensité et de réseau de mesures**. L'infrastructure climatique doit trouver sa place, au même titre que les infrastructures écologique, énergétique, de transports etc...
2. Il convient d'identifier prioritairement les zones contribuant plus significativement à l'augmentation des températures. Tous les environnements construits sont concernés, pas uniquement en milieu urbain !

Résultats : comment s'adapter ?

Pavillon de démonstration conçu pour

- faire l'expérience d'un microclimat estival rafraîchi par une combinaison d'ombrages, de végétation, de vaporisation de gouttelettes d'eau et de courants d'air
- quantifier les effets de certaines mesures de mitigation afin d'établir des lignes directrices en matière de mobilier urbain à l'échelle de la rue et du quartier
- sensibiliser les utilisateurs à l'importance de la nature en ville, notamment en vulgarisant la démarche scientifique



**Autonomie
énergétique**



Cohésion sociale



**Îlots de chaleur
urbains**



Recherche et innovation



**Sensibilisation et
éducation**



Ville de demain



Projet de pavillon urbain / **DEMO-MI2** : **DEMO**nstrateur de mesures de **MI**ttigation **MI**croclimatiques

Urbanisme

Comment intègre t'on les résultats de cette étude dans la planification urbaine globale et dans les différents projets?

L'aménagement se conçoit sur les espaces publics et sur les espaces privés.

Pour lutter contre les ilots de chaleur, il s'agit de procéder à une combinaison de mesures relatives à:

- L'architecture
- La présence de l'eau
- La couleur des matériaux
- L'ombrage (arborisation, mobilier,...)
- La perméabilisation des sols

Urbanisme

3 pistes de principes

- L'urbanisme, l'architecture

D'autres villes ont intégré la question des vents, des flux d'air dans les modélisations. Ce sont des modèles très complexes. Nous n'avons pas de mesures spécifiquement pour l'instant en matière d'architecture ou d'urbanisme hormis dans les planifications des plans d'aménagement de détails à venir. Des spécialistes pourraient être sollicités pour étudier cette thématique dès le démarrage du projet.

- La présence de l'eau

Pour l'instant, la présence de l'eau est vu comme ludique, qualitative. Il n'y a pas une obligation d'intégration de l'eau dans les projets.

- La couleur des matériaux

Une piste que l'on va explorer. Nous sommes dans l'attente de tests et études en cours dans d'autres villes (Sion). Quelques tests en interne pour diminuer d'une teinte les revêtements.



Urbanisme

- L'ombrage : arborisation

En lien avec les ilots de chaleur, mais aussi pour des questions en lien avec la biodiversité, la qualité de vie,..., la maximisation de plantation d'arbres en ville est aujourd'hui un objectif, une volonté, une base légale.

Différentes mesures sont présentes dans notre RCU:

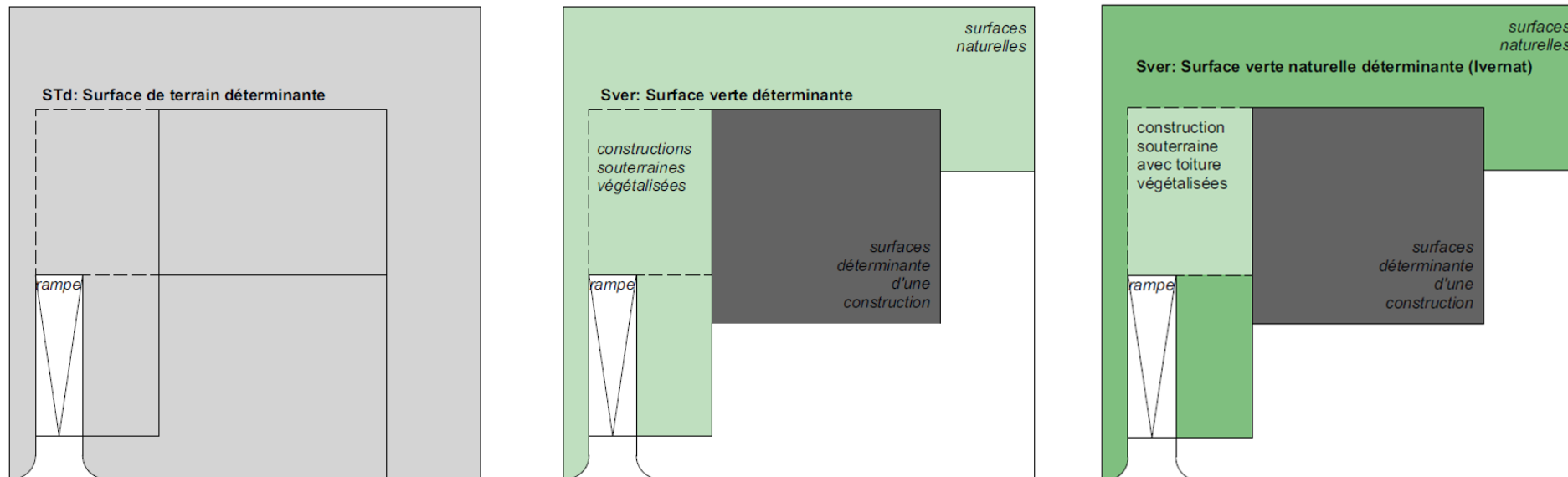
- Introduction d'un indice vert
- Précisions quant à la protection des éléments naturels: nouvelle norme pour la protection des arbres, précision des définitions (arbre d'essence majeur, arbre en cépée, arbuste, bosquet, cordon boisé et haie vive), principe de favoriser les essences indigènes et liste des plantes invasives interdites, mise en place d'un inventaire pour les plantations et aménagements de compensation
- Principe de végétalisation et/ou installations solaires thermiques et/ou photovoltaïques pour les toitures de plus de 20.00 m² et avec une pente de moins de 15° ; toiture d'agrément possible
- Plantations d'arbres en lien avec nouveaux m² construits ainsi que places de stationnement

Une étude complémentaire sera réalisée prochainement sur la base d'autres études en Suisse concernant les espèces d'arbres plantés en milieu urbain au regard du réchauffement climatique.

Urbanisme

Différenciation entre indice de surface verte et indice de surface verte naturelle

- L'indice de surface verte naturelle comprend uniquement les surfaces naturelles et/ou végétalisées qui ne sont pas situées au-dessus d'une construction souterraine ou semi-enterrée. Il regroupe donc des surfaces plus qualitatives
- L'indice de surface verte est de 0.4 et l'indice de surface verte naturelle de 0.3



Il faudra quelques années pour évaluer les effets de cet indice. Quel impact aurait-il à long terme?

Urbanisme

- L'ombrage : mobilier urbain

Les services de la Ville finalisent actuellement sur une directive interne concernant le mobilier urbain (bancs, potelets, main courante, luminaires, abris-bus...).

La question de l'ombrage par du mobilier urbain, tel que couvert, voileure, ou autre n'a pas été étudié de manière globale, mais pour l'instant dans des projets d'aménagement d'espaces publics au cas par cas.

Ce point pourrait faire l'objet d'approfondissement dans le cadre des planifications futures provisoires ou permanentes.



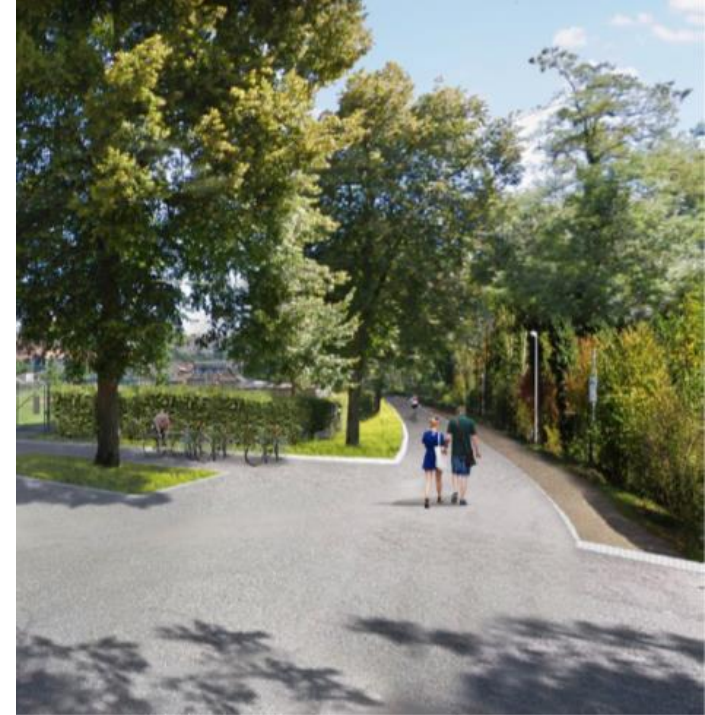
Urbanisme

- La perméabilisation des sols

La réglementation, au travers de l'indice vert, prend en compte la perméabilité des sols au niveau des parcelles privées.

La réglementation oblige également les sols perméables pour les nouvelles places de parcs.

D'autres pistes pourraient être étudiées.



Extrait de l'avant-projet Sarine. Diminution de l'emprise imperméable du chemin de la Motta au strict minimum

Concernant l'aménagement de l'espace public, les professionnels sont désormais attentifs à laisser les sols perméables en ville au maximum. Des possibilités existent: conversion de place de stationnement, augmenter les bandes naturelles le long des routes, créer plus de surfaces perméables et naturelles autour des arbres,...

A chaque occasion, la faisabilité est étudiée pour augmenter les surfaces perméables et naturelles.

Toutefois, les contraintes sont parfois importantes au regard de la densité des types d'usages de l'espace public. Les revêtements proposés ne doivent pas être en inadéquation avec la fluidité des déplacements, comme par exemple, pour les personnes à mobilité réduite. Dès lors, les bandes qui n'ont pas d'usage spécifique pourraient faire l'objet de reconversion.



MERCI pour votre attention

Dr. Aline Hayoz-Andrey ▪ Responsable DD

Service Génie Civil, Energie, Environnement
Secteur Energie et Développement durable

Ville de Fribourg
Aline.hayoz-andrey@ville-fr.ch
026 351 75 61

Dr Marc Vonlanthen ▪ Physicien
HEIA-FR

Marc.Vonlanthen@hefr.ch
026 429 67 33

Delphine Galliard ▪ Urbaniste

Service Urbanisme et Architecture
Secteur Développement urbain

Ville de Fribourg
Delphine.galliard@ville-fr.ch
026 351 75 13