

ADAPTER LA VILLE ET NOS QUARTIERS, ÎLOTS DE CHALEUR ET ÎLOTS DE FRAÎCHEUR

DONNÉES/APPROCHES GÉOGRAPHIQUES DES VULNÉRABILITÉS
À LA CHALEUR URBAINE

**Adaptation au changement climatique et transition écologique, le pouvoir des (géo)données,
CD94 / 14 mars 2025**

Erwan Cordeau (Département Environnement urbain et rural / Institut Paris Region)



L'INSTITUT
PARIS
REGION

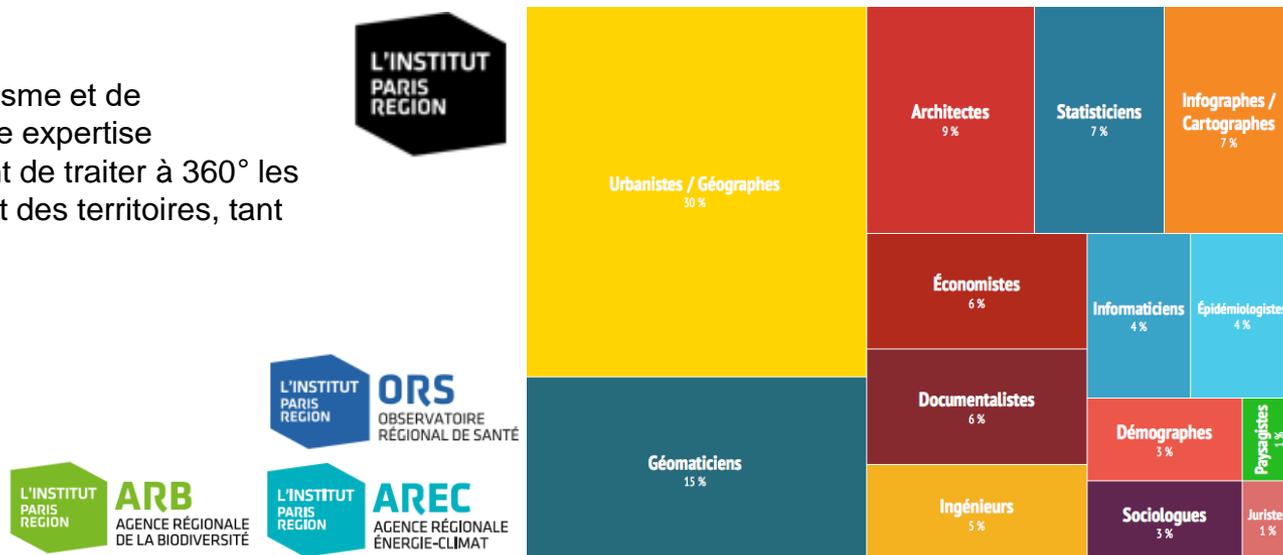
Plan et présentation de l'Institut Paris Region

Plan de la présentation

- 1 Notion de vulnérabilité à la chaleur urbaine et positionnement de l'information géographique
- 2 L'approche expert Vulnérabilité à la chaleur urbaine pour sensibiliser aux registres d'actions: exemple du nouveau Cartoviz de L'Institut « Chaleur en ville »
- 3 L'approche Co-construction (Chercheurs-Parties prenantes) de service climatique Chaleur et santé: exemple de la plate-forme d'analyse multicritère, projet ANR « Chaleur & Santé en ville, H2C »

L'Institut Paris Region

Grande agence régionale d'urbanisme et de l'environnement, L'Institut offre une expertise pluridisciplinaire unique permettant de traiter à 360° les problématiques de développement des territoires, tant en Île-de-France qu'à l'étranger.



Vulnérabilité(s) à la chaleur urbaine et information géographique

Approcher le risque climatique par la **vulnérabilité**

L'adaptation au changement climatique se définit comme « une démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu ainsi qu'à ses conséquences » et renvoie à la nécessité de poser le diagnostic

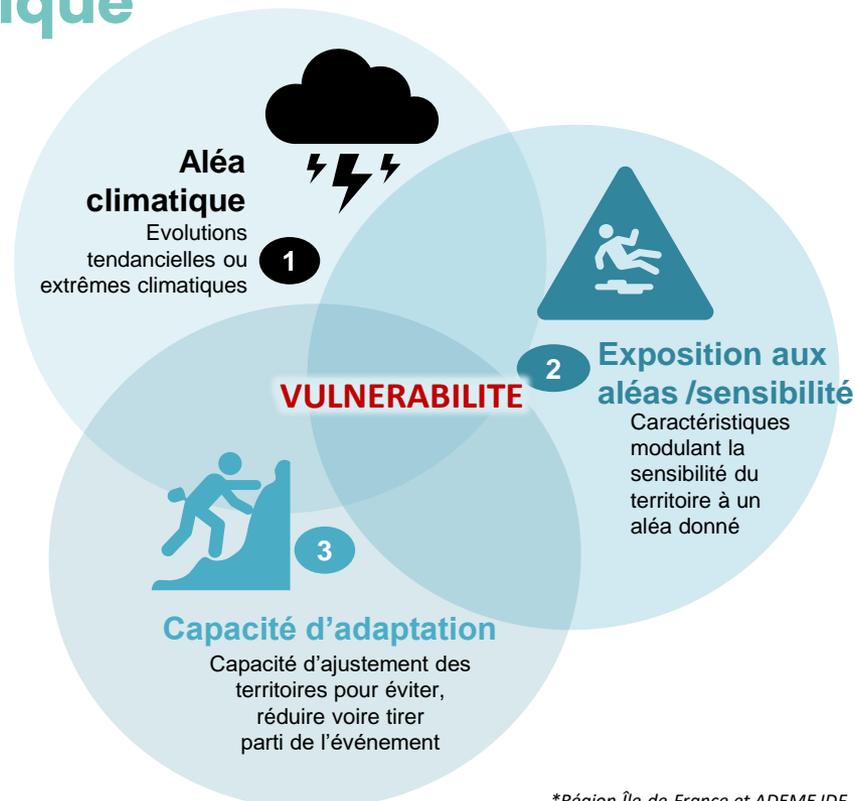


Le concept de vulnérabilité*

C'est le degré de fragilité d'un territoire (ou d'un système humain et/ou naturel) ou sa propension à être affecté de manière négative par les changements climatiques

qui découle de l'analyse croisée :

- De son exposition aux aléas
- De sa sensibilité
- Des politiques publiques pour pondérer ce niveau de fragilité



*Région Île-de-France et ADEME IDF_ Étude régionale impacts socio-économiques de l'adaptation au changement climatique_2012

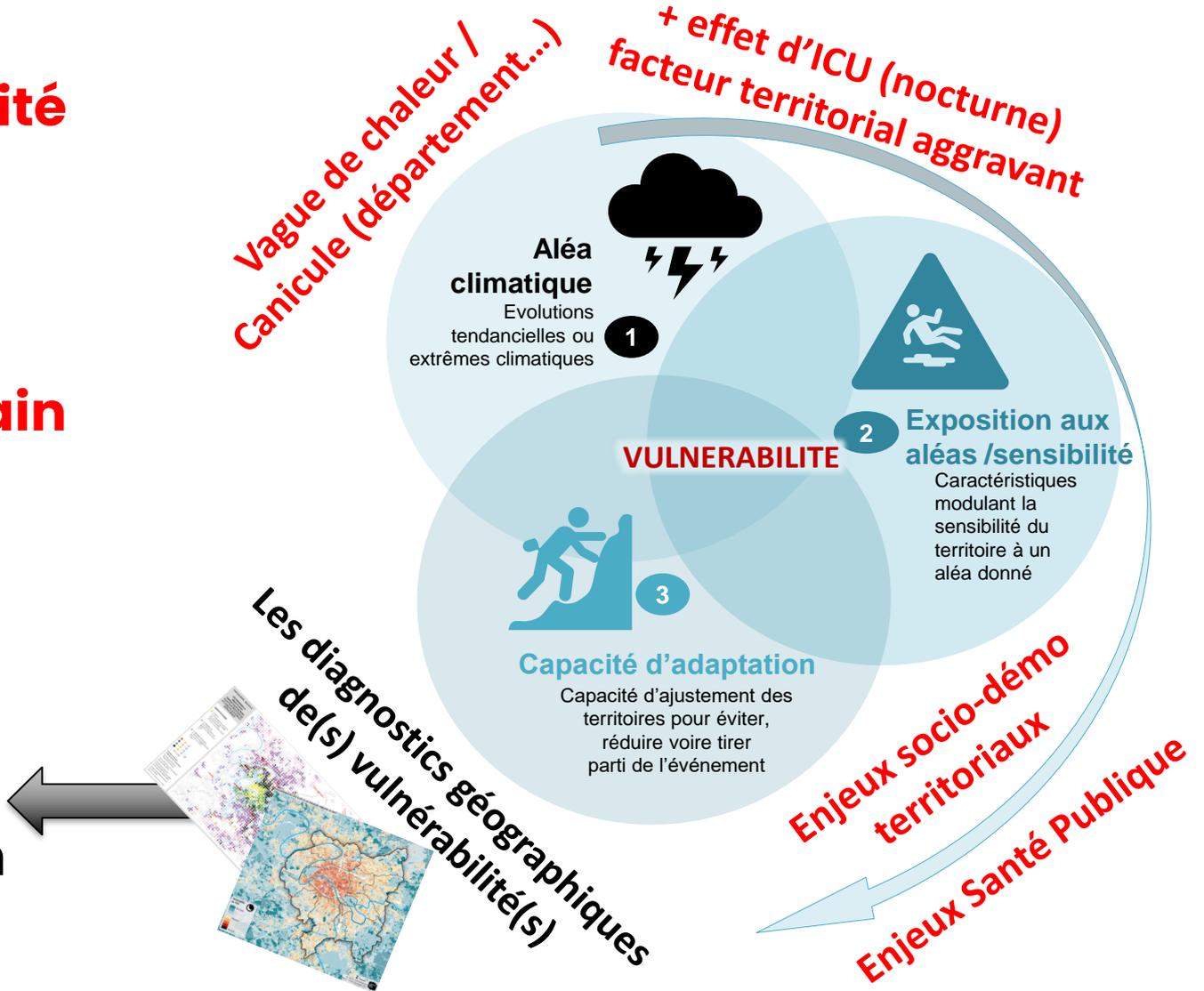
1

Vulnérabilité(s) à la chaleur urbaine et information géographique

La vulnérabilité
actuelle/future
à la chaleur
urbaine

L'enjeu humain
de l'inconfort
thermique à la
surmortalité
humaine

Les registres
de solutions
d'adaptation



1

Vulnérabilité(s) à la chaleur urbaine et information géographique

Plusieurs registres de (géo)données à mobiliser

- Prospective Climat : sensibilisation

Recherche CLIMAT (CNRM, GREC...)
Portail DRIAS MétéoF (TRACC2023)

- Effet d'ICU, MICU/IFU locaux

Projets de Recherche (Mapuce, H2C)
Agences d'urbanisme (IPR...)

- Déterminants de sensibilité

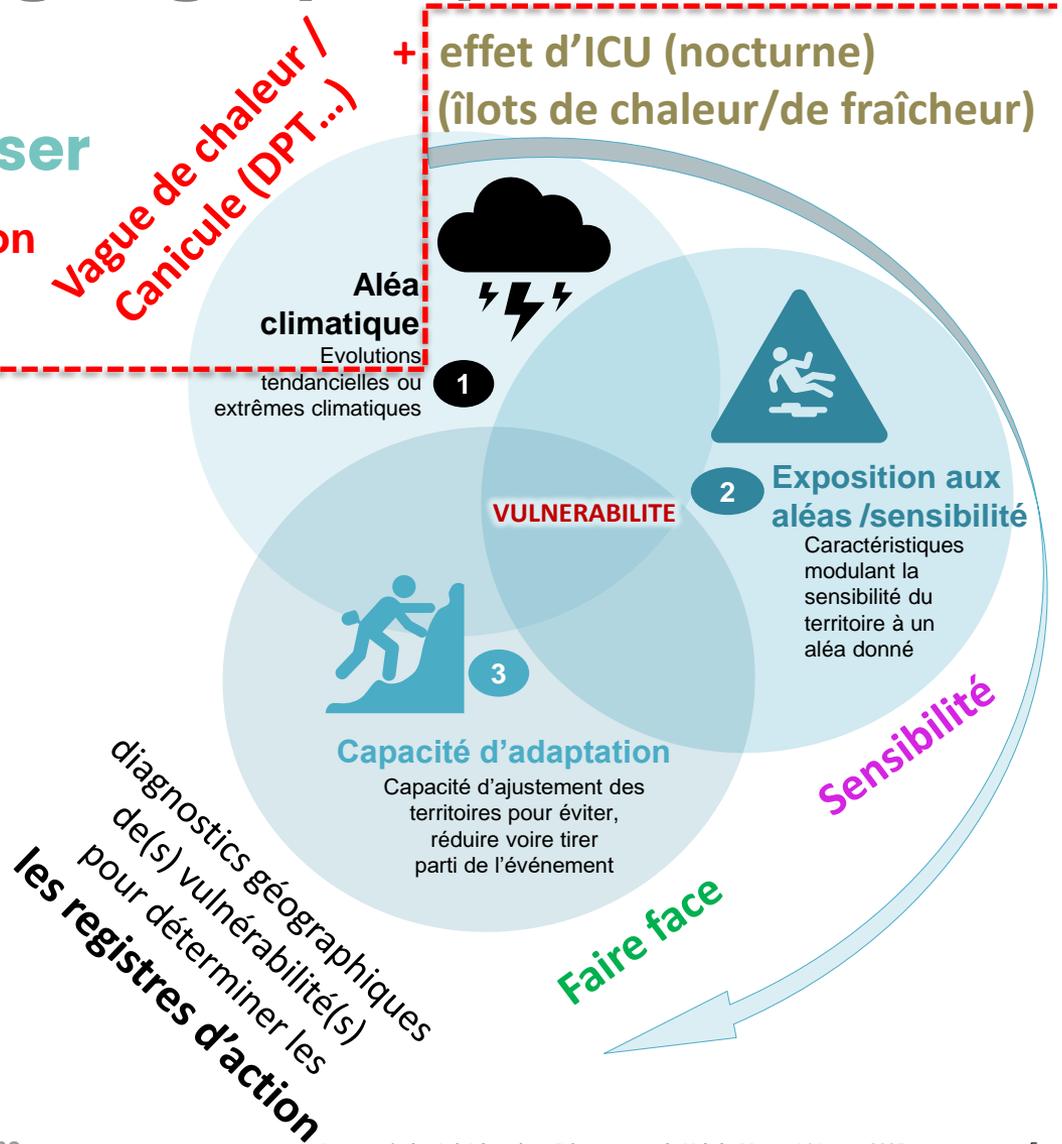
Projets de recherche (H2C...)
Institutions et Agences d'urbanisme
Collectivités territoriales
Acteurs Parties Prenantes & citoyens

- Déterminants de difficulté ou de capacité à faire face

Institutions et Agences d'urbanisme
Collectivités territoriales
Acteurs Parties Prenantes & citoyens

Vague de chaleur /
Canicule (DPT...)

+ effet d'ICU (nocturne)
(îlots de chaleur/de fraîcheur)



Vulnérabilité(s) à la chaleur urbaine et information géographique

La trajectoire de réchauffement de référence, TRACC (PNACC 3)

Projections climatiques :

Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC) : +3° Monde soit

+4°C en France d'ici la fin du siècle

- +2°C horizon 2030
- +2,7°C horizon 2050
- +4°C horizon 2100

Principaux indicateurs (T°, précipitations...)

17 modèles, 1 ensemble **multi-modèles**...

Cartographies SIG à la maille 8km x 8km

Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC 3) et TRACC :

Objectif : raisonner par degré de réchauffement et faciliter le passage à l'action des collectivités ; cadre de référence pour les différentes planifications (énergie climat, aménagement-urbanisme...)

Nombre de jour où T° max \geq 30°C

Référence
(1976-2005)

2050

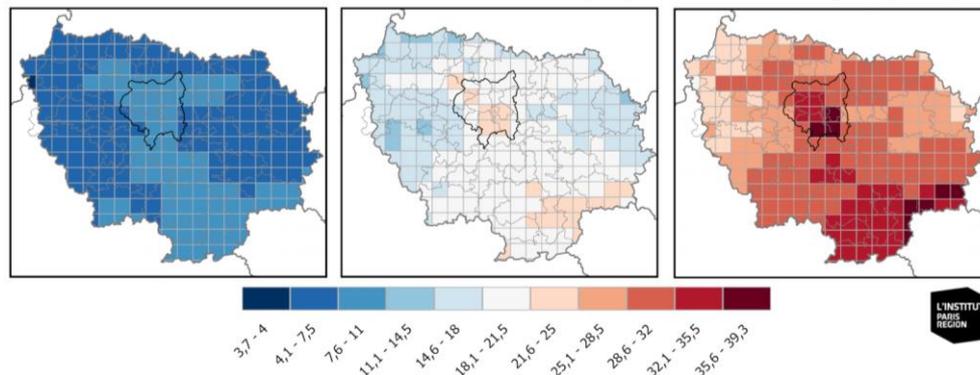
2100

Nombre de jours avec température maximale \geq 30°C (jour(s)) en valeur absolue
- Médiane des 17 simulations (ensemble multi-modèles de la Tracc2023) -

Période de référence (1976-2005)

Horizon 2050 (France +2,7°C)

Horizon 2100 (France +4°C)



Zoom Département du Val-de-Marne

4 à 11 jours

18 à 25 jours

28 à 39 jours

Vulnérabilité(s) à la chaleur urbaine et information géographique

La trajectoire de réchauffement de référence, TRACC (PNACC 3)

Aléa climatique et effets territoriaux d'aggravation

L'artificialisation (minéralité, propriété des matériaux), l'imperméabilisation des sols, la densification et morphologie urbaine associée, les rejets anthropiques (chaleur, ruissellements...)

Exemple de l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU) et de la T° en ville la nuit

Nombre de nuits tropicales (T° min $\geq 20^{\circ}\text{C}$)

Référence
(1976-2005)

2050

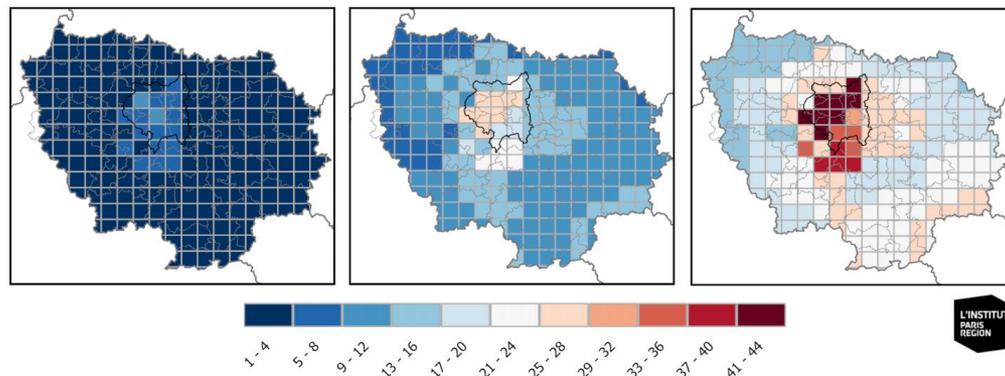
2100

Nombre de nuits tropicales (jour(s)) en valeur absolue
- Médiante des 17 simulations (ensemble multi-modèles de la Tracc2023) -

Période de référence (1976-2005)

Horizon 2050 (France +2,7°C)

Horizon 2100 (France +4°C)



L'INSTITUT
PARIS
REGION

Zoom Département du Val-de-Marne

5 à 12 nuits

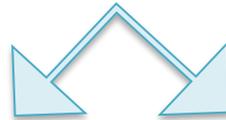
17 à 28 nuits

29 à 44 nuits

1

Diagnostic de vulnérabilité à la chaleur urbaine REX approches géographiques testées

Deux approches



2

**Empirique expert
Référentiels
aménagement/climat**

- Îlot morphologique urbain (IMU)
- > Local Climate Zone
- > Effet d'ICU
- > Vulnérabilité Chaleur urbaine
- > Solutions d'adaptation à l'îlot (IMU)

3

**Co-construction
chercheurs-acteurs
Animation PAM**

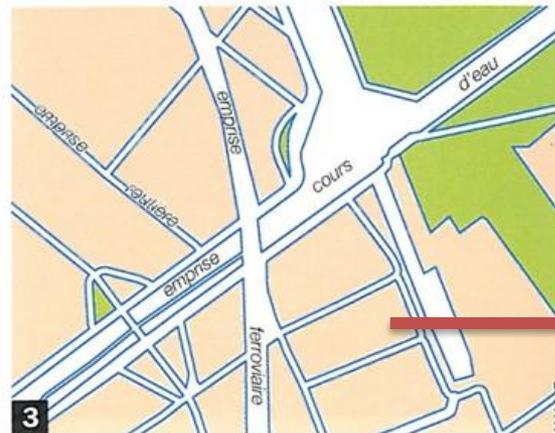
- Plateforme d'analyse multicritères (PAM)
- Maille 250 m x 250 m
- Données aléas
- Déterminants de vulnérabilité

Diagnostic de vulnérabilité à la chaleur urbaine : L'approche expert, Cartoviz « Chaleur en ville »

L'approche empirique : à l'échelle de l'îlot, des enjeux de chaleur urbaine aux solutions



1. Fond : image orthophotographique montrant les différents îlots urbains de la ville.
2. Couche intermédiaire : IMU « jointif ». Les éléments de voirie et d'espaces publics sont intégrés à l'îlot. Le trait rouge passe au milieu des voies délimitantes : routes, voies ferrées, cours d'eau.
3. Couche finale des IMU. L'IMU correspond à une ou plusieurs parcelles cadastrales, hors voirie et espaces publics délimitants.



**Îlot
morphologique
urbain (IMU) :**

délimitation et

**caractérisation
typo-
morphologique**

**de chaque îlot
(« pâté de
maisons »)**

**Îlot
morphologique
urbain
(« ensemble
parcellaire »)**

Diagnostic de vulnérabilité à la chaleur urbaine : L'approche expert, Cartoviz « Chaleur en ville »

Indicateurs de vulnérabilité à la chaleur urbaine considérés (2022)

« Aléa Chaleur urbaine »

Effet d'îlot de chaleur urbain (ICU)

(températures plus élevées en ville, surtout la nuit)

- Nombre de surfaces bâties
- Ventilation de l'îlot
- Obstacle à la vue du ciel
- Rues étroites bordées d'immeubles hauts
- Ombrage lié aux arbres
- Imperméabilisation des sols
- Propriétés thermiques des matériaux
- Présence de végétation dans l'îlot
- Proximité de l'îlot à un bois ou une forêt
- Présence d'eau dans l'îlot
- Proximité de l'îlot à un cours d'eau ou plan d'eau
- Réfléchissement de la lumière (albédo)
- Chaleur anthropique (transports, énergie, industrie)
- Effet de l'agglomération sur la T° nocturne pendant une situation estivale propice à un fort ICU (modélisation « MApUCE », CNRM Météo France)



Aggravation des aléas
vague de chaleur / canicule
par l'effet d'ICU
(Source : L'Institut)

« Sensibilité »

Fragilité individuelle, collective, territoriale
des biens et des personnes lors d'un été chaud

- Part de la population sensible par l'âge (<5 >65ans)
- Maison de retraite
- Densité d'habitants
- Densité d'emplois
- Densité d'occupation des logements
- Isolement des personnes (ménage un individu)
- Logements à faible performance énergétique
- Dégradation qualité de l'air : ozone été 2003

« Difficulté à faire face »

Déficit potentiel des ressources individuelles ou
territoriales face au risque Canicule

- Part de ménages pauvres
- Offre tendue en médecins généralistes (ZIP+)
- Difficulté d'accès service d'urgence hospitalière (temps voiture en H. Creuse nuit et H. Pleine jour)
- Absence d'arbres dans l'îlot
- Carence en espace vert ouvert au public (accessibilité piétonne, proximité > 1 km)

Un principe de responsabilité expert :

- ⇒ **Sélection d'indicateurs valorisables géographiquement à l'échelle du « pâté de maison » sur toute l'Île-de-France**
- ⇒ **Simplification : seuils, pondérations...**
- ⇒ **Vulnérabilité forte liée aux cumuls de paramètres défavorables**

Diagnostic de vulnérabilité à la chaleur urbaine : L'approche expert, Cartoviz « Chaleur en ville »



Comprendre et caractériser l'effet d'ICU

En période estivale caniculaire, on peut observer jusqu'à 8 à 10°C d'écart la nuit entre le centre de Paris et la forêt de Fontainebleau

- ⇒ enjeu de santé publique (risque de surmortalité)
- ⇒ en lien avec les caractéristiques de la ville

« Aléa Chaleur urbaine »
Effet d'îlot de chaleur urbain (ICU)
(températures plus élevées en ville, surtout la nuit)

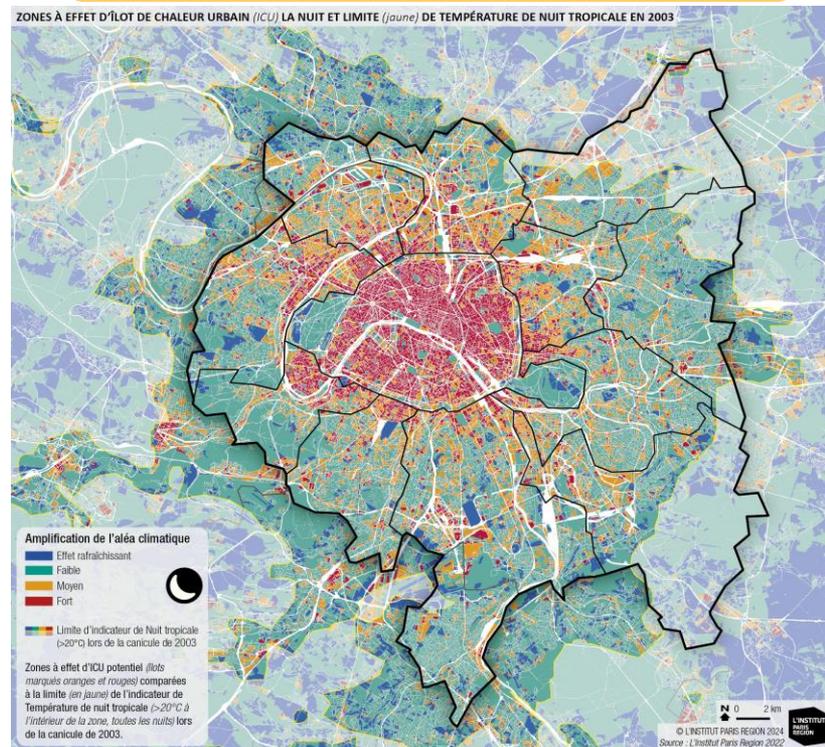
Les facteurs intervenant dans la genèse des îlots de chaleur urbains

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

Des résultats de l'exposition à l'effet d'ICU à l'échelle du « pâté de maisons »

1 Francilien sur 2 (51%) réside la nuit dans un îlot à effet d'ICU moyen à fort

⇒ proportion supérieure pour les **ménages pauvres** et les **ménages d'un seul individu**

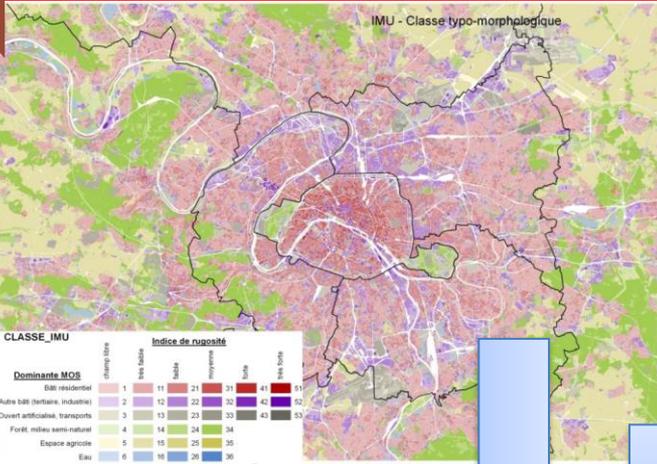


<https://www.institutparisregion.fr/nos-travaux/publications/adapter-ile-de-france-a-la-chaleur-urbaine-acte-2/>

2

Diagnostic de vulnérabilité à la chaleur urbaine : L'approche expert, Cartoviz « Chaleur en ville »

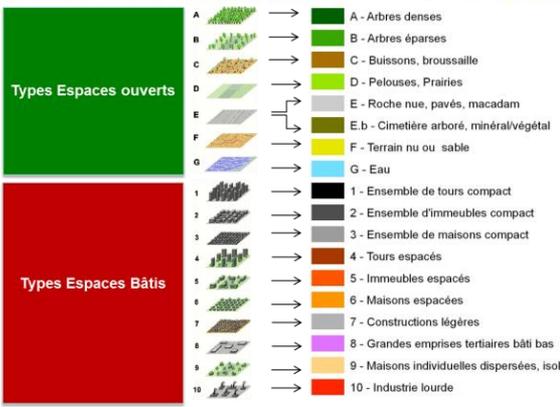
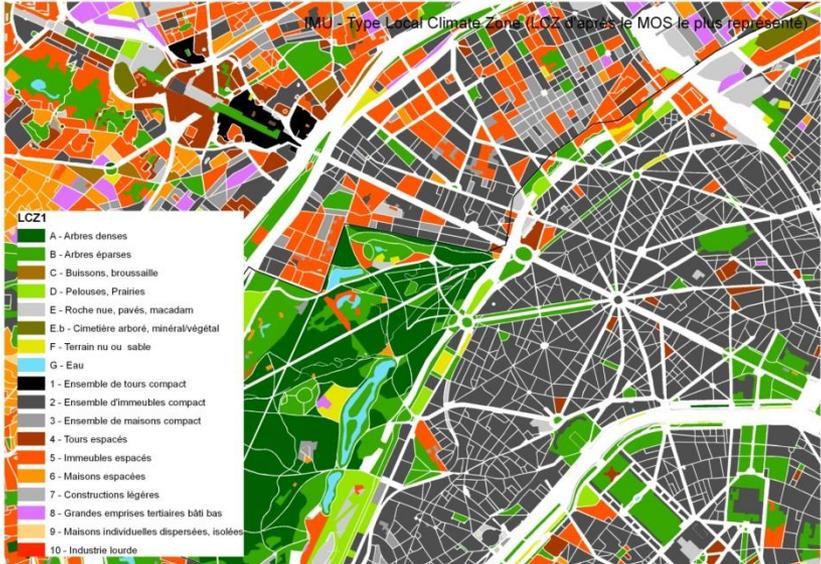
Les IMU de l'Institut Paris Region



Volumétrie 3D



« Zones climatiques locales »

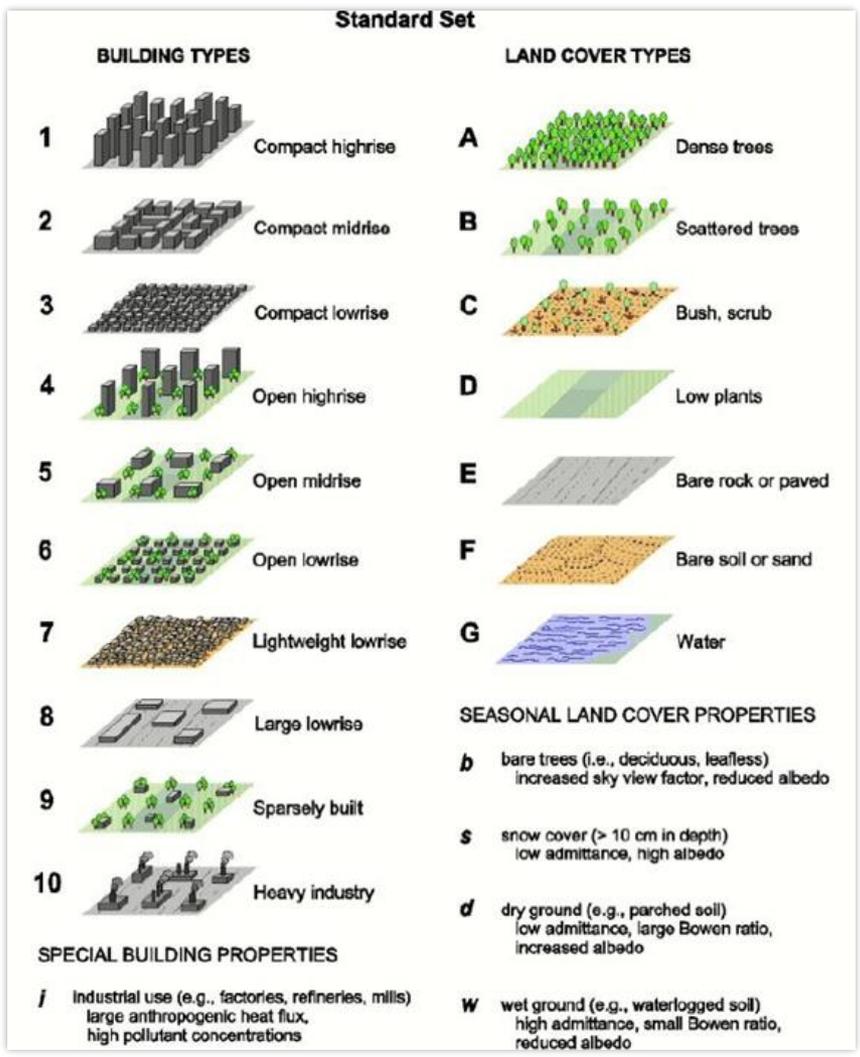


Classification normalisée LCZ (Stewart & Oke)

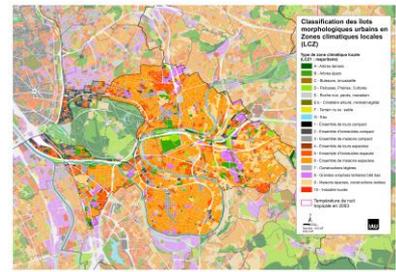
2

Diagnostic de vulnérabilité à la chaleur urbaine : L'approche expert, Cartoviz « Chaleur en ville »

17 types LCZ
(Stewart & Oke)
et 10 propriétés LCZ
pour évaluer l'effet d'ICU pour chaque îlot
(« pâte de maisons »)



Référentiel des Zones climatiques Locales « LCZ »



Attribution du type de Zone climatique locale de la classification normalisée LCZ de Stewart & Oke à chaque îlot IMU

Diagnostic de vulnérabilité à la chaleur urbaine : L'approche expert, Cartoviz « Chaleur en ville »

Zones climatiques locales « LCZ »

Détermination des 10 propriétés LCZ pour évaluer l'effet d'ICU à partir des caractéristiques de chaque îlot (base IMU)

CALCUL DES PROPRIÉTÉS LCZ

Après l'étape de classification des îlots urbains en LCZ, le calcul « théorique » de **10 propriétés** déterminantes dans la genèse et l'intensité de l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU) est opéré :

- 7 propriétés sont **calculées** directement ou indirectement à partir des attributs de l'IMU (caractéristiques géométriques et nature des surfaces).

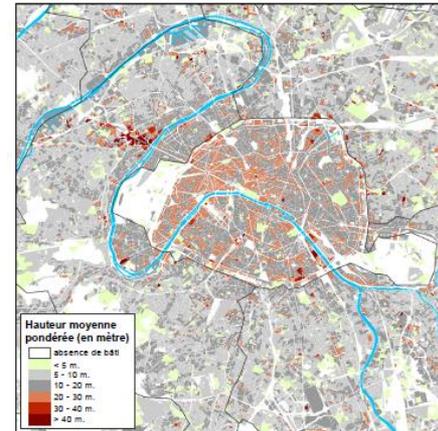
- 2 propriétés (radiatives et thermiques) sont renseignées par des **valeurs forfaitaires** selon la typologie LCZ définie par Stewart et Oke.

- 1 propriété (flux de chaleur anthropogénique) dont la valeur est issue d'un **indicateur composite** (présence d'activité industrielle, émissions linéaires de CO2 du trafic routier et consommation énergétique du bâti tertiaire).

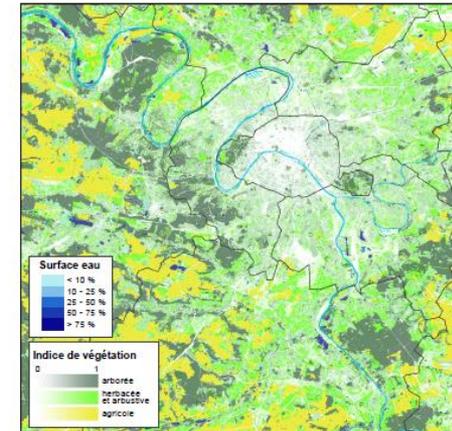
PROPRIÉTÉS LCZ

5 exemples

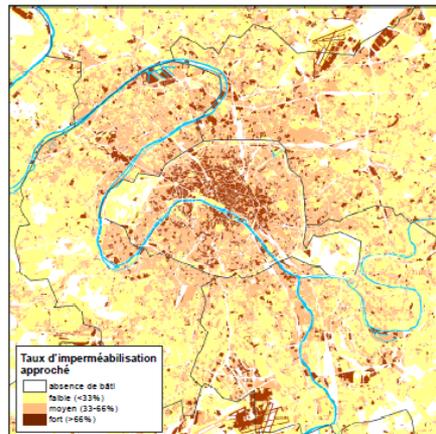
HAUTEUR MOYENNE PONDÉRÉE DU BÂTI



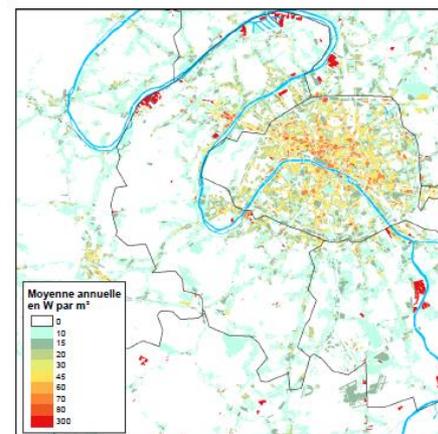
APPORTS DE FRAÎCHEUR



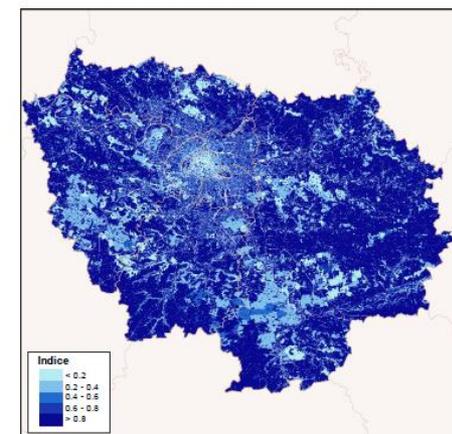
TAUX D'IMPERMÉABILISATION DES SOLS



FLUX DE CHALEUR ANTHROPOGÉNIQUE



OBSTACLE À LA VUE DU CIEL



2

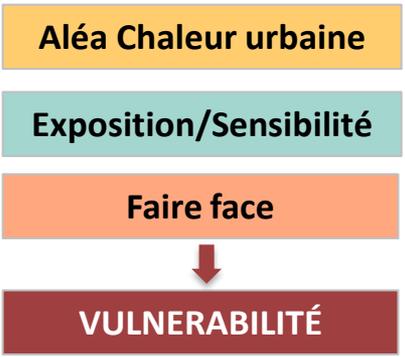
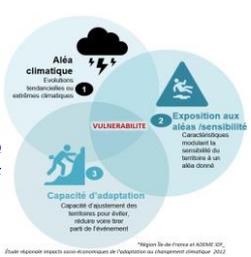
Diagnostic de vulnérabilité à la chaleur urbaine : L'approche expert, Cartoviz « Chaleur en ville »



<https://www.institutparisregion.fr/no-travaux/publications/adapter-ile-de-france-a-la-chaleur-urbaine-acte-2/>

Etudier la vulnérabilité à la chaleur urbaine pour proposer des solutions d'adaptation

Au-delà de l'aléa ICU, une approche complète de la vulnérabilité pour l'adaptation à la chaleur urbaine



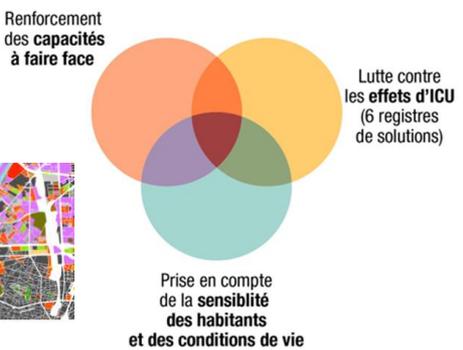
Des résultats...

Près d'1 Francilien sur 3 (31%) en classe de vulnérabilité forte à la chaleur urbaine

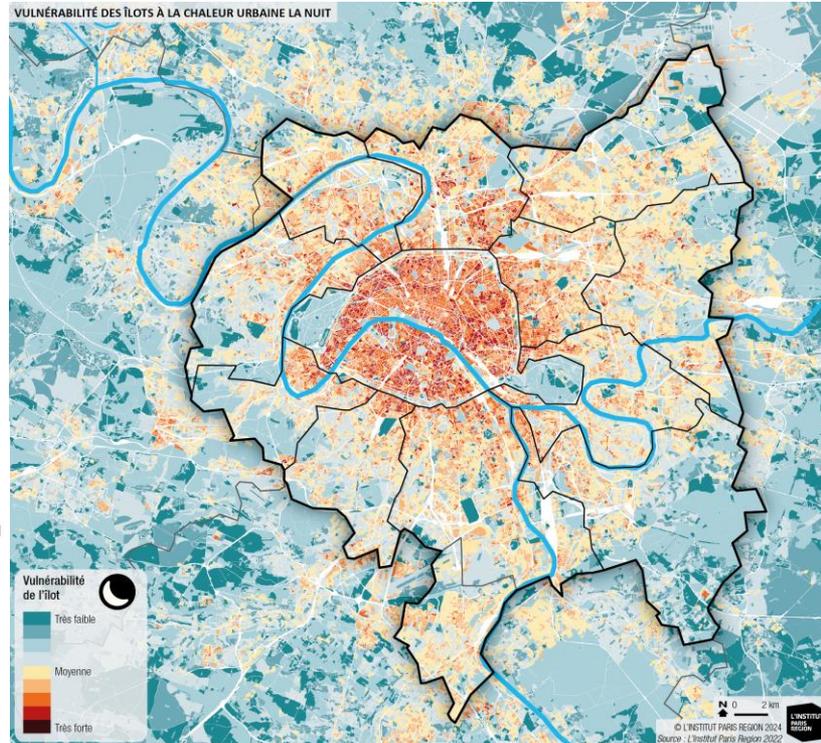
et différents registres de solutions d'adaptation à l'échelle des îlots



Chaleur en ville
Identifier les zones à effet d'ICU
23 juillet 2024



Vulnérabilité à la chaleur urbaine



https://cartoviz2.institutparisregion.fr/?id_appli=icm&map=@2.3486709447109515,48.87148027676896,13z



2

Diagnostic de vulnérabilité à la chaleur urbaine : L'approche expert, Cartoviz « Chaleur en ville »

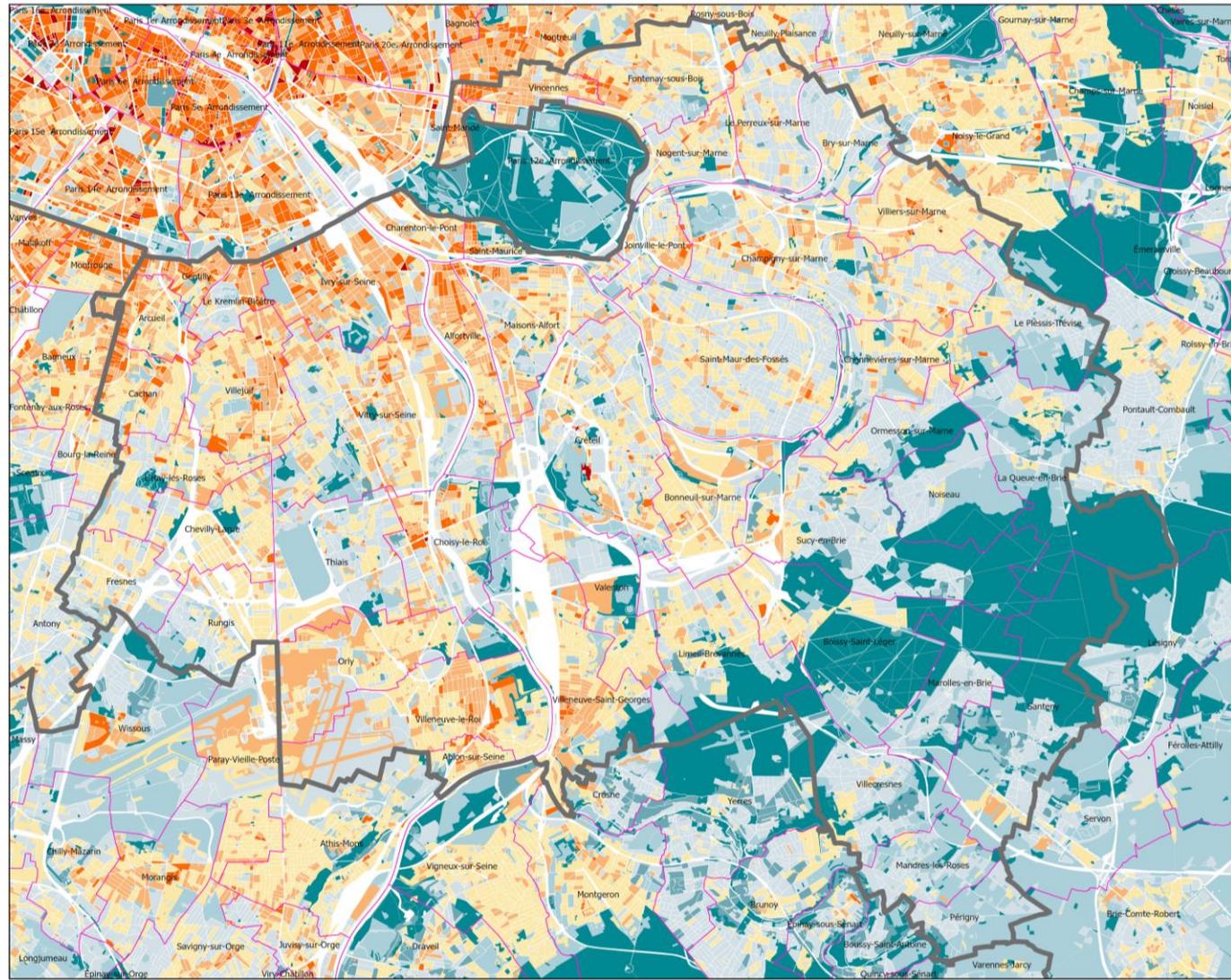
Synthèse
Vulnérabilité
Chaleur urbaine

Le jour

Département du
Val-de-Marne

Niveaux de vulnérabilité à la chaleur urbaine à l'échelle des îlots

le JOUR



2

Diagnostic de vulnérabilité à la chaleur urbaine : L'approche expert, Cartoviz « Chaleur en ville »

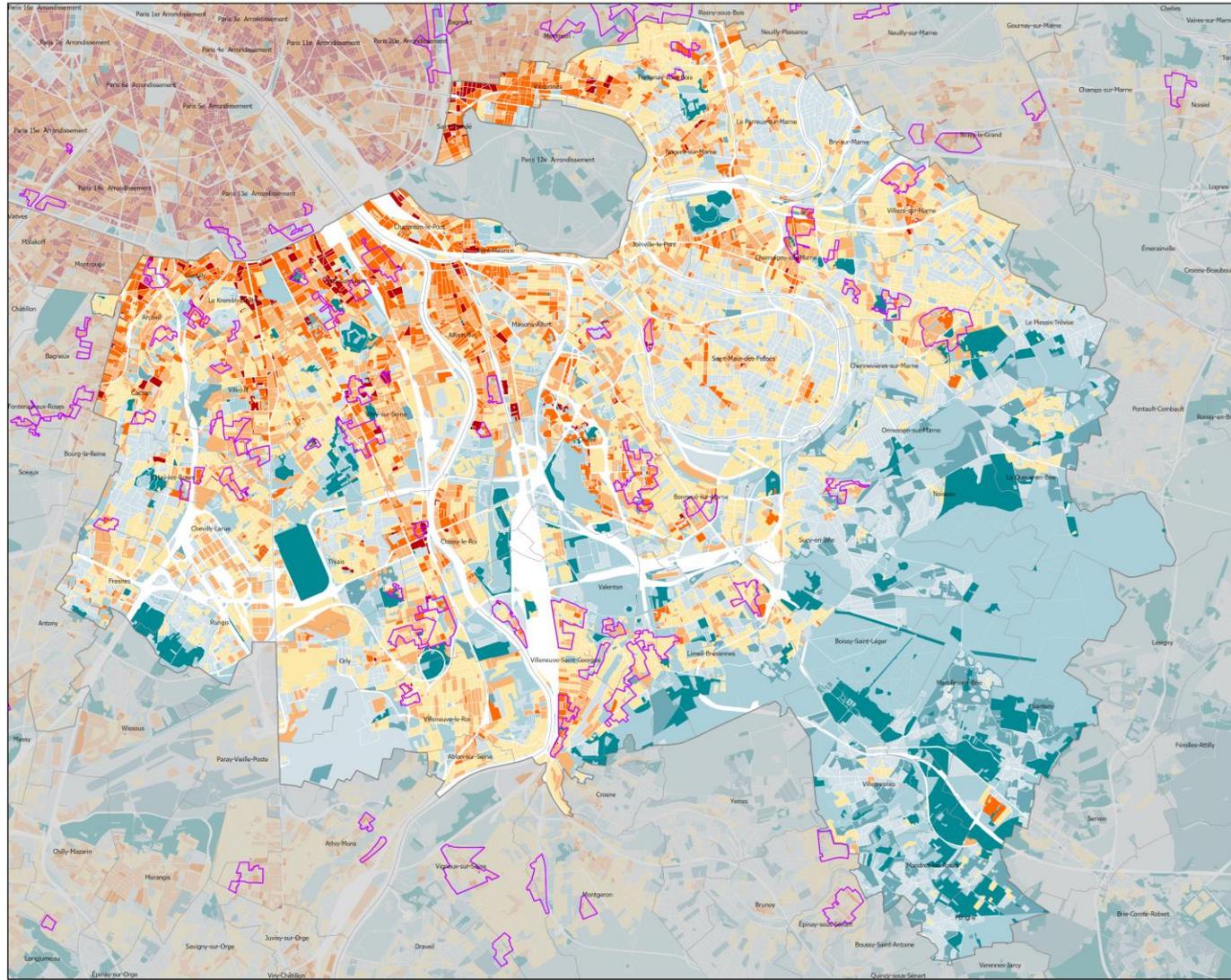
Synthèse
Vulnérabilité
Chaleur urbaine

La nuit

Niveaux de vulnérabilité à la chaleur urbaine à l'échelle des îlots

la NUIT

Vulnérabilité (très faible à très forte)



Département du
Val-de-Marne

Quartiers
Politiques
de la Ville



Diagnostic de vulnérabilité à la chaleur urbaine : L'approche co-construction chercheurs-acteurs

Projet de recherche « Chaleur en santé en ville, H2C »
Coordonné par le CNRM Météo France, financé par l'ANR



Fiche d'identité du projet

H2C
Heat & Health in Cities

Instrument : PRC

8 Partenaires : CNRM, IPSL, LHEEA, CSTB, PRODIG, AIRPARIF, SantéPublique France, l'Institut Paris Région

Début du projet : 01/02/2021

Durée : 4 ans

Budget total = 2 136 k€ et aide ANR accordée = 851 k€

TRL 3 Preuve analytique et expérimentale → TRL 6 Prototype de démonstrateur

CES 22 - Édition 2020
Réunion de lancement, novembre 2020

Ateliers de co-construction Chercheurs / Parties prenantes d'un service climatique Chaleur et santé basés sur une plate-forme d'analyse multicritère (PAM)

Apport de connaissance par les chercheurs H2C

- Dossier du participant composé de 7 notes d'appropriation
- Présentations des notes indicateurs et connaissances clés : acculturation de tous les participants

Co-construction avec un outil d'animation : la plateforme d'analyse multicritères

- Confrontation Chercheurs H2C/Acteurs prenantes autour des indicateurs et connaissances clés :
- Manipulation de la Plateforme d'analyse multicritères (PAM) rassemblant des premiers jeux de données H2C et relatives aux enjeux ; productions collectives par groupes

Un principe de co-construction :

- ⇒ mobilisation de l'expertise
- ⇒ expression des priorisations et registres d'action



Diagnostic de vulnérabilité à la chaleur urbaine : L'approche co-construction chercheurs-acteurs

Carte G4 (D91) - Exercice 3

**OÙ PRIORISER LA
RÉNOVATION
ÉNERGÉTIQUE DU PARC
HLM POUR PROTÉGER DE
LA CANICULE LES PUBLICS
DÉFAVORISÉS?**

Légende (coloriage)

2. ALÉA :
6. Température de nuit (23 h)
obs. en journée-type SANS
vent (16 juin 2022)
≥ P75 terr. d'ét. 500m (26,8°)

4. SENSIBILITÉ :
16. Indice (francilien) de
défaveur sociale (1 à 5), en
2020
≥ 3

5. SENSIBILITÉ (SUITE) :
8. Nombre de logements HLM
loués vides, en 2020
≥ 100

● = ● + ●
● = ● + ●
● = ● + ●
● = ● + ● + ●
● Autre maille

Territoire d'étude :
Métropole du Grand Paris

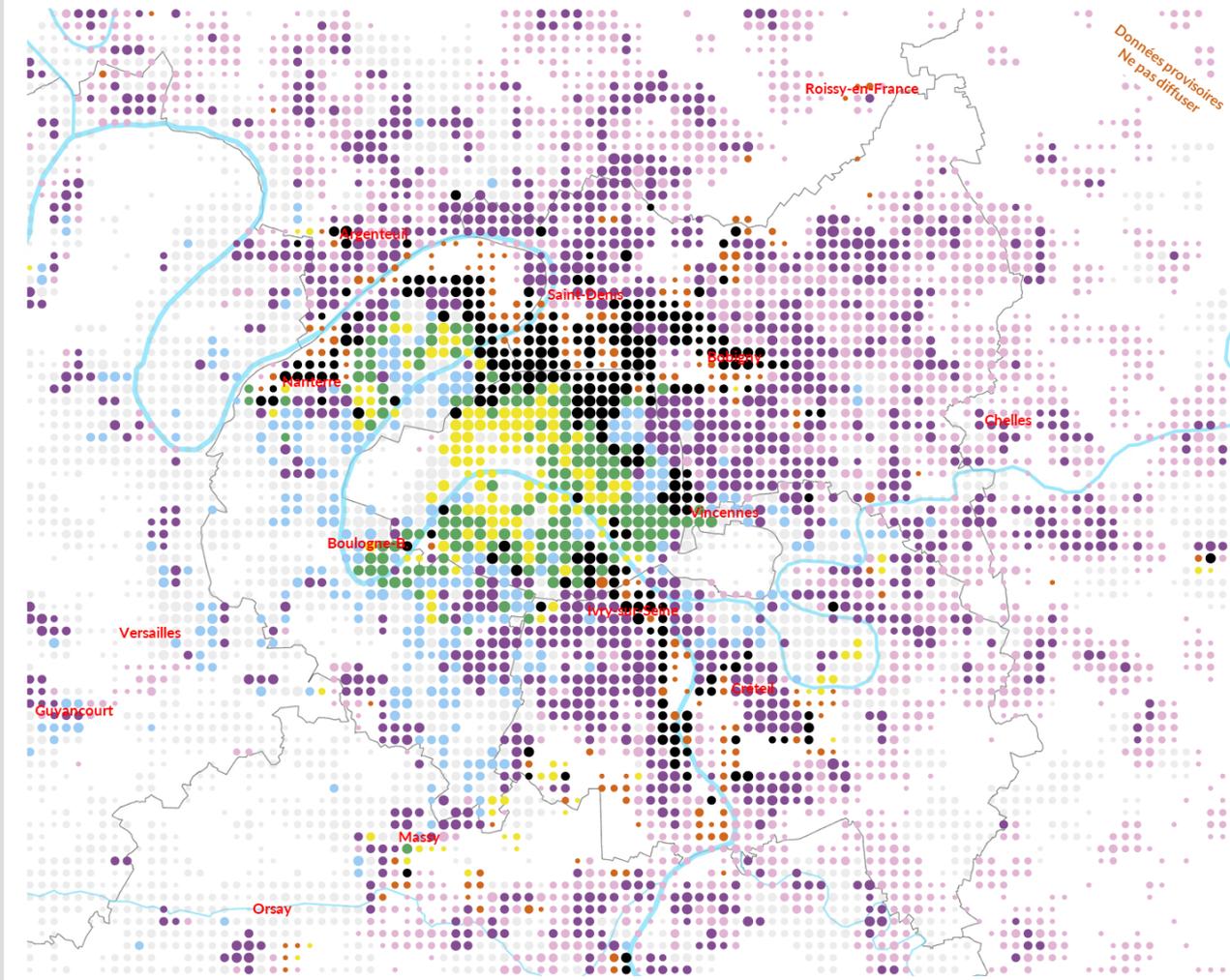
Territoire de référence :
Région Île-de-France

Les ronds de la carte sont placés
sur une grille 500 m.

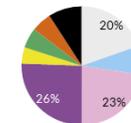
La taille des ronds est
proportionnelle à la population
en 5 classes de chaque maille.

La carte représente un espace de
50 x 40 km.

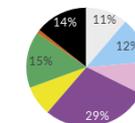
MAPH2C - V2 - 2024/05/23 - G4 (D91)



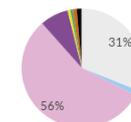
Répartition par couleur...



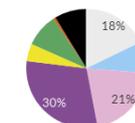
...des mailles habitées
de la métropole du Grand Paris
(MGP)



...de la population
de la métropole du Grand Paris
(MGP)



...des mailles habitées
de la région Île-de-France

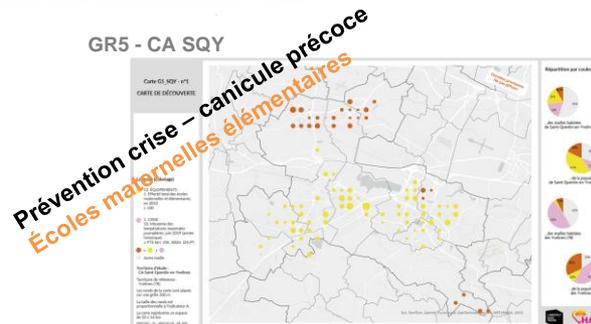
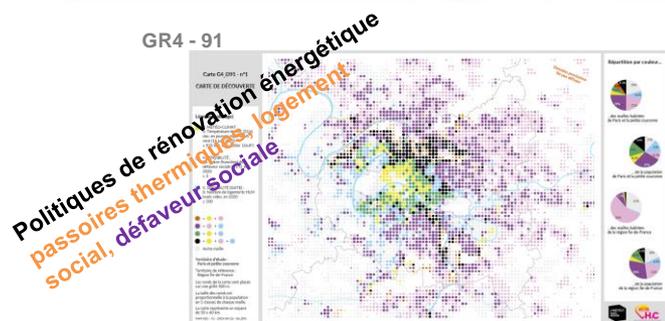
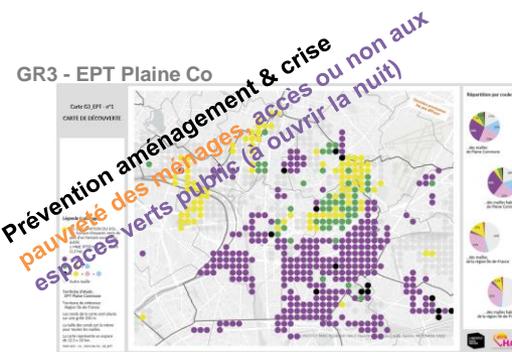
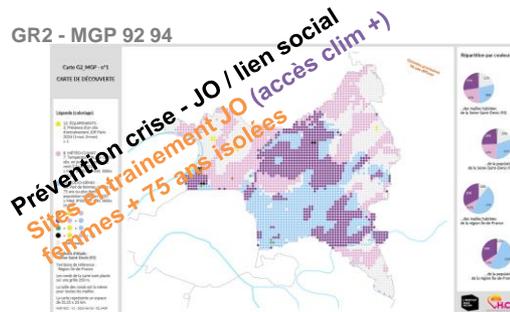
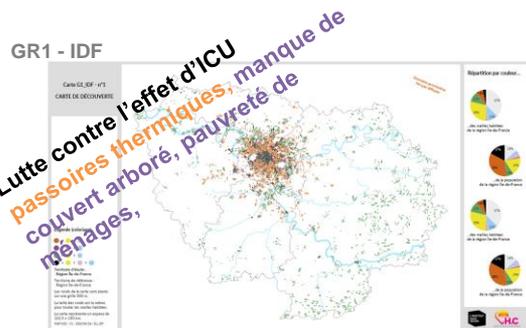


...de la population
de la région Île-de-France

Diagnostic de vulnérabilité à la chaleur urbaine : L'approche co-construction chercheurs-acteurs

Appréhension collective des registres d'action

Autour de la question des indicateurs d'actions préventives propres à la planification (transformation de la ville...) ou propres à la gestion de crise (abris climatiques...)



Définition proposée pour l'exercice PAM des composantes de la **vulnérabilité** (1+2+3)

- Aléa** (+aggravation de l'aléa / exposition de tout ou partie du territoire à cet aléa d'un ou plusieurs enjeux : « ce à quoi l'on tient »)
- Sensibilité** individuelle (susceptibilité...), collective, territoriale...
- Faire face** (difficulté ou capacité à faire face)
- Impact** (résultat d'un croisement de ces composantes, expression d'une vulnérabilité...)

⇒ Production de cartes de vulnérabilités différenciées selon les cibles et registres d'actions (compétences) travaillées

Vulnérabilité(s) à la chaleur urbaine



Merci de votre attention

erwan.cordeau@institutparisregion.fr

VULNÉRABILITÉS DE L'ÎLE-DE-FRANCE AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
QUE SAISON, QUE PRESSION ?



Cop21_scenario1 <https://youtu.be/vnZequHfJY>



Cop21_scenario2 <https://youtu.be/sCC5Zz2-w84?t=5>



Cop21_scenario3 https://youtu.be/aeoDn_PmsNk



Les stratégies de végétalisation pour aider la ville à faire face à la canicule



La vulnérabilité de la ville à la chaleur par l'approche Zones climatiques locales



Dans un contexte de réchauffement climatique et d'augmentation des pressions urbaines, climat et tout d'été de chaleur urbaine intensive. À partir de données de simulation climatique, nous avons établi un indice de vulnérabilité des îlots de chaleur urbains.

La vulnérabilité de la ville à la chaleur par l'approche Zones climatiques locales

Le réchauffement climatique est une réalité. Les températures moyennes annuelles augmentent et les événements extrêmes (canicules, sécheresses, incendies) deviennent plus fréquents et plus intenses. Ces phénomènes ont des impacts directs sur la santé humaine, l'agriculture, l'économie et l'environnement.

En France, les zones climatiques locales (ZCL) sont des zones géographiques homogènes en termes de climat. Elles sont définies à partir de données de simulation climatique et de données de terrain (topographie, végétation, etc.).

Le réchauffement climatique a des impacts directs sur la santé humaine, l'agriculture, l'économie et l'environnement. Les canicules sont devenues plus fréquentes et plus intenses, entraînant de nombreuses victimes. Les sécheresses ont des impacts sur l'agriculture et l'économie. Les incendies de forêt sont devenus plus fréquents et plus intenses.

En France, les zones climatiques locales (ZCL) sont des zones géographiques homogènes en termes de climat. Elles sont définies à partir de données de simulation climatique et de données de terrain (topographie, végétation, etc.).