

RAFRAÎCHIR LA VILLE

CHANGEMENT CLIMATIQUE, CHALEUR ET SANTÉ : DÉCRYPTAGE DES ENJEUX

Erwan Cordeau (DEUR) & Sabine Host (ORS) de L'Institut Paris Region, 25 mai 2023

Série de webinaire « Vivre avec le changement climatique, les territoires s'engagent »
– Réseau Îsée



Tendances du climat francilien – focus chaleur

Ce qui est déjà observé / ce qui est projeté

**Climat francilien, tendances actuelles & prospective :
vague de chaleurs, canicules, sécheresse des sols
et
augmentation des températures nocturnes par effet d'ICU
(Erwan Cordeau, DEUR)**

Vagues de chaleur et canicules : + prospective socio-démo-urbaine

⇒ Evolution du contexte mondial / local

- 1) Les effets du réchauffement climatique
 ➔ Températures, sécheresse, **vagues de chaleur**
- 2) Près des 2/3 de la population mondiale
 en zone urbaine dans 25 ans (selon les Nations Unies)
 ➔ Effet aggravant d'**îlot de chaleur urbain** (ICU)



⇒ Evolution des enjeux liés au bâti

- 1) Extension urbaine versus densification,
 vers une poursuite de la « minéralisation » des villes !
- 2) Glissement progressif vers les enjeux de confort d'été
 et de disponibilité de l'eau pour les besoins vitaux et le
 rafraichissement des centres urbains

Tendances du climat francilien – focus chaleur

Ce qui est déjà observé / ce qui est projeté

Les connaissances scientifiques récemment rassemblées pour l'Île-de-France (DRIAS, travaux du GREC francilien) confirment les premiers enseignements de l'étude cadre régionale sur la vulnérabilité de 2012.

En lien avec la chaleur,

l'Île-de-France est principalement concernée par les **évolutions tendancielles** suivantes :

- Une **élévation des températures d'environ 2°C depuis le milieu du 20ème siècle (+0,3°C par décennie)** ;
- La **poursuite du réchauffement au cours du XXIème siècle**. Ce dernier pourrait dépasser 3°C voire atteindre 4°C, sans politique climatique, à l'horizon 2071-2100 par rapport à la période de référence 1951 – 2005 ;
- ***L'assèchement des sols de plus en plus marqué au cours du XXIème siècle en toute saison.***

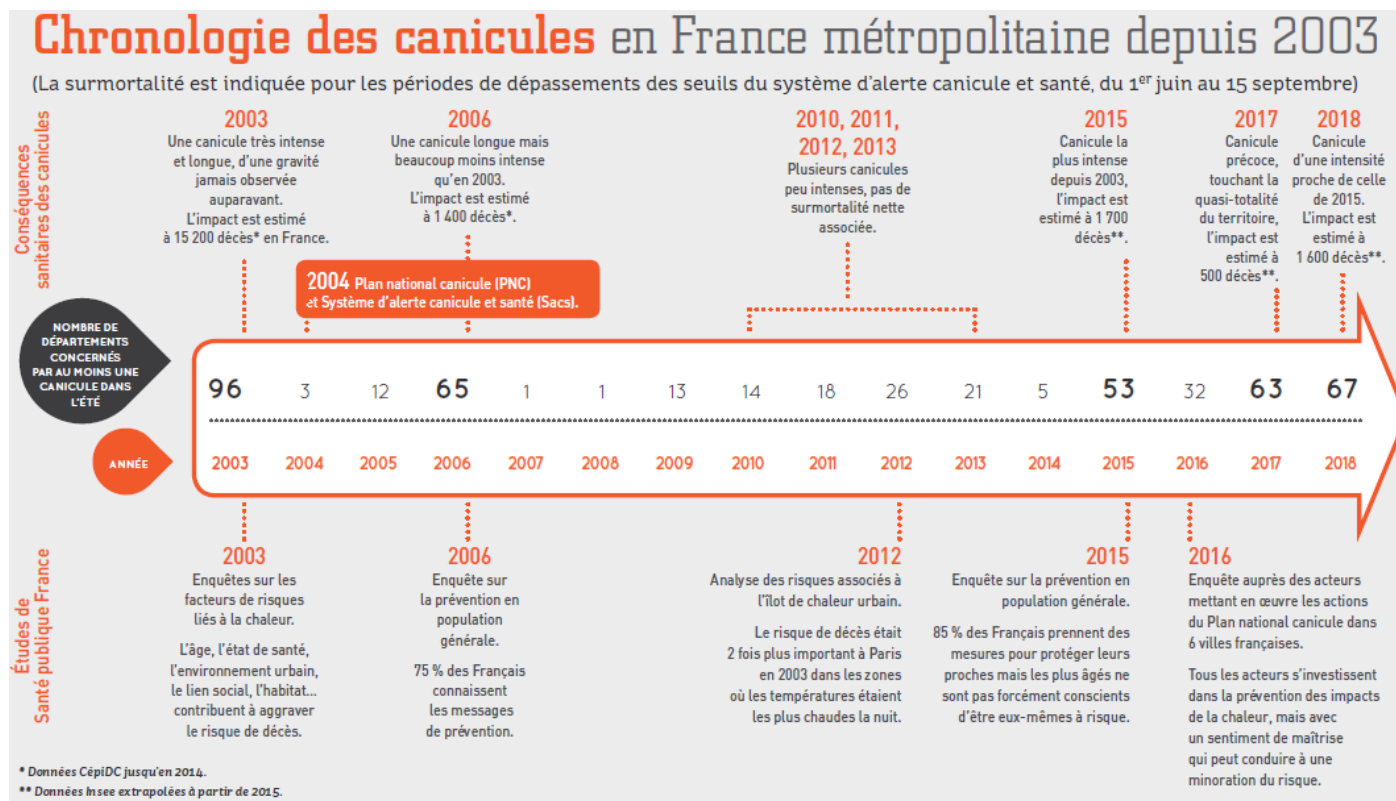
L'Île-de-France est aussi sujette à des **extrêmes climatiques** attribuables au CC :

- **Des vagues de chaleur comme celle de la canicule 2003, voir plus sévères**, sont probables. Depuis 2013, on dénombre 7 années à canicule. Les vagues de chaleur récentes deviendront fréquentes si le réchauffement global dépasse 2°C ;
- *Si les sécheresses n'ont pas d'évolution marquée dans les dernières décennies, les projections climatiques indiquent un **accroissement des sécheresses (tous types) en été***

Tendances du climat francilien – focus chaleur

Ce qui est déjà observé / ce qui est projeté

Vagues de chaleur et canicules : rétrospective événementielle



Source : Santé publique France

L'été 2019 :

plusieurs canicules dont une précoce (fin juin) – 1500 décès en excès

Les étés 2020 et 2022 :

impacts sanitaires (resp. 1900 et 2800 décès)
les plus importants depuis le plan national canicule en 2004

(juste devant les étés 2015, 2018 et 2019).

Vagues de chaleur versus canicules : quelques définitions

Les **vagues de chaleur**, termes **générique**, correspondent à des températures anormalement élevées, observées **pendant plusieurs jours consécutifs**.

Une **canicule** correspond à une chaleur intense **pendant au moins trois jours consécutifs**, sur la base de **seuils de température diurnes** et **nocturnes** construits pour chaque département métropolitains.

Ces seuils identifient des **chaleurs inhabituellement fortes** par rapport au climat local et **qui présentent un risque pour une large partie de la population** (*Santé publique France*) : notamment pour les personnes fragiles ou surexposées (canicule ; niveau de vigilance météorologique **orange**) et pour tout type de population (canicule extrême par sa durée, son intensité, son extension géographique ; niveau de vigilance météorologique **rouge**).

Des critères d'environnement local et de vulnérabilité de la population entrent ainsi en ligne de compte. On calcule notamment à partir de quel seuil de température s'observe une surmortalité dans chaque département.

Tendances du climat francilien – focus chaleur

Ce qui est déjà observé / ce qui est projeté

Evolution du nombre de jour de vague de chaleur en Île-de-France

Indicateurs DRIAS 2020 - Simulations climatiques atmosphériques (modèle ALADIN63_CNRM_CM5), DRIAS 2022 indicateur NORTXHHWD, selon les Scenarii RCP 4.5 et 8.5, en jour(s)

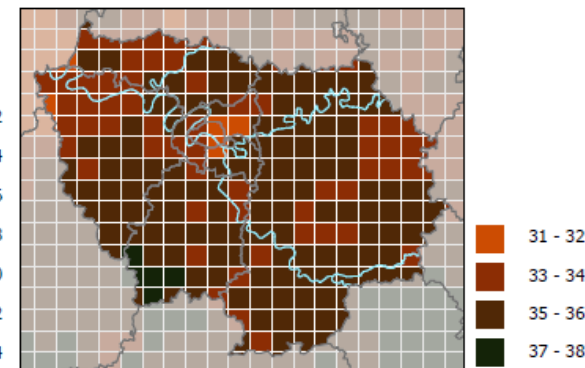
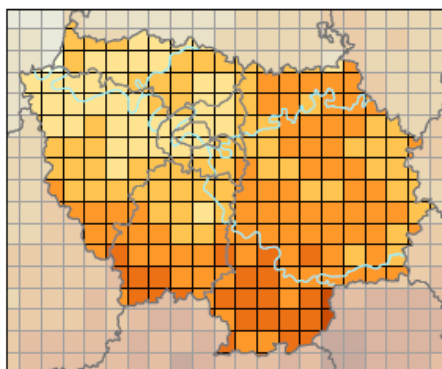
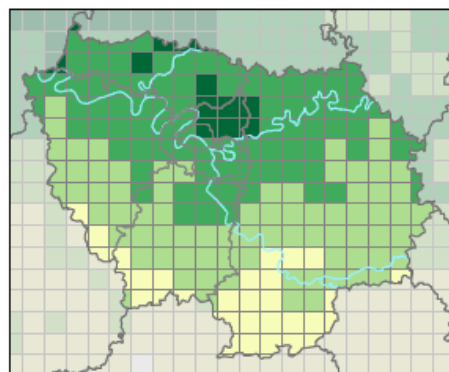
Horizon proche (2021-2050)

Horizon moyen (2041-2070)

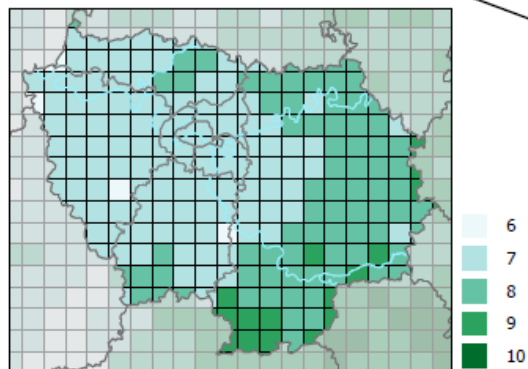
Horizon lointain (2071-2100)

RCP 4.5

Scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2



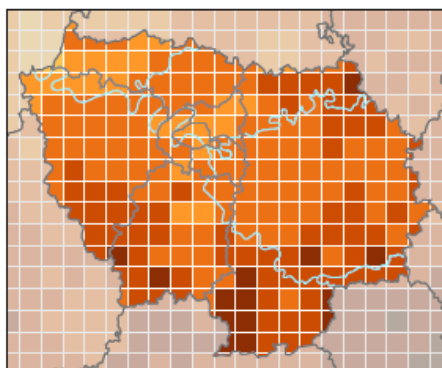
Référence (1976-2005)



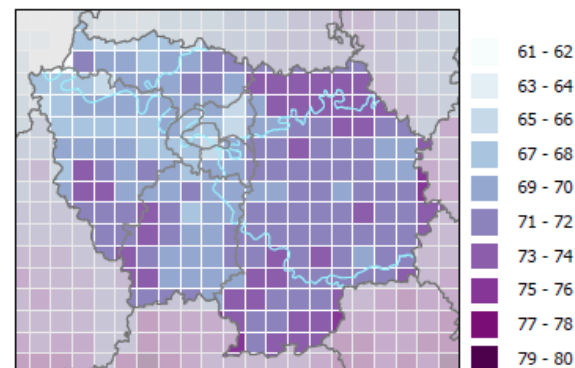
RCP 8.5

Scénario sans politique climatique

Horizon moyen (2041-2070)



Horizon lointain (2071-2100)



Tendances du climat francilien – focus chaleur

Ce qui est déjà observé / ce qui est projeté

Evolution du nombre de jours de nuits tropicales

Indicateurs DRIAS 2020 - Simulations climatiques atmosphériques (modèle ALADIN63_CNRM_CM5), DRIAS 2022 indicateur NORTR, selon les Scenarii RCP 4.5 et 8.5, en jour(s)

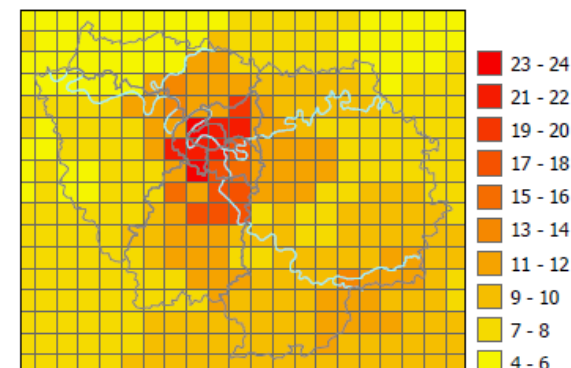
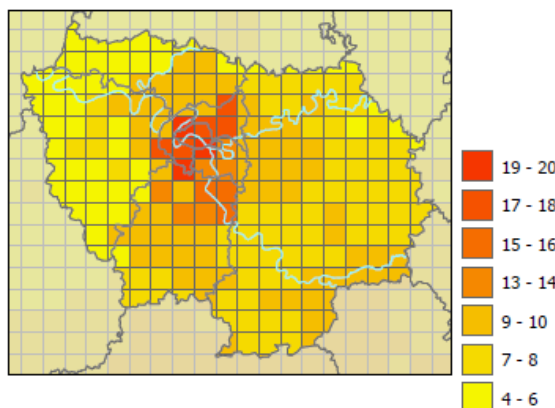
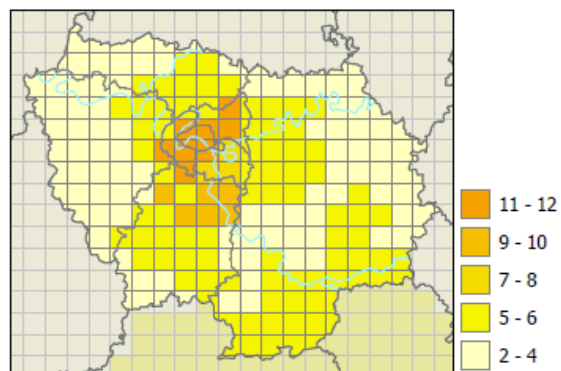
Horizon proche (2021-2050)

Horizon moyen (2041-2070)

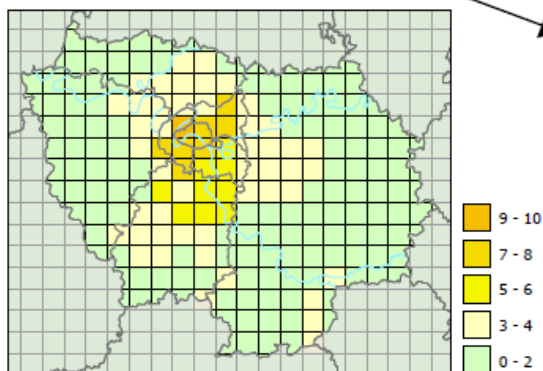
Horizon lointain (2071-2100)

RCP 4.5

Scenario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2

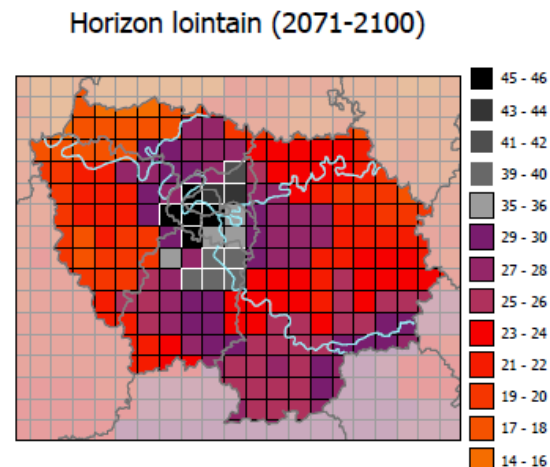
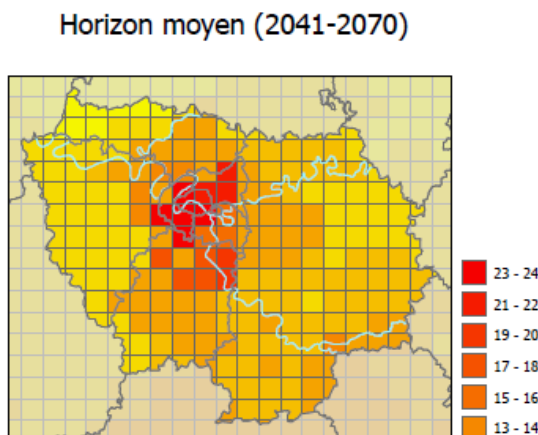


Référence (1976-2005)



RCP 8.5

Scénario sans politique climatique



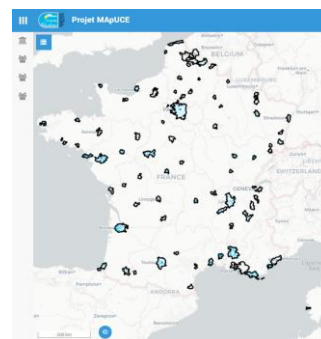
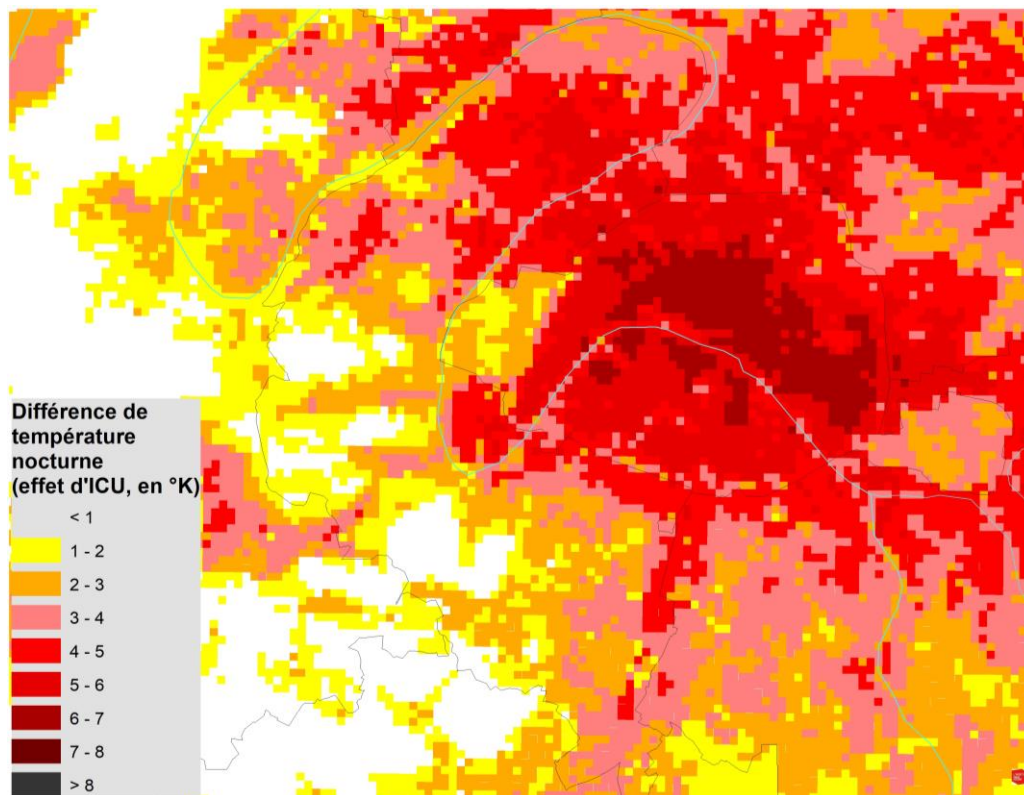
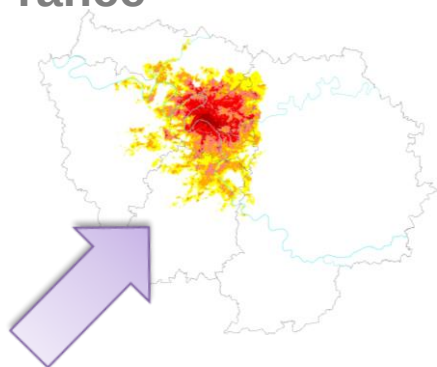
Tendances du climat francilien – focus chaleur

Ce qui est déjà observé / ce qui est projeté

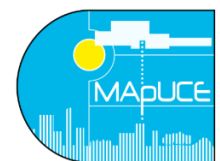
+ L'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU)

Modélisation de l'effet de l'agglomération sur la T° nocturne

Situation
estivale
propice à
un fort
ICU en
Île-de-
France



Projet
MApUCE
(ANR)



GAME
CEJU CIRT
FNAU
Lab-STICC
LAVUE
LIENSs
LISST
LRA

<http://mapuce.orbisgis.org>

temp

Effet de l'agglomération sur la température nocturne pendant une situation estivale propice à un fort îlot de chaleur urbain (exprimé en Kelvin) (= différence de température entre deux simulations (avec l'effet urbain et sans l'effet urbain))

ÉTÉ 1 : Vent faible du sud-ouest

Tendances du climat francilien – focus chaleur

Ce qui est déjà observé / ce qui est projeté

Evolution de la sécheresse d'humidité des sols (sécheresse agroécologique)

Indicateurs DRIAS 2020 - Simulations climatiques atmosphériques (modèle ARPEGE_V4.6)
indicateur SSWI, selon les Scenarii A1B et A2

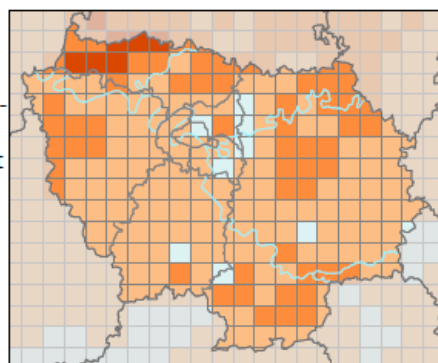
Horizon proche (2021-2050)

Horizon moyen (2041-2070)

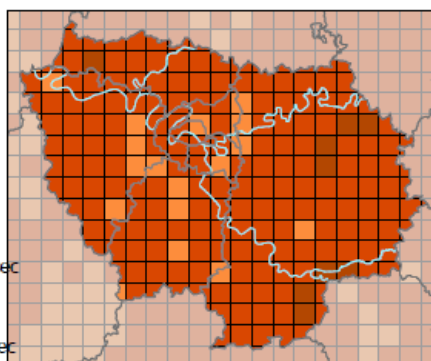
Horizon lointain (2071-2100)

A1B

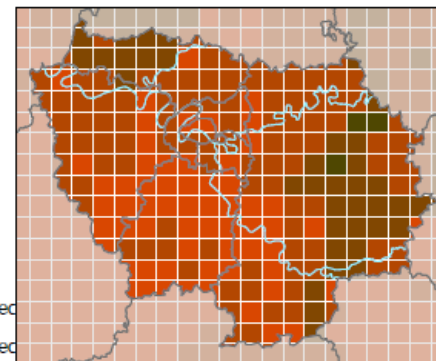
Réduction des inégalités Nord-Sud avec un développement économique sur le schéma actuel, misant sur l'équilibre entre les sources d'énergie



Normale
Modéré sec
Très sec
Extrém sec

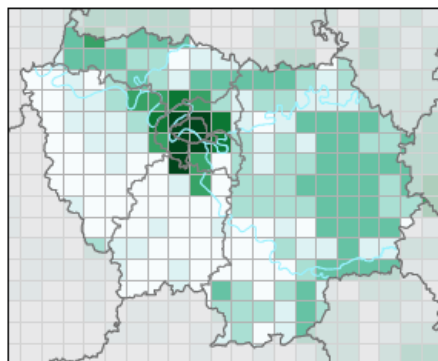


Très sec
Extrém sec
Extrém sec



Extrém sec
Extrém sec
Extrém sec
Extrém sec

Référence (1989-2008)

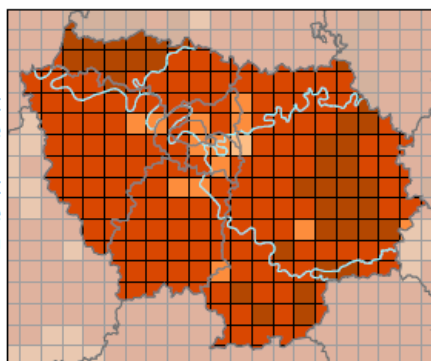


0,07 à 0,19
autour
de la
normale
(proche
modérément
humide)

Horizon moyen terme (2041-2070)

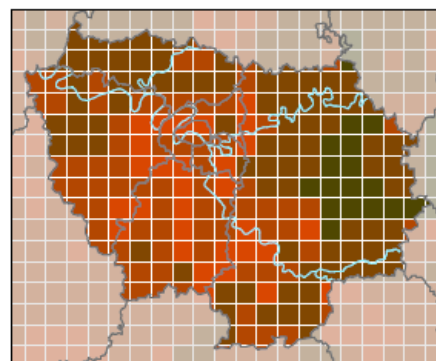
A2

Développement hétérogène avec un développement économique sur le schéma actuel



Modér sec
Très sec
Extrém sec
Extrém sec

Horizon long terme (2071-2100)



Extrém sec
Extrém sec
Extrém sec
Extrém sec

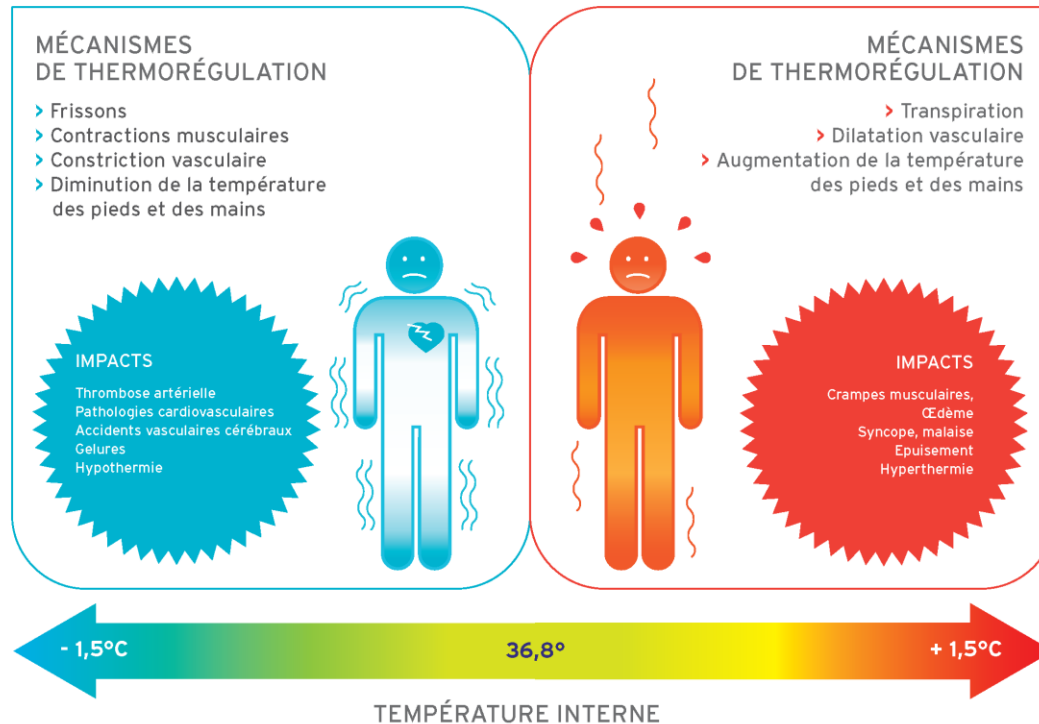
Chaleur et santé – les risques associés

Effets directs & indirects, facteurs de vulnérabilité

Chaleur et santé (Sabine Host, ORS)

Caractéristiques urbaines à risques de mortalité,
bien-être, qualité sommeil, stress, attention
écoute, populations les plus à risques
(PA, enfants et travailleurs)

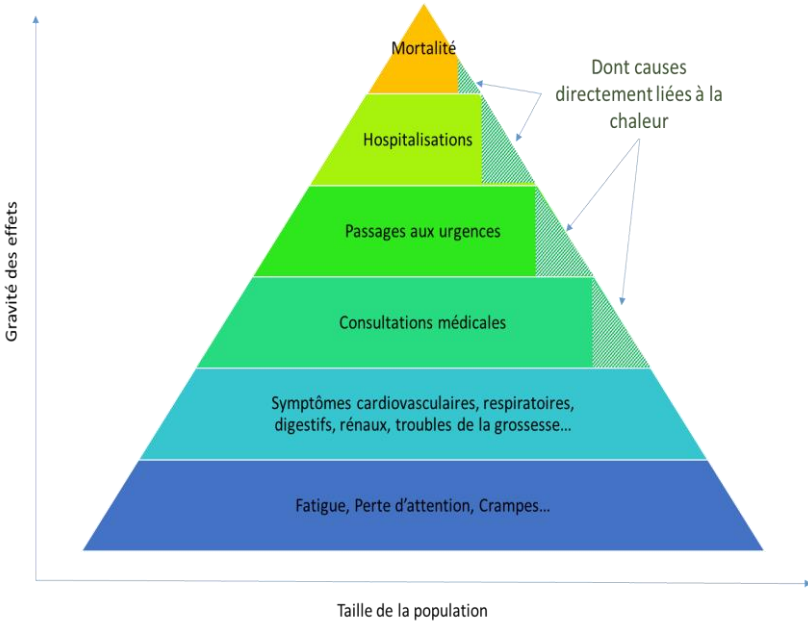
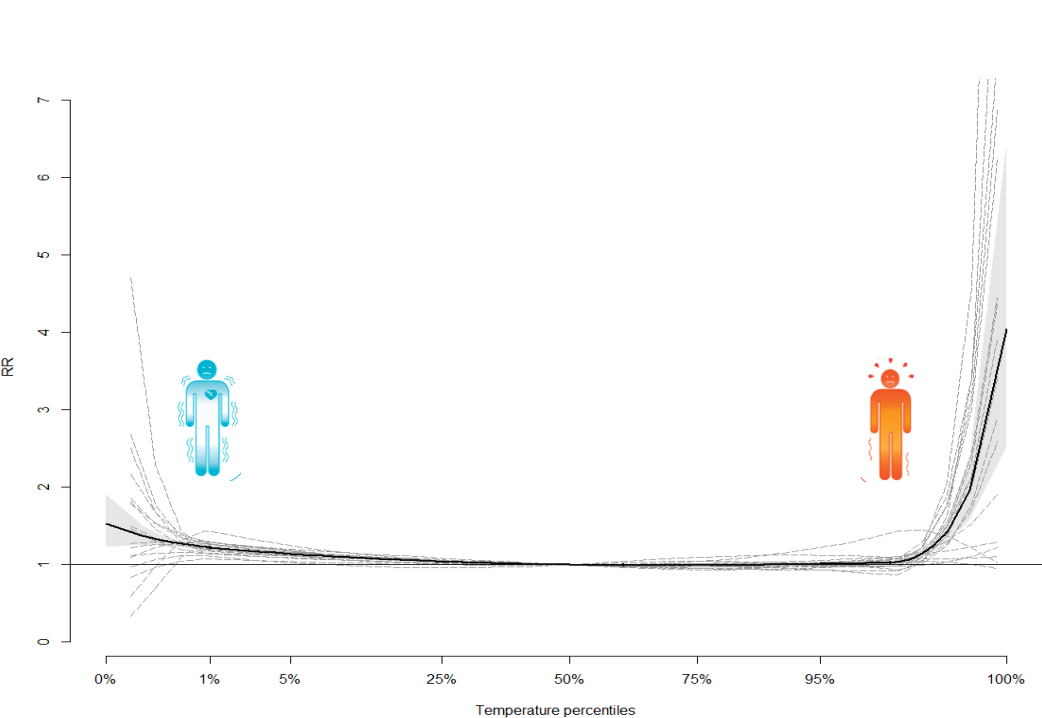
Des effets directs et indirectes de la température sur la santé



- **Les fortes chaleurs peuvent aggraver certaines pathologies chroniques**
 - maladies cardio-vasculaires
 - maladies de l'appareil respiratoire
- **Les effets de la chaleur peuvent être majorés par la prise de certains médicaments (notamment neuroleptiques entravent la fonction thermorégulatrice)**

Augmentation rapide du risque de décès avec la chaleur

- confirmé par plusieurs études épidémiologiques
- cohérent avec les connaissances physiologiques



Effets de la chaleur sur la santé

Evolution du risque de décès selon le percentile de la température moyenne dans 18 villes françaises

Effet de la chaleur vs effet des canicules

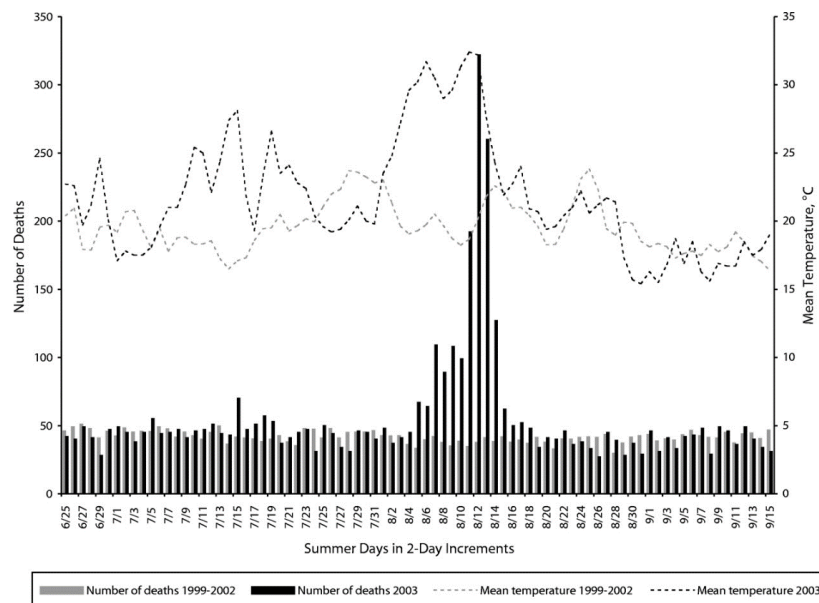
- Les canicules ne représentent qu'une partie de l'impact total de la chaleur (~1/3)
- Mais elles peuvent avoir des conséquences tragiques

Canicule de 2003

15 000 décès en excès au niveau national
5 000 au niveau francilien

- Impact toujours observé malgré la mise en place du plan national canicule en 2004
- Leur augmentation est très rapide

Mortalité à Paris durant l'été 2003



Température en °C

35

30

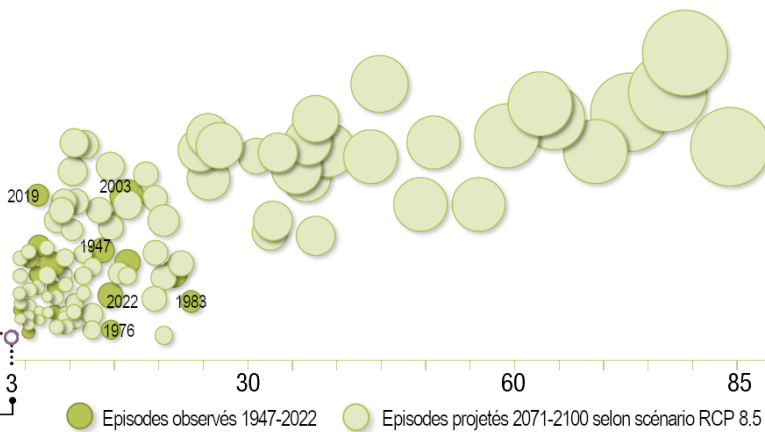
25,3

3



Deux éléments
qui déterminent
une vague de chaleur

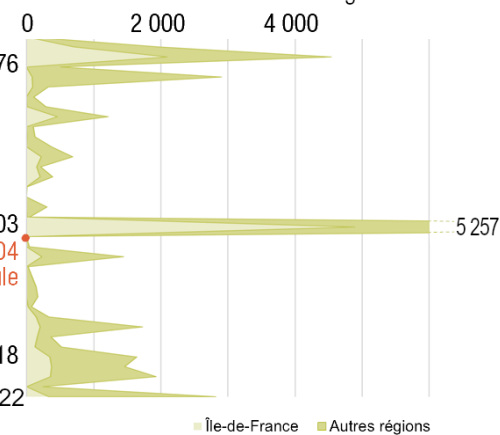
- Seuil indicateur thermique national → 25,3
- Durée minimale de jours consécutifs → 3



La surface de la bulle est proportionnelle à la gravité de l'épisode



Nombre de décès en excès
pendant les périodes de canicule,
en Île-de-France et dans les autres régions



% de la mortalité attribuable à la chaleur et au froid selon le réchauffement global moyen

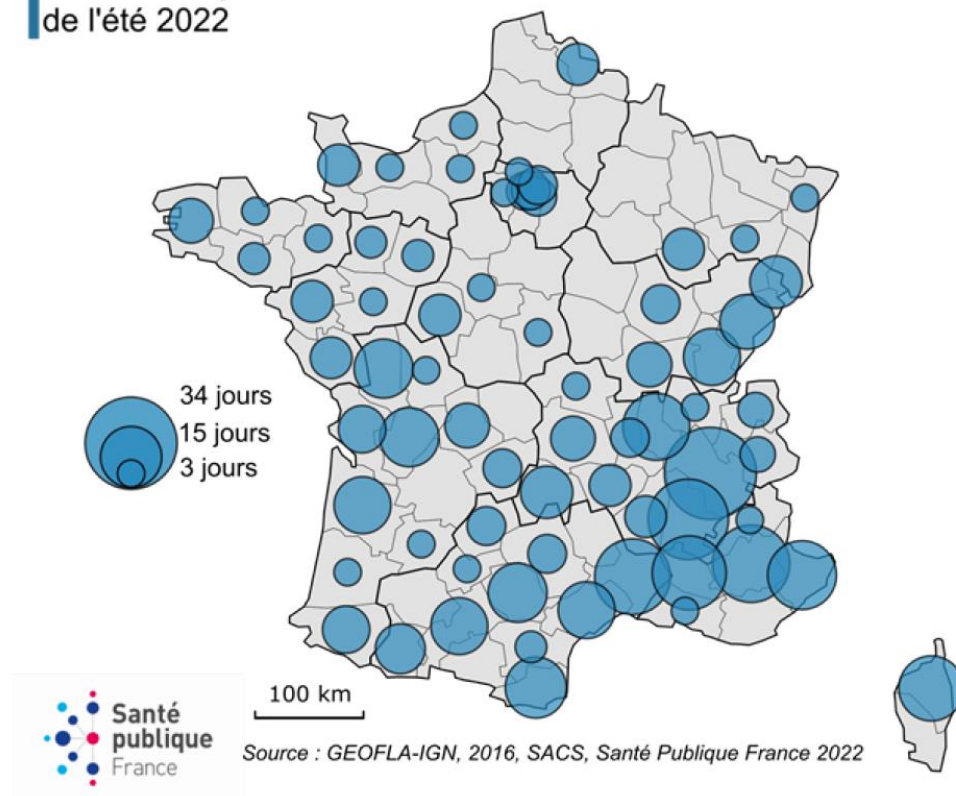
	% de la mortalité attribuable à la chaleur selon le réchauffement global				% de la mortalité attribuable au froid selon le réchauffement global			
	1,5°C	2°C	3°C	4°C	1,5°C	2°C	3°C	4°C
France	1,70%	2,40%	3,90%	6,50%	7,6%	7,1%	6,6%	5,9%
Royaume Uni	0,50%	0,80%	1,30%	2,20%	6,7%	6,2%	5,6%	4,8%
Suisse	1,20%	1,70%	2,90%	4,80%	5,2%	4,9%	4,4%	3,9%
Italie	2,20%	3,30%	5,20%	8,90%	6,2%	5,8%	5,0%	4,3%
Etats-Unis	0,60%	0,90%	1,60%	2,60%	4,9%	4,6%	4,1%	3,7%
Chine	1,16%	1,60%	2,70%	4,30%	10,3%	9,7%	8,5%	7,6%
Brésil	1,40%	2,10%	3,60%	5,80%	2,1%	1,7%	1,2%	0,8%

- Augmentation nette de la mortalité liée à la chaleur
- Diminution plus faible de la mortalité liée au froid

Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Sera F, Huber V, Schleussner CF, Mitchell D, et al. Temperature-related mortality impacts under and beyond Paris Agreement climate change scenarios. *Climatic Change*. 2018;150(3-4):391-402.

Nombre de jours de canicules par départements pendant l'été 2022.

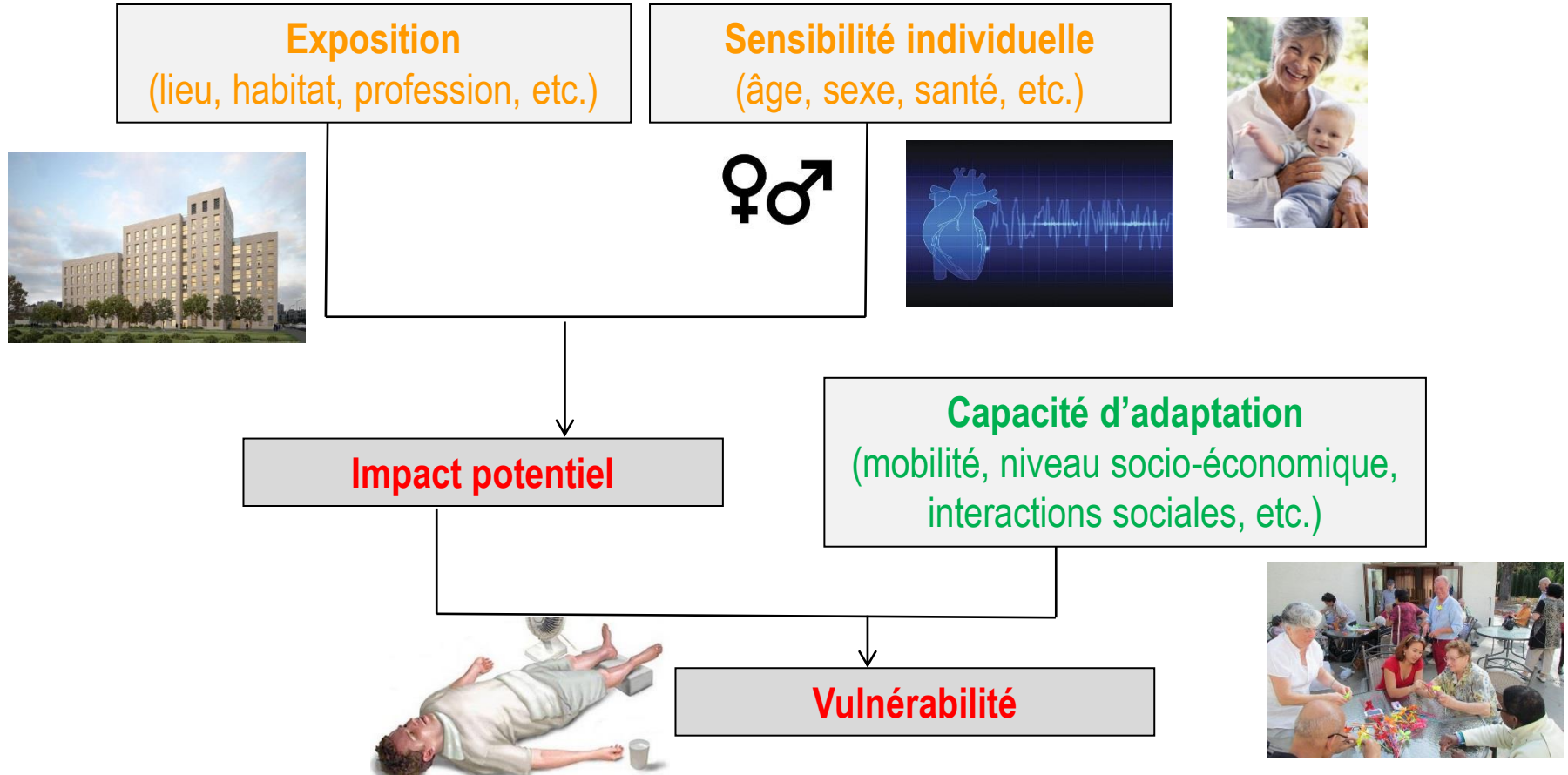
Nombre de jours de canicule
de l'été 2022



- **3 vagues de chaleur** successives entre le mois de juin et le mois d'août 2022 et **2 816 décès en excès**
- **Près de 11 000 décès en excès toutes causes confondues durant la période estivale** ; une part vraisemblablement due à une exposition de la population n'atteignant pas les seuils de canicule

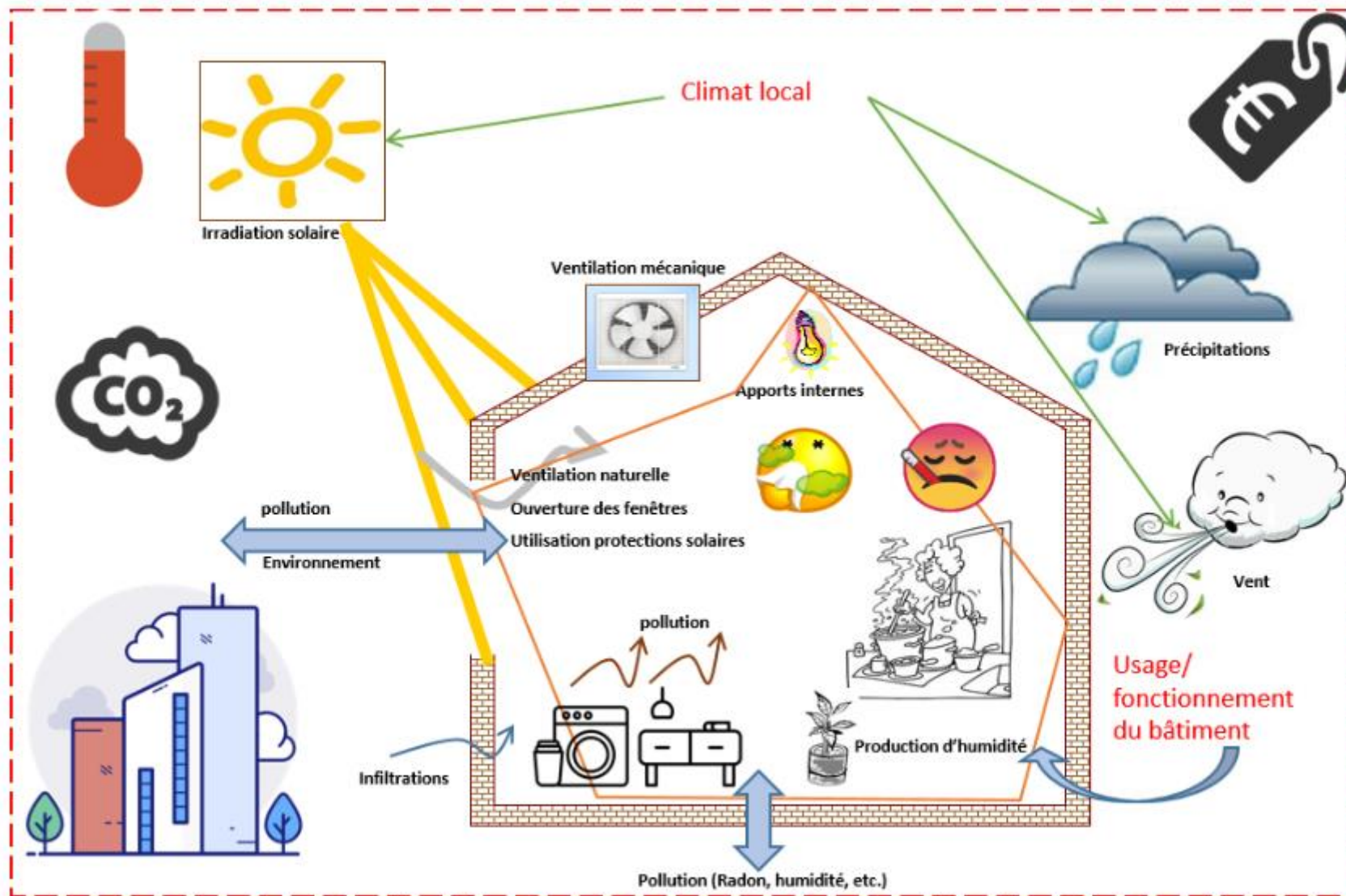
Source : Santé Publique France Bulletin de santé publique canicule. Bilan été 2022.

Les facteurs de vulnérabilité



Source : Sante Publique France

Confort thermique et qualité de l'air intérieur



AUGMENTATION DE LA POPULATION À RISQUE EN FONCTION DE L'INTENSITÉ DE LA CHALEUR

CHALEUR MODÉRÉE	CHALEUR FORTE	CHALEUR INTENSE
→ Personnes sans-abri → Personnes fragiles (mauvaise santé, habitat surexposé à la chaleur) → Travailleurs surexposés à la chaleur → Nourrissons et personnes âgées → Adultes et enfants en bonne santé, passant beaucoup de temps à l'intérieur et plutôt sédentaires → Adultes et enfants en bonne santé et pratiquant une activité physique régulière → Adultes en très bonne santé et pratiquant une activité physique régulière et soutenue	→ Personnes sans-abri → Personnes fragiles (mauvaise santé, habitat surexposé à la chaleur) → Travailleurs surexposés à la chaleur → Nourrissons et personnes âgées → Adultes et enfants en bonne santé, passant beaucoup de temps à l'intérieur et plutôt sédentaires → Adultes et enfants en bonne santé et pratiquant une activité physique régulière → Adultes en très bonne santé et pratiquant une activité physique régulière et soutenue	→ Personnes sans-abri → Personnes fragiles (mauvaise santé, habitat surexposé à la chaleur) → Travailleurs surexposés à la chaleur → Nourrissons et personnes âgées → Adultes et enfants en bonne santé, passant beaucoup de temps à l'intérieur et plutôt sédentaires → Adultes et enfants en bonne santé et pratiquant une activité physique régulière → Adultes en très bonne santé et pratiquant une activité physique régulière et soutenue
LÉGENDE POPULATION TRÈS MAL ACCLIMATÉE POPULATION PARTIELLEMENT ACCLIMATÉE POPULATION TRÈS BIEN ACCLIMATÉE		

➔ Focus enjeux humain : risque santé publique (surmortalité)

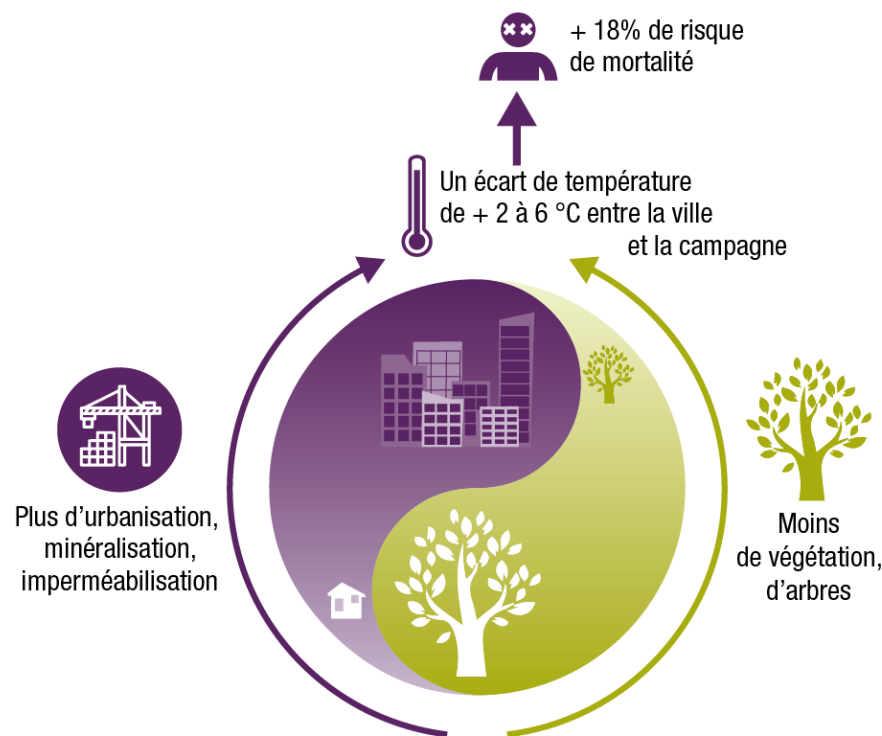
Risque de surmortalité et carence en végétation arborée (caractéristique ICU)

- Collaboration 2019/2020
Santé publique France /
L'Institut Paris Region et l'ORS

« *Influence de caractéristiques urbaines sur la relation entre température et mortalité en Île-de-France* »

Santé publique France, 2020

L'environnement urbain augmente les risques des effets sanitaires



© L'INSTITUT PARIS REGION - ORS, 2021 / Source : Santé Publique France 2020

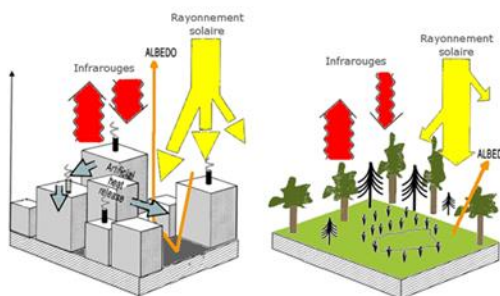
**L'effet aggravant d'îlot de
chaleur urbain et les solutions d'adaptation
associées à la vulnérabilité à la chaleur
(Erwan Cordeau, DEUR)**

Réseau
Île-de-France
Santé
Environnement

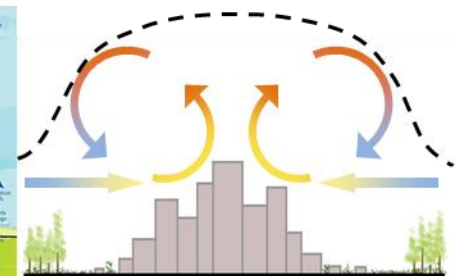
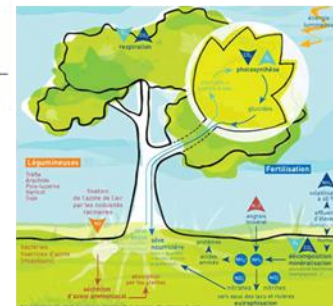
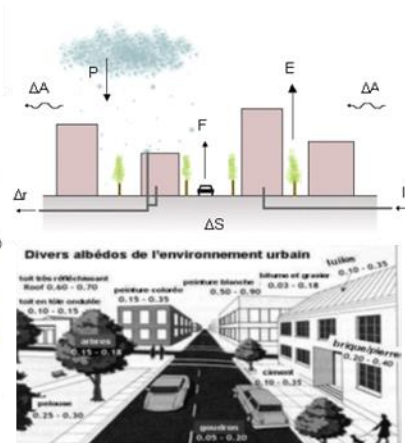
Réseau
Île-de-France
Santé
Environnement

Comprendre les facteurs intervenant dans le phénomène ICU pour trouver les solutions d'adaptation

- ⇒ **Perturbations radiatives (ombres, piégeage radiatifs...)**
- ⇒ **Rugosité urbaine / ventilation naturelle, turbulences, brises**
- ⇒ **Perturbations thermiques (matériaux, surfaces disponibles...)**
- ⇒ **Sources de chaleur anthropiques de la ville**
- ⇒ **Perturbations hydrologiques (imperméabilisation, égouts...)**
- ⇒ **Carence et comportement de la végétation**



Source : Colombert, 2008 (simplifié)



Source : IAU, 2010

Lutte contre l'effet d'ICU et registres d'adaptation

Genèse d'un ICU et registres de solutions associées

**Croiser les effets locaux d'ICU
avec les sensibilités et fragilités
socio-démo-urbaines**

**pour apprécier la disparité
géographique de la
vulnérabilité / risque associé,
et pour trouver d'autres
registres d'intervention**

**Cartographie de la vulnérabilité
francilienne à la chaleur urbaine
(jour/nuit)**

Approche géographique empirique à l'échelle
des pâtés de maisons via la classification des
Zones climatiques locales (LCZ) et propriétés
LCZ pour la définition

- **des effets de chaleur (ICU)** versus fraîcheur
(IFU)

Et la considération d'indicateurs de

- **Sensibilité** (âge, densités, isolement, passoirs thermiques, ozone...)
- **Difficultés à faire face** (faible niveau de revenu, accès médecins généralistes et service d'urgence, accès espace vert ouvert au public...)

INDICATEURS DE VULNÉRABILITÉ LORS D'UNE VAGUE DE CHALEUR

1

"Aléa"

Effet d'îlot de chaleur urbain (ICU)
(élévation des températures en ville)

2

"Sensibilité"

Fragilité des biens et personnes
lors d'une canicule

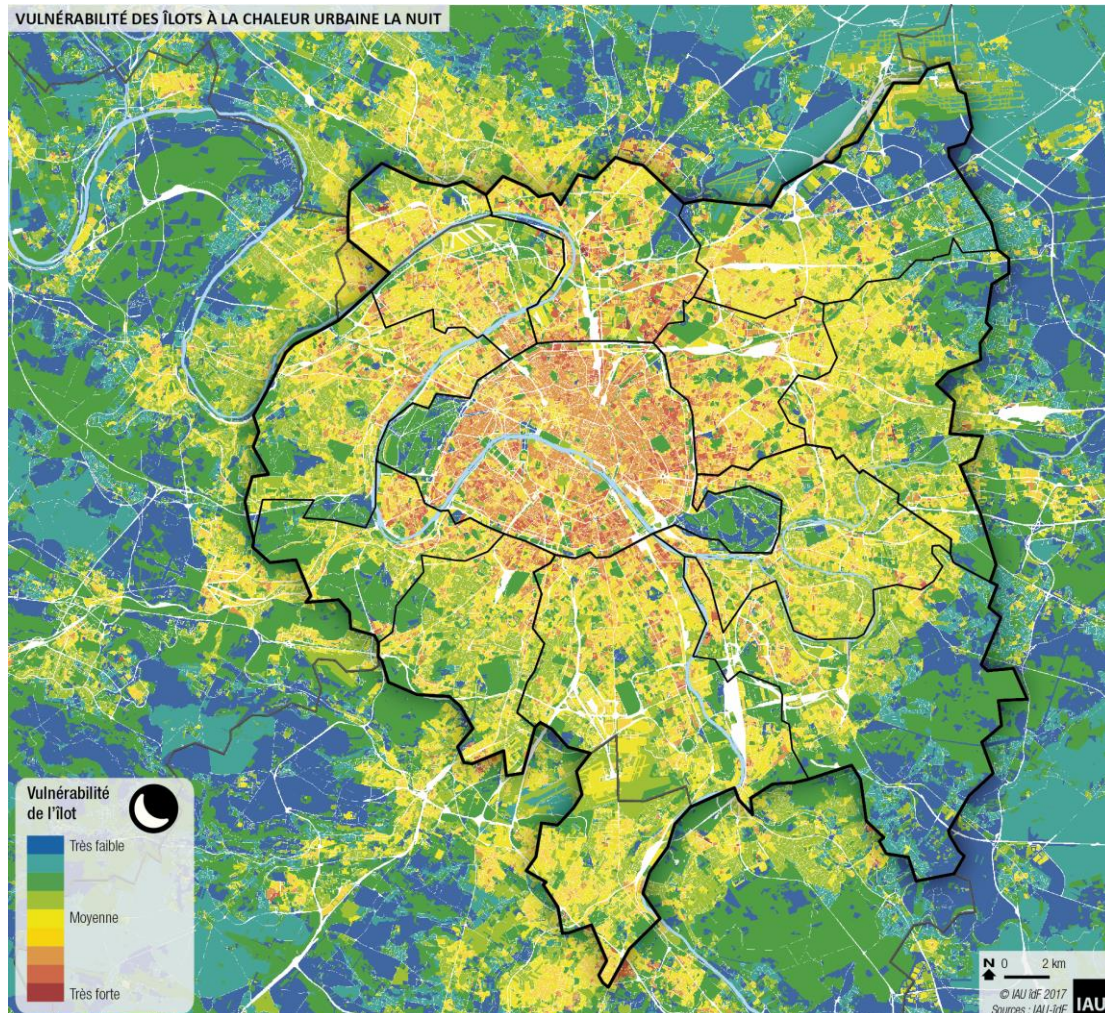
3

"Difficulté à faire face"

Déficit potentiel des ressources
locales face au risque de canicule

$$1 \times 2 \times 3 = \text{Vulnérabilité}$$

VULNÉRABILITÉ DES ÎLOTS À LA CHALEUR URBAIN LA NUIT



Lutte contre l'effet d'ICU et registres d'adaptation

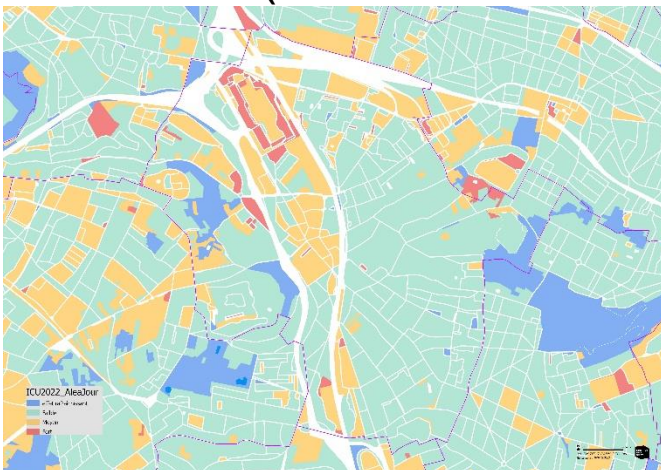
Genèse d'un ICU et registres de solutions associées

Extrait Rosny-sous-Bois

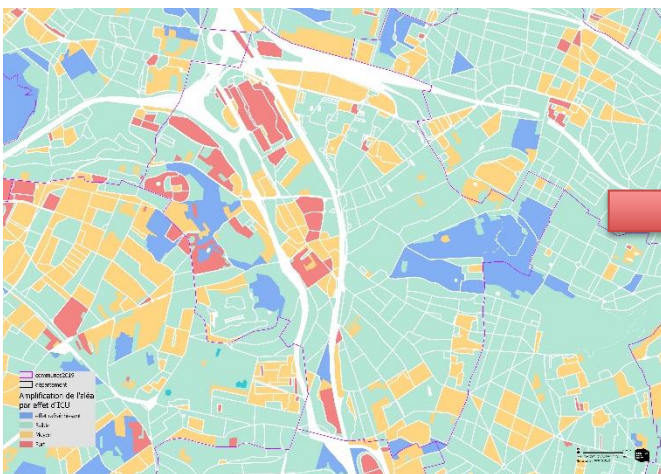
Interprétation à l'échelle des IMU 2022 « pâtés de maisons, » des effets d'ICU le jour, la nuit et de la vulnérabilité associée des habitants

Classes d'effet ICU (fraîcheur à effet d'ICU fort)

Le jour



La nuit



Synthèse de la
Vulnérabilité à la chaleur urbaine la nuit
(9 classes : de très faible à très forte)



Lutte contre l'effet d'ICU et registres d'adaptation

Genèse d'un ICU et registres de solutions associées

Intervenir préventivement dans l'espace public, sur le bâtiment et sur les comportements... / Prévention et gestion de crise

Quels types de solutions pour s'adapter ?

Solutions vertes



Solutions grises



<https://www.2kpose.com/brise-soleil-bitche/>

Solutions douces



Lutte contre l'effet d'ICU et registres d'adaptation

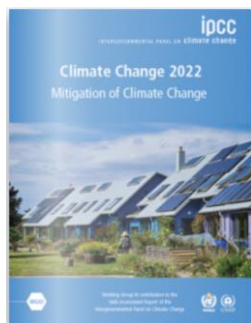
Genèse d'un ICU et registres de solutions associées

Référence GIEC 2022

Bénéfices clés

pour l'atténuation,
co-bénéfices pour l'adaptation,
lien avec les objectifs de
développement durable
dont l'amélioration de la santé
des infrastructures vertes et bleues

Intégration potentielle de nombreuses
stratégies d'infrastructures vertes et
bleues au sein des systèmes urbains

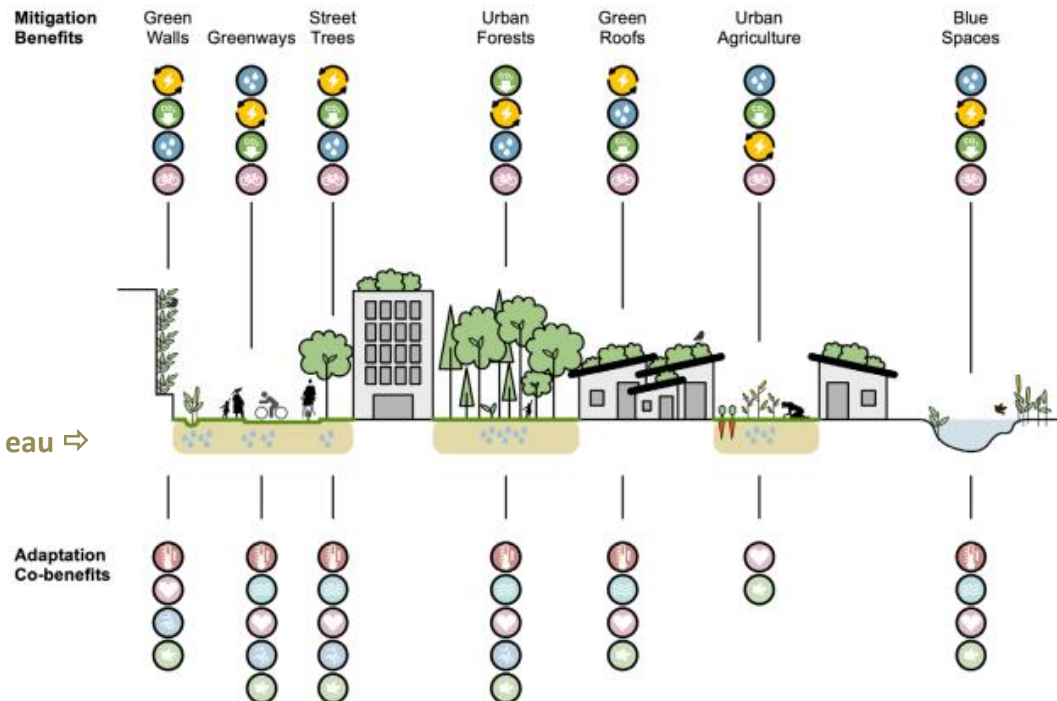


« Atténuation du changement
climatique », avril 2022,
Rapport du Groupe III,
6^{ème} cycle d'évaluation du GIEC
Chapitre 8 : « Systèmes urbains
et autres installations ».

ATTÉNUATION
↘ émission GES

ADAPTATION
(co-bénéfices)

Interactions Climat / Sociétés / Ecosystèmes



pleine terre, eau ⇒

Key Mitigation Benefits

- Sequester and Store Carbon
- Reduce Building Energy Use
- Reduce Municipal Water Use
- Facilitate Active Mobility

Key Adaptation Co-benefits

- Reduce Heat Stress
- Mitigate Flooding
- Improve Health
- Improve Air Quality
- Promote Biodiversity

Diminution du
stress thermique

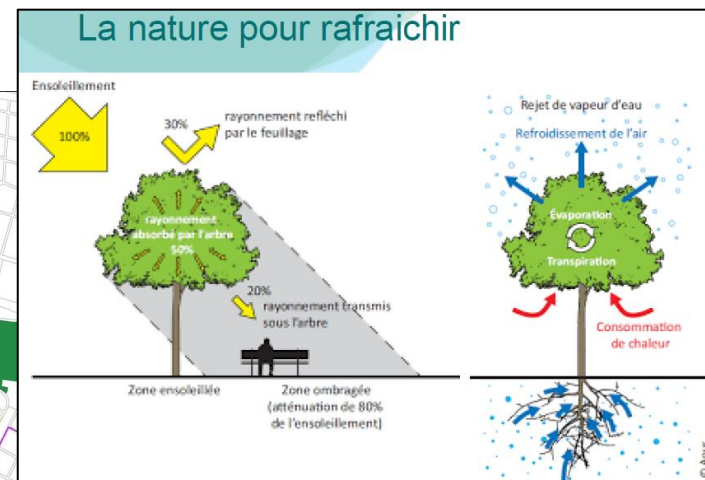
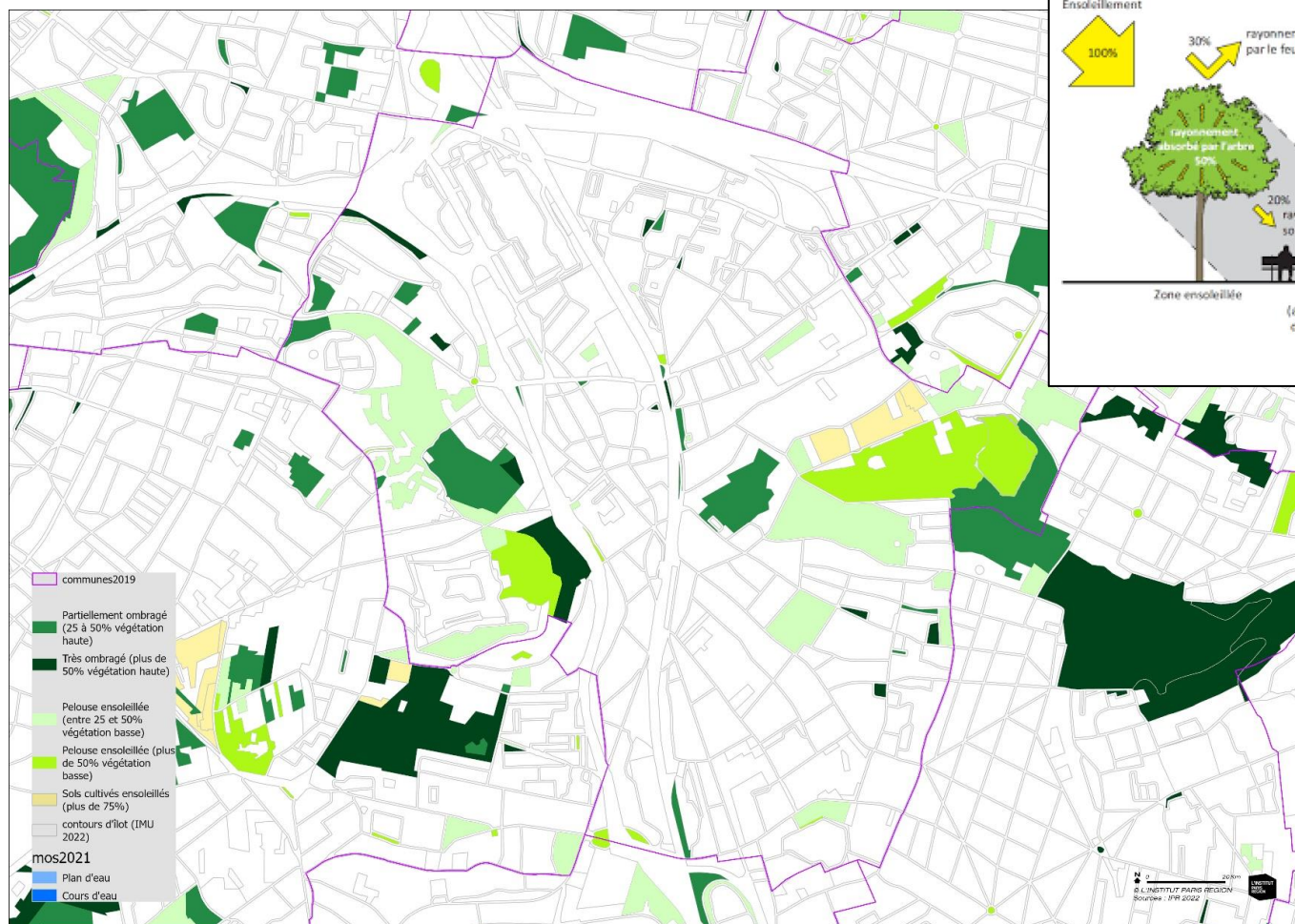
Amélioration
de la santé
de la qualité de l'air

Lutte contre l'effet d'ICU et registres d'adaptation

Genèse d'un ICU et registres de solutions associées

Ombrage des espaces ouverts naturels

Extrait Rosny-sous-Bois



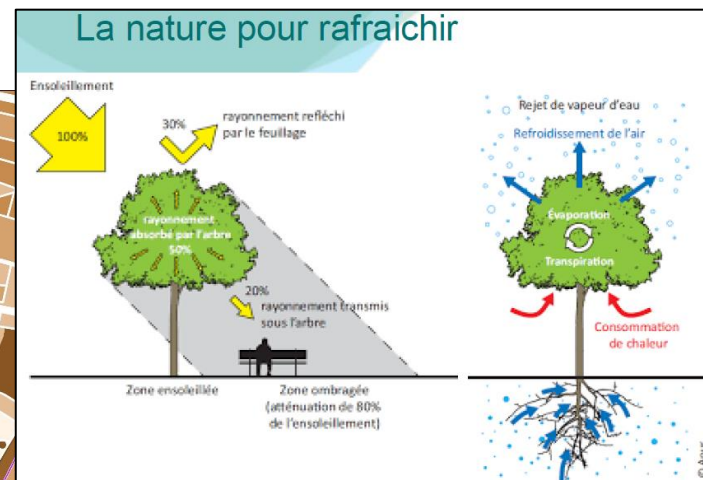
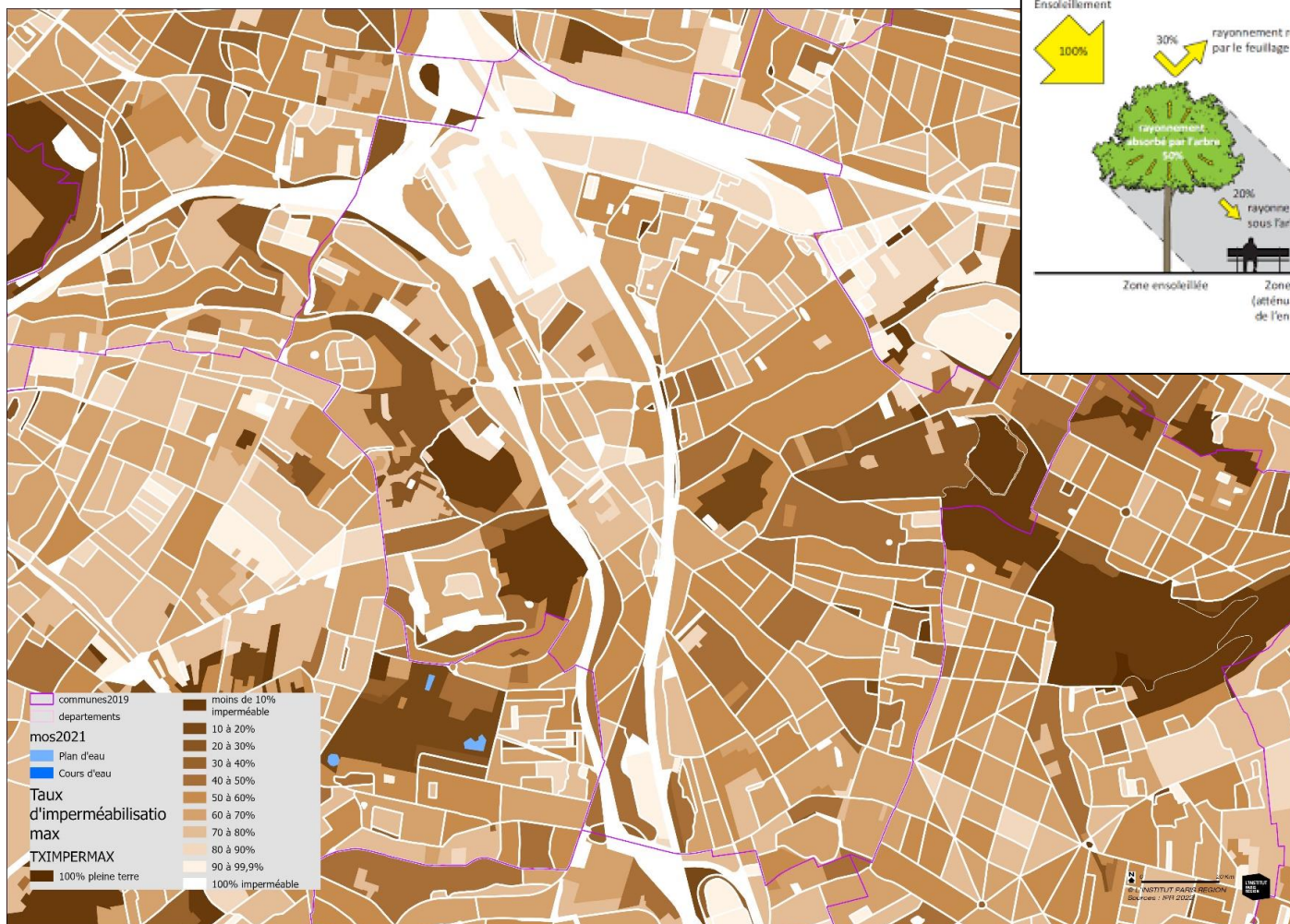
Ombrage ➡
/ stratégie
pour le
jour des abris
climatiques
ombragés...

Lutte contre l'effet d'ICU et registres d'adaptation

Genèse d'un ICU et registres de solutions associées

Eau de surface, réserve en eau utile des sols versus imperméabilisation

Extrait Rosny-sous-Bois



pleine terre,
eau...
⇒ stratégie de
renaturation

Lutte contre l'effet d'ICU et registres d'adaptation

Genèse d'un ICU et registres de solutions associées

Les Safr en milieu urbain

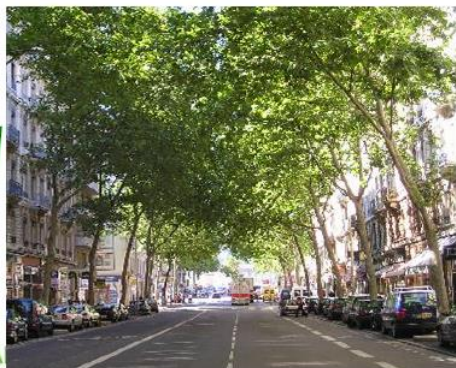
Exemple de la Métropole du Grand Lyon : le plan Canopée

GRAND LYON
la métropole



Objectif 2 de la stratégie d'adaptation : lutter contre les îlots de chaleur urbains

2 enjeux



Comment adapter les palettes végétales à l'évolution des températures ?

Stratégie de diversification des essences plantées

Quid de la prise en compte du développement potentiel de nouveaux allergènes ?

Comment le développement de la canopée peut contribuer à rafraîchir la ville ?

Plan Canopée

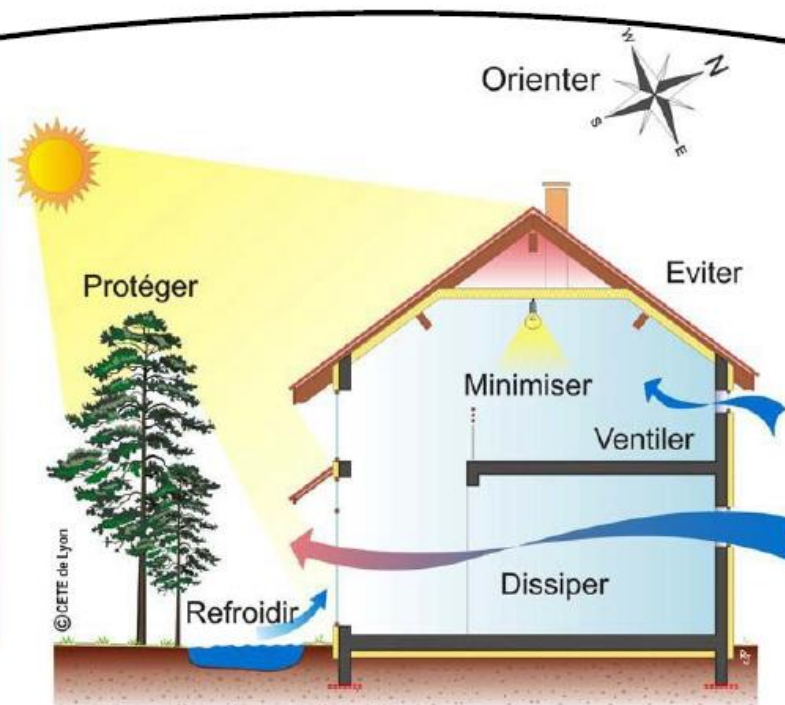
Quid de la prise en compte de la qualité de l'air et des obstacles potentiels à la bonne ventilation de la rue ?

Lutte contre l'effet d'ICU et registres d'adaptation

Genèse d'un ICU et registres de solutions associées

Besoin de refroidissement

- Se protéger des apports solaires
- Évacuer la chaleur par la ventilation de l'enveloppe
- Limiter les apports internes dus aux équipements électriques



Besoin de chauffage

- Limiter les déperditions de chaleur par l'enveloppe
- Limiter les déperditions de chaleur par la ventilation
- Capter les apports solaires

Besoin d'éclairage artificiel

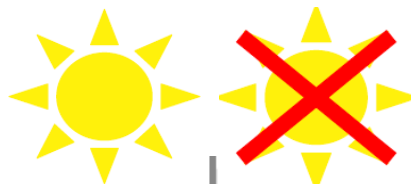
Rechercher le maximum d'éclairage naturel

TROUVER UNE SOLUTION POUR CONCILIER QUALITÉ
ARCHITECTURALE ET ENVIRONNEMENTALE

Source :

Lutte contre l'effet d'ICU et registres d'adaptation

Genèse d'un ICU et registres de solutions associées



Il fait trop chaud ?

Pour évacuer la chaleur de votre logement :

- Faites entrer de l'air frais (ventilation nocturne)
- Puisez la fraîcheur dans le sous-sol
- Humidifier l'air

La climatisation



- Participe à l'effet d'îlot de chaleur urbain
- Consomme de l'énergie : augmentation des gaz à effet de serre, risque de saturation du réseau
- Utilise des fluides frigorigènes à fort impact sur le réchauffement climatique

La climatisation = 12 % des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur du bâtiment.

Agir en amont et empêcher la chaleur de rentrer :

- Limiter les apports solaires (protections solaires fixes et/ou mobiles) ;
- Limiter les apports thermiques externes (pas de ventilation pendant la journée) ;
- Limiter les apports thermiques internes, notamment ceux de l'éclairage ;
- Favoriser le stockage des pointes de chaleur (rôle de l'inertie thermique) ;
- Freiner la pénétration de la chaleur dans le logement (rôle du déphasage thermique) ;
- Créer un environnement moins chaud (végétalisation et albédo)

Source :

Merci de votre attention

Changement climatique, chaleur et santé : décryptage des enjeux (25') – Réseau Îsée

De quels phénomènes parle-t-on ? quels effets sur la santé ? quelles évolutions sont à noter ? quels facteurs entrent en jeu ? quelles solutions existent en matière d'adaptation ?

- Tendances & prospective (Erwan Cordeau) :

Evolution tendancielle, événementielle : vague de chaleur, canicule, ICU, effet nocturne ++

- Chaleur et santé (Sabine Host) : Caractéristiques urbaines à risques de mortalité, bien-être, qualité sommeil, stress, attention écoute, populations les plus à risques (PA, en-fants et travailleurs)

- Effets d'ICU et registres de solutions pour diminuer la vulnérabilité territoriale (Erwan) : Leviers d'action

