

---

# LA RENATURATION : LEVIER D'ADAPTATION DES VILLES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

ÉVOLUTION DES RISQUES CLIMATIQUES EN ÎLE-DE-FRANCE

**#3 Cycle Renaturation / 18 avril 2023**

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

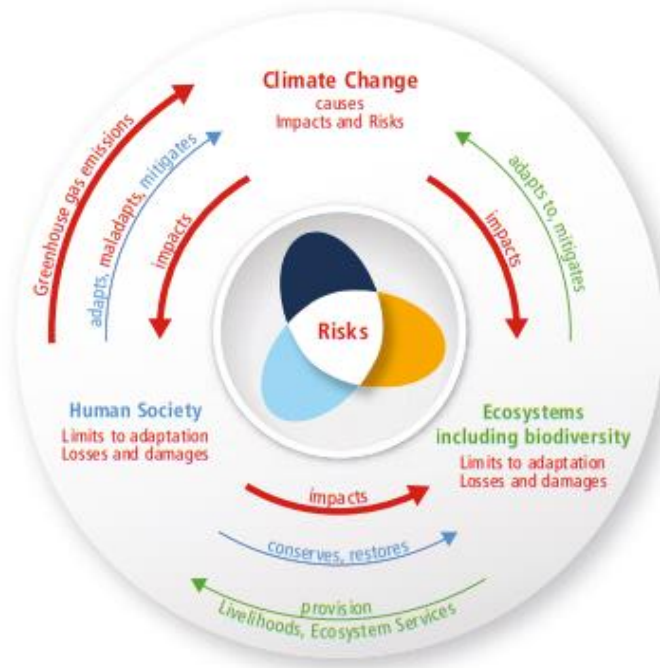


L'INSTITUT  
PARIS  
REGION

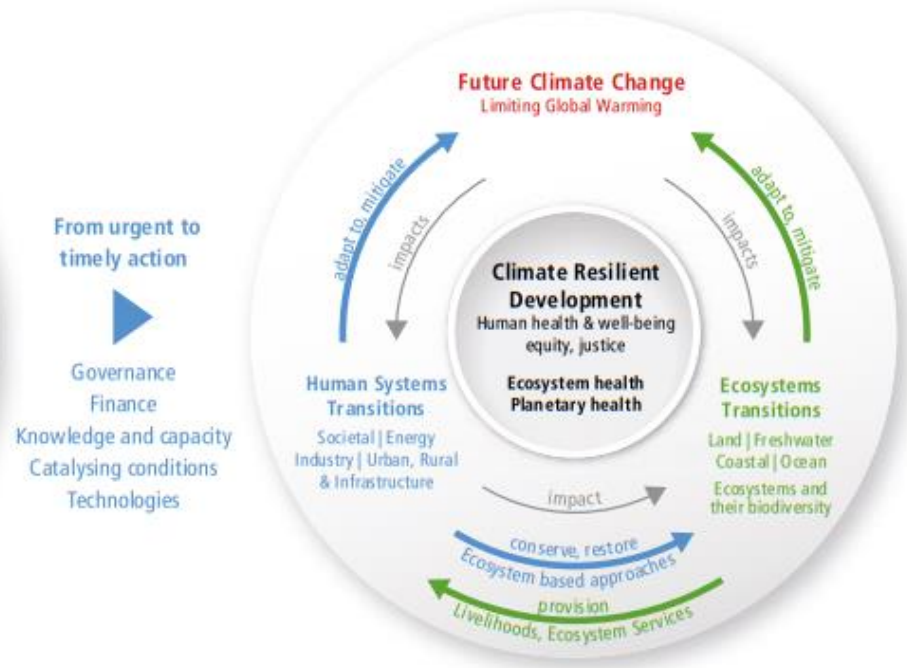
# Interactions Climat / Sociétés / Ecosystèmes

From climate risk to climate resilient development: climate, ecosystems (including biodiversity) and human society as coupled systems

(a) Main interactions and trends



(b) Options to reduce climate risks and establish resilience



The risk propeller shows that risk emerges from the overlap of:



« Atténuation du changement climatique », avril 2022, Rapport du Groupe III, 6<sup>ème</sup> cycle d'évaluation du GIEC

## Interactions entre les 2 défis climatiques, les écosystèmes (incluant la biodiversité) et la société humaine.

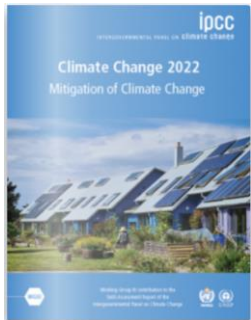
Ces interactions sont la base de l'émergence des risques liés au changement climatique, de la dégradation des écosystèmes et de la perte de biodiversité, et dans le même temps, d'opportunités offertes pour l'avenir.

- La société humaine est la cause du changement climatique. Le changement climatique, via les aléas, l'exposition et la vulnérabilité génère des impacts et des risques qui peuvent dépasser les limites d'adaptation et se traduire en pertes et dommages. La société humaine peut s'adapter, se « maladapter » et atténuer le changement climatique ; les écosystèmes peuvent s'adapter et atténuer au sein de ces limites. Les écosystèmes et leur biodiversité fournissent des moyens de subsistance et des services écosystémiques. La société humaine impacte les écosystèmes et peut les restaurer et les conserver.
- Atteindre les objectifs d'un développement résilient par rapport au climat soutenant l'humain, l'écosystème et la santé planétaire, tout autant que le bien-être humain, exige que la société et les écosystèmes transitent vers un état plus résilient. L'identification des risques climatiques peut renforcer les actions d'atténuation et d'adaptation et les transitions pour réduire les risques. L'entrée en action est favorisée par la gouvernance, la finance, la connaissance et le renforcement des capacités, la technologie et les conditions d'accélération. La transformation implique les transitions du système en renforçant la résilience des

# Interactions Climat / Sociétés / Ecosystèmes

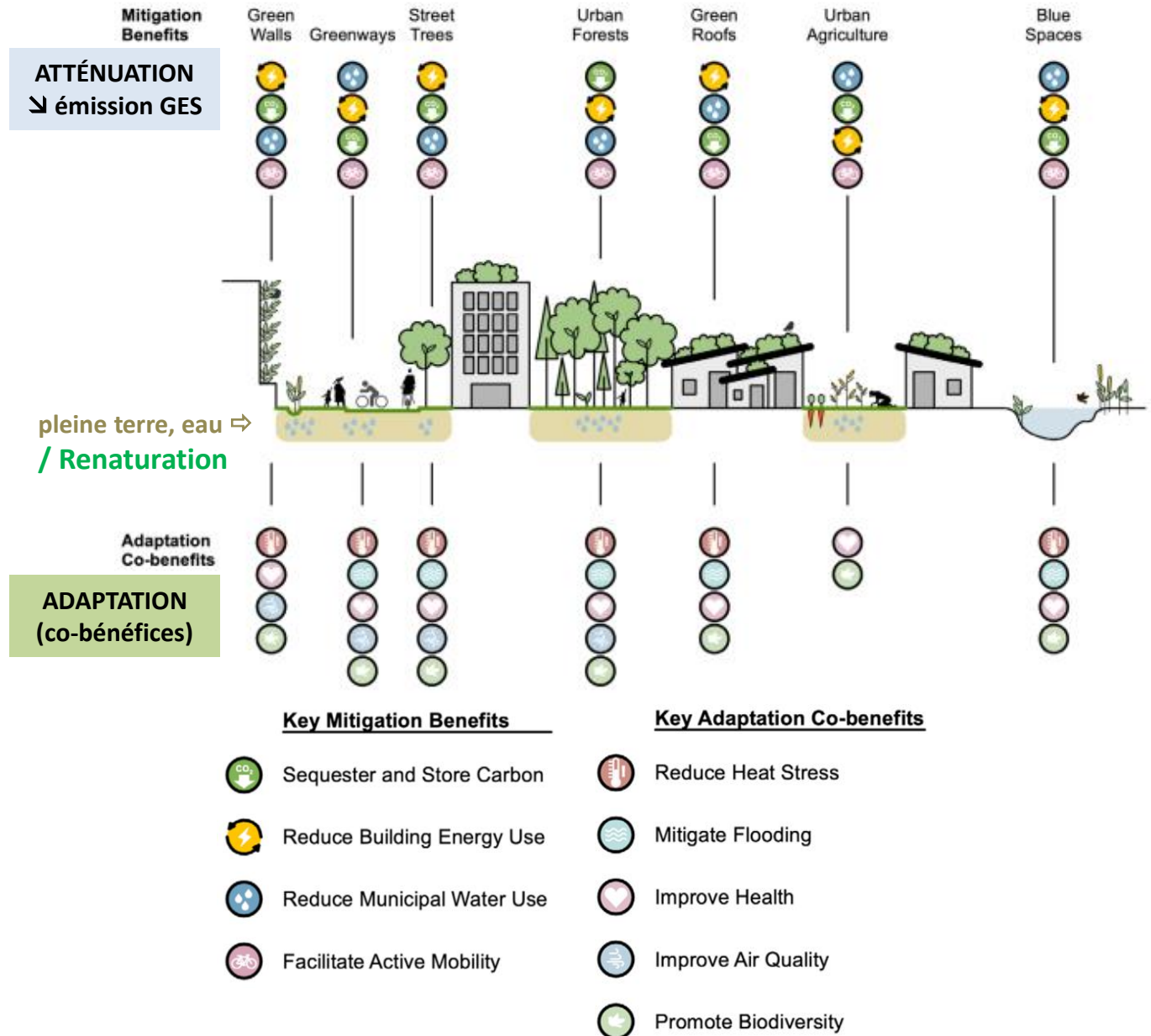
**Bénéfices clés pour l'atténuation, co-bénéfices pour l'adaptation, lien avec les ODD, Objectifs de développement durable des infrastructures vertes et bleues (a.)**

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<sup>ème</sup> cycle d'évaluation du GIEC

Chapitre 8 : « Systèmes urbains et autres installations ».





# Interactions Climat / Sociétés / Ecosystèmes

## b. Bénéfices clés pour l'atténuation, co-bénéfices pour l'adaptation et lien avec les Objectifs de développement durable (ODG) des infrastructures vertes et bleues

L'échantillon évalue les stratégies dans le contexte de leurs bienfaits en terme d'atténuation, de co-bénéfices pour l'adaptation et de liens avec les ODG. **Les forêts urbaines et les arbres d'alignement en ville apportent le plus de bénéfices pour l'atténuation** du fait de leur capacité à séquestrer et à stocker le carbone tout en réduisant simultanément la demande en énergie des bâtiments.

**De plus, ils apportent de multiples co-bénéfices pour l'adaptation et synergies en lien avec les ODG.** Les évaluations des bénéfices d'atténuation sont dépendants du contexte, de l'échelle et de la configuration spatiale de chaque type d'infrastructure verte et bleue et de leur proximité aux immeubles. Les avantages pour l'atténuation liés à l'infiltration des eaux pluviales s'expliquent par la réduction de la demande en énergie dans les stations d'épuration du fait d'un moindre volume d'eaux usées à traiter.

(Figure 8.18 – Chapitre 8 « Systèmes urbains et autres installations », Rapport du Groupe III, 6<sup>ème</sup> cycle d'évaluation).

	Urban Green and Blue Infrastructure	Mitigation Benefits	Adaptation Co-benefits	SDG Linkages
Urban Forests				
Street Trees				
Green Roofs				
Green Walls				
Blue Spaces				
Greenways				
Urban Agriculture				

## Avantages clé pour ATTÉNUATION (↘ GES)

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

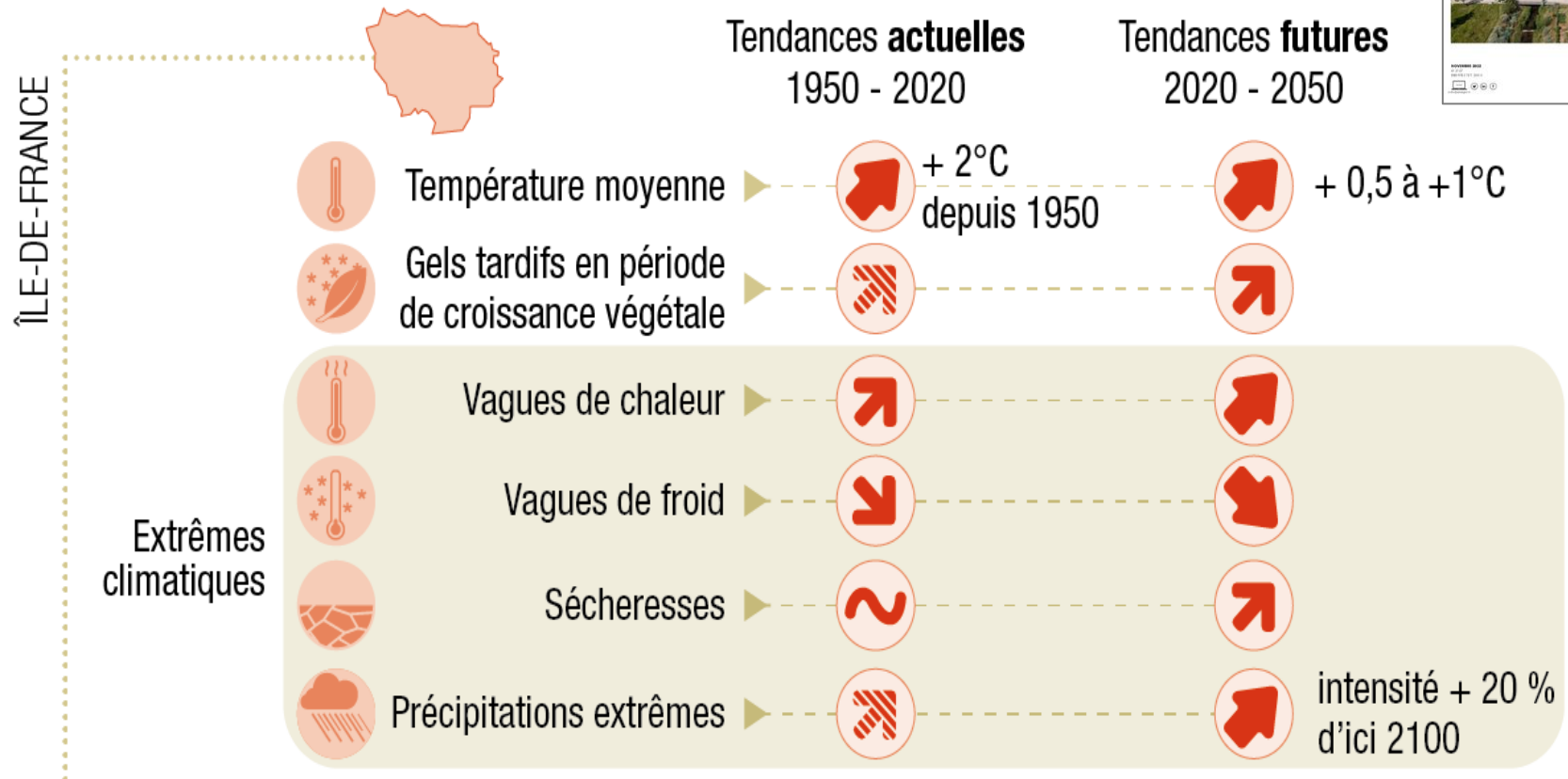
## Avantages clé pour ADAPTATION

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

# Les principales tendances du climat francilien



## Évolution du climat liée au changement climatique



© L'INSTITUT PARIS REGION, 2021 / Sources : DRIAS, GREC IdF, AESN, SDAGE

**FOCUS**  
**VAGUES**  
**DE CHALEUR,**  
**CANICULE,**  
**SECHERESSES**

# Les principales tendances du climat francilien

## 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)

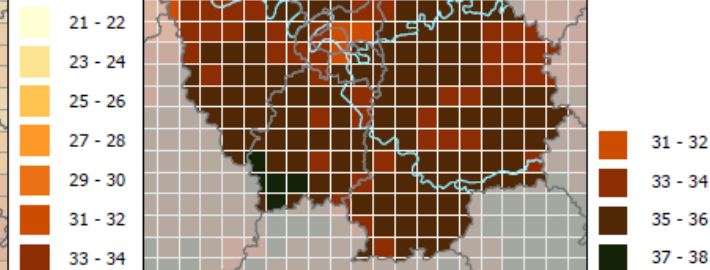
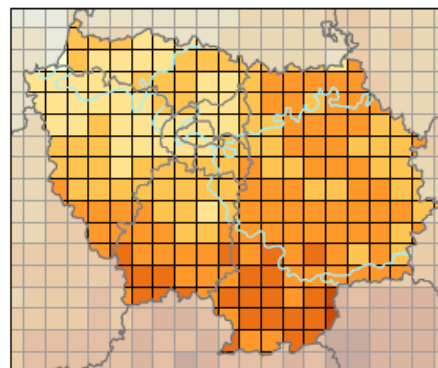
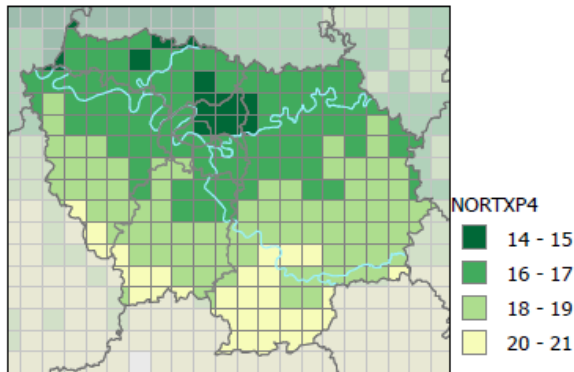
Horizon proche (2021-2050)

Horizon moyen (2041-2070)

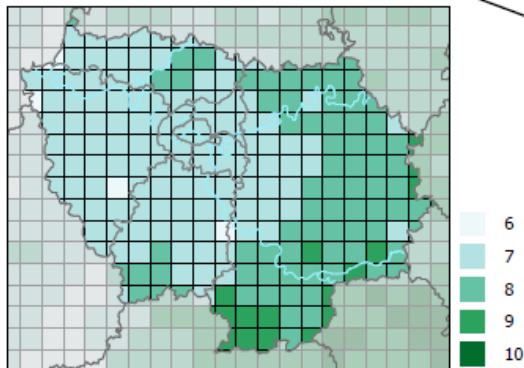
Horizon lointain (2071-2100)

**RCP 4.5**

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



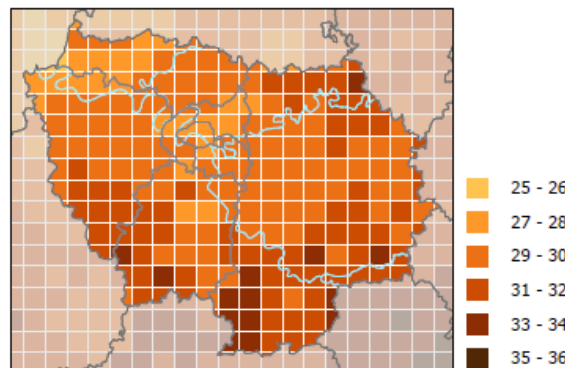
Référence (1976-2005)



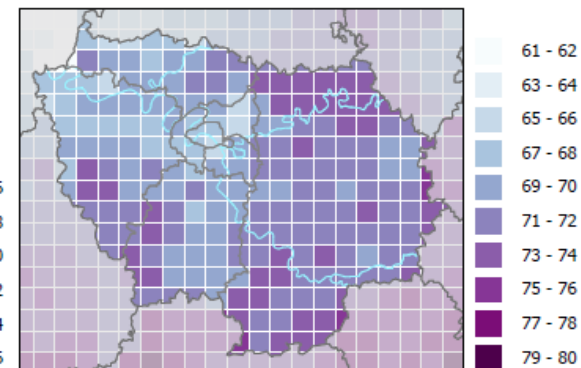
**RCP 8.5**

Scénario sans politique climatique

Horizon moyen (2041-2070)



Horizon lointain (2071-2100)



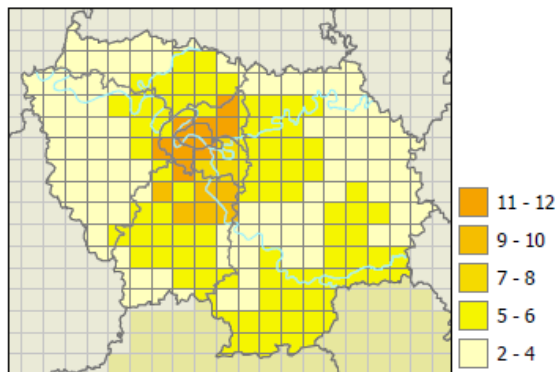
**FOCUS**  
**VAGUES**  
**DE CHALEUR,**  
**CANICULE,**  
**SECHERESSES**

# Les principales tendances du climat francilien

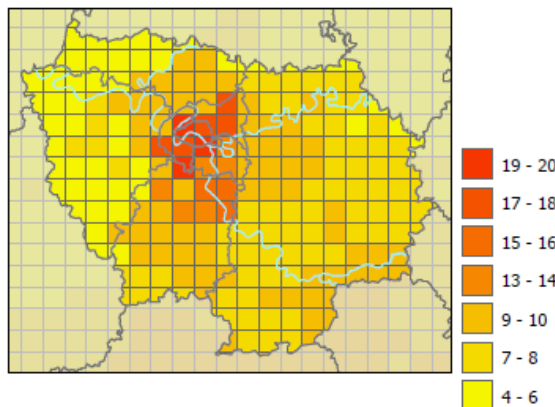
## Evolution du nombre de jours de nuits tropicales

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)

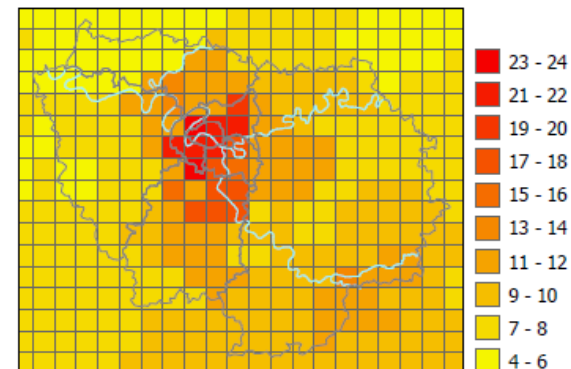
Horizon proche (2021-2050)



Horizon moyen (2041-2070)



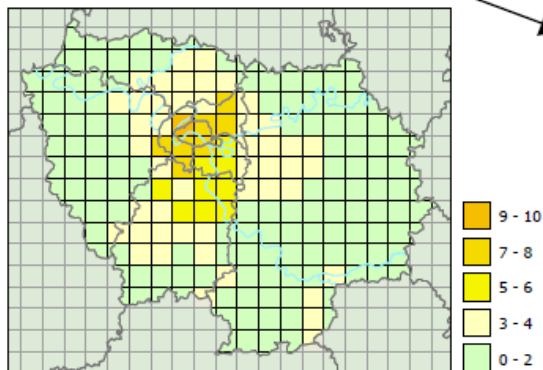
Horizon lointain (2071-2100)



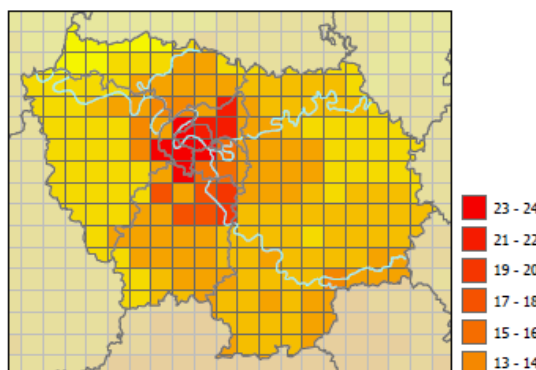
**RCP 4.5**

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

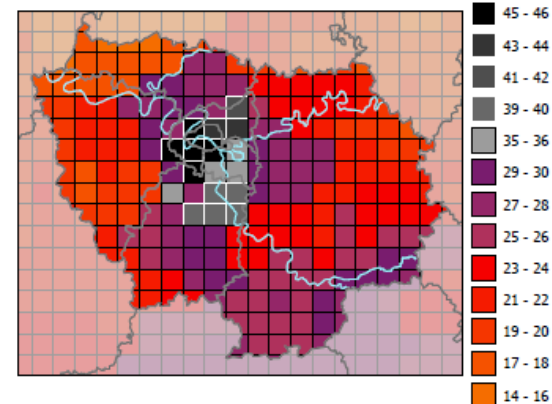
Référence (1976-2005)



Horizon moyen (2041-2070)



Horizon lointain (2071-2100)



**RCP 8.5**

Scénario sans politique climatique

**FOCUS**  
**VAGUES**  
**DE CHALEUR,**  
**CANICULE,**  
**SECHERESSES**

# Les principales tendances du climat francilien

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

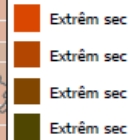
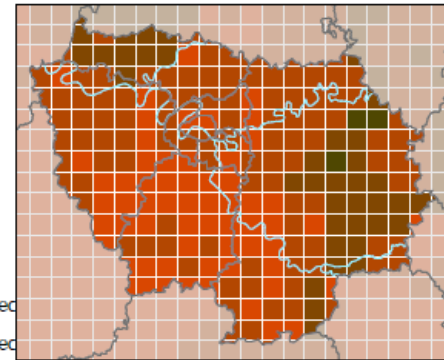
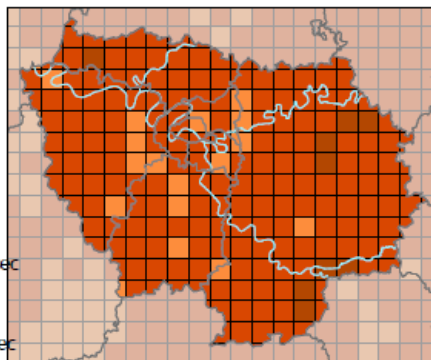
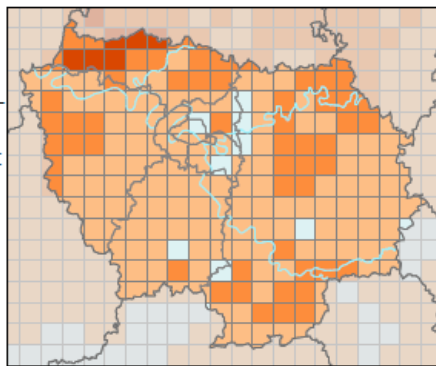
Horizon proche (2021-2050)

Horizon moyen (2041-2070)

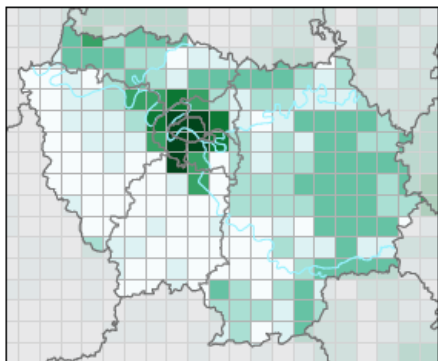
Horizon lointain (2071-2100)

**A1B**

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



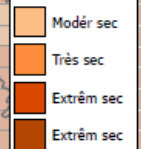
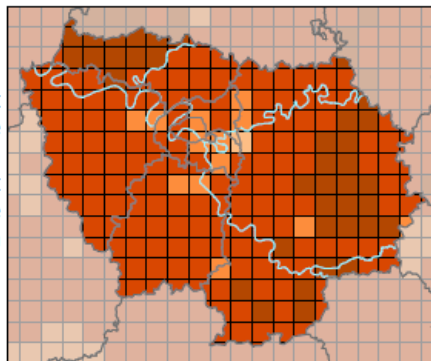
Référence (1989-2008)



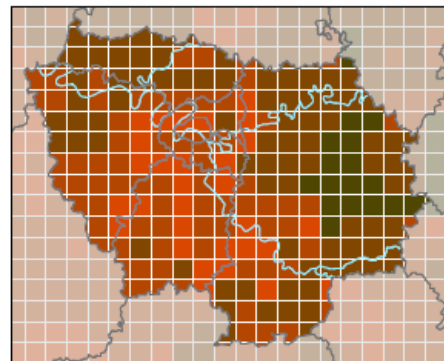
**A2**

Développement hétérogène avec un développement économique sur le schéma actuel

Horizon moyen terme (2041-2070)



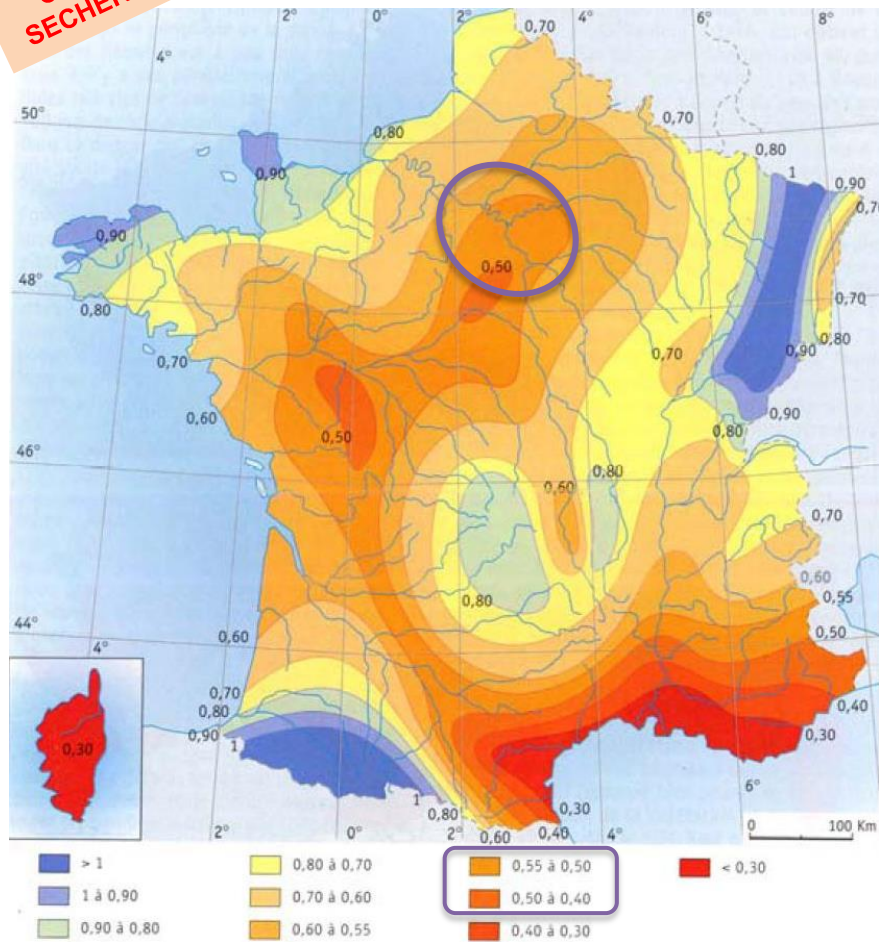
Horizon long terme (2071-2100)





**FOCUS**  
**VAGUES**  
**DE CHALEUR,**  
**CANICULES,**  
**SECHERESSES**

# Les principales tendances du climat francilien



Le rapport entre la pluviométrie (P) et l'évapotranspiration potentielle (EPT) moyenne durant la période de végétation (entre le 1<sup>er</sup> mars et le 31 août) montre que **l'Île-de-France est une région « sèche »** à l'échelle du pays.

Source : Atlas climatique de la France (1980), Période 1946 - 1960

## Climat<sup>HD</sup>

### Climat futur en Île-de-France

Impacts

**ÎLE-DE-FRANCE | Un sol de plus en plus sec en toute saison**

Cycle annuel d'humidité du sol  
Moyenne 1961-1990, records et simulations climatiques pour deux horizons temporels (scénario d'évolution SRES A2)

Humidité des sols

Chauffage

Climatisation

■ Records secs ■ Records humides ■ Moyenne 1961-1990 ■ SRES A2 2021-2050 ■ SRES A2 2071-2100

La comparaison du cycle annuel d'humidité du sol sur l'Île-de-France entre la période de référence climatique 1961-1990 et les horizons temporels proches (2021-2050) ou lointains (2071-2100) sur le XXI<sup>e</sup> siècle (selon un scénario SRES A2) montre un assèchement important en toute saison. En termes d'impact potentiel pour la végétation et les cultures non irriguées, cette évolution se traduit par un allongement moyen de la période de sol sec (SWI inférieur à 0,5) de l'ordre de 2 à 4 mois tandis que la période humide (SWI supérieur à 0,9) se réduit dans les mêmes proportions. On note que l'humidité moyenne du sol en fin de siècle pourrait correspondre aux situations sèches extrêmes d'aujourd'hui.

Source : Météo France

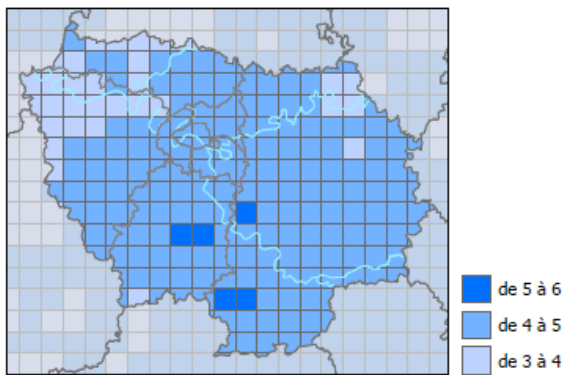
# Les principales tendances du climat francilien

## Evolution du nombre de jours de précipitations intenses

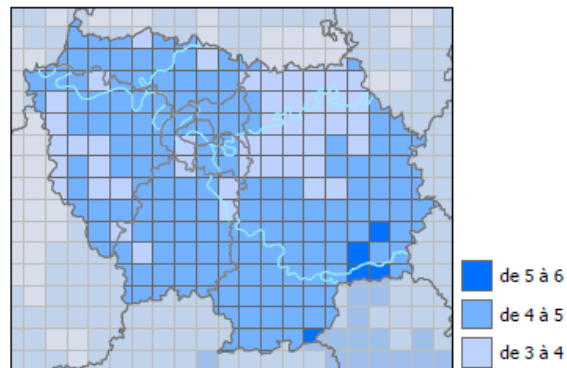
Indicateurs DRIAS 2020 - Simulations climatiques atmosphériques (modèle ALADIN63\_CNRM\_CM5), DRIAS 2022  
 indicateur NORRR99 (nombre de jours où on dépasse le Q99), selon les Scenarii RCP 4.5 et 8.5, en jour(s)

**RCP 4.5**  
 Scenario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2

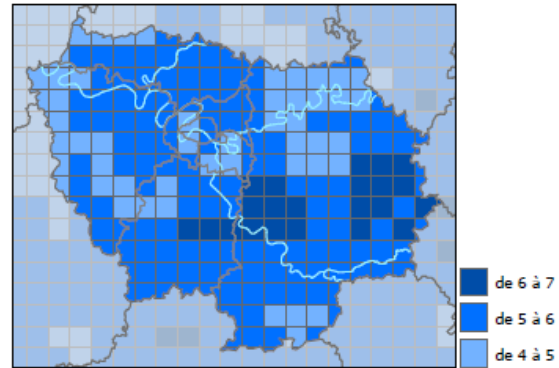
Horizon proche (2021-2050)



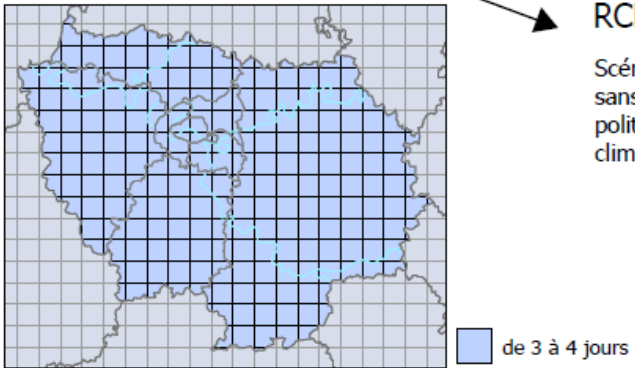
Horizon moyen (2041-2070)



Horizon lointain (2071-2100)

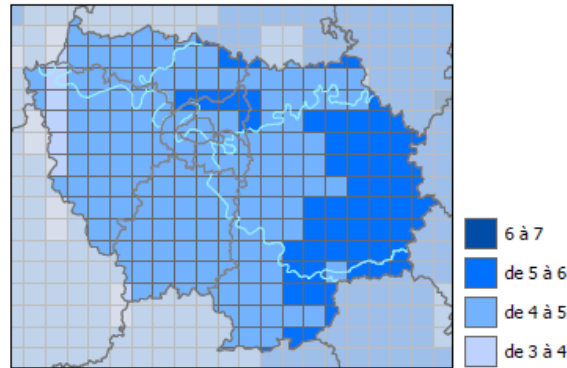


Référence (1976-2005)

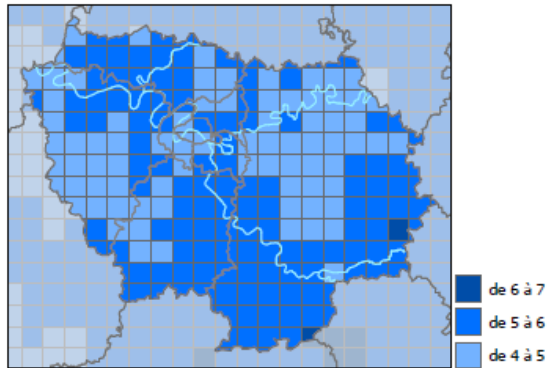


**RCP 8.5**  
 Scénario sans politique climatique

Horizon moyen (2041-2070)



Horizon lointain (2071-2100)



# Impacts et enjeux du changement climatique en Île-de-France

## ALEAS CLIMATIQUES

Augmentation des températures	Vagues de chaleur / canicules	Sècheresses	Gel tardif	Vagues de froid	Précipitations extrêmes
-------------------------------	-------------------------------	-------------	------------	-----------------	-------------------------

+ EFFET VILLE / ALEAS  
 => besoins de RENATURATION

ÎLOT de chaleur urbain  
 « MINERALISATION »

CARENCE EAU DE SURFACE  
 ET EN PLEINE TERRE



IMPERMEABILISATION  
 DES SOLS

## IMPACTS ET ENJEUX DANS LES SECTEURS TOUCHES

Santé et cadre de vie	Biodiversité et ressources naturelles	Activités économiques et grands services collectifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risques décès</li> <li>- Maladies infectieuses et allergies</li> <li>- Inconfort thermique</li> <li>- Risques naturels (RGA, inondations, incendies et tempête)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poursuite de l'érosion de la biodiversité</li> <li>- Impacts sur les milieux naturels et biodiversité urbaine</li> <li>- Sols et eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exercice des activités</li> <li>- Energie</li> <li>- Transports / infrastructures</li> <li>- Approvisionnement en eau potable et assainissement</li> <li>- Agriculture</li> <li>- Sylviculture</li> </ul>



**FOCUS**  
**VAGUES**  
**DE CHALEUR,**  
**CANICULE,**  
**SECHERESSES**

# Impacts et enjeux : chaleur, canicule + sécheresse

+ **EFFET VILLE / ALEAS**  
 ⇒ **besoins de RENATURATION**

ÎLOT de chaleur urbain  
 « MINÉRALISATION »

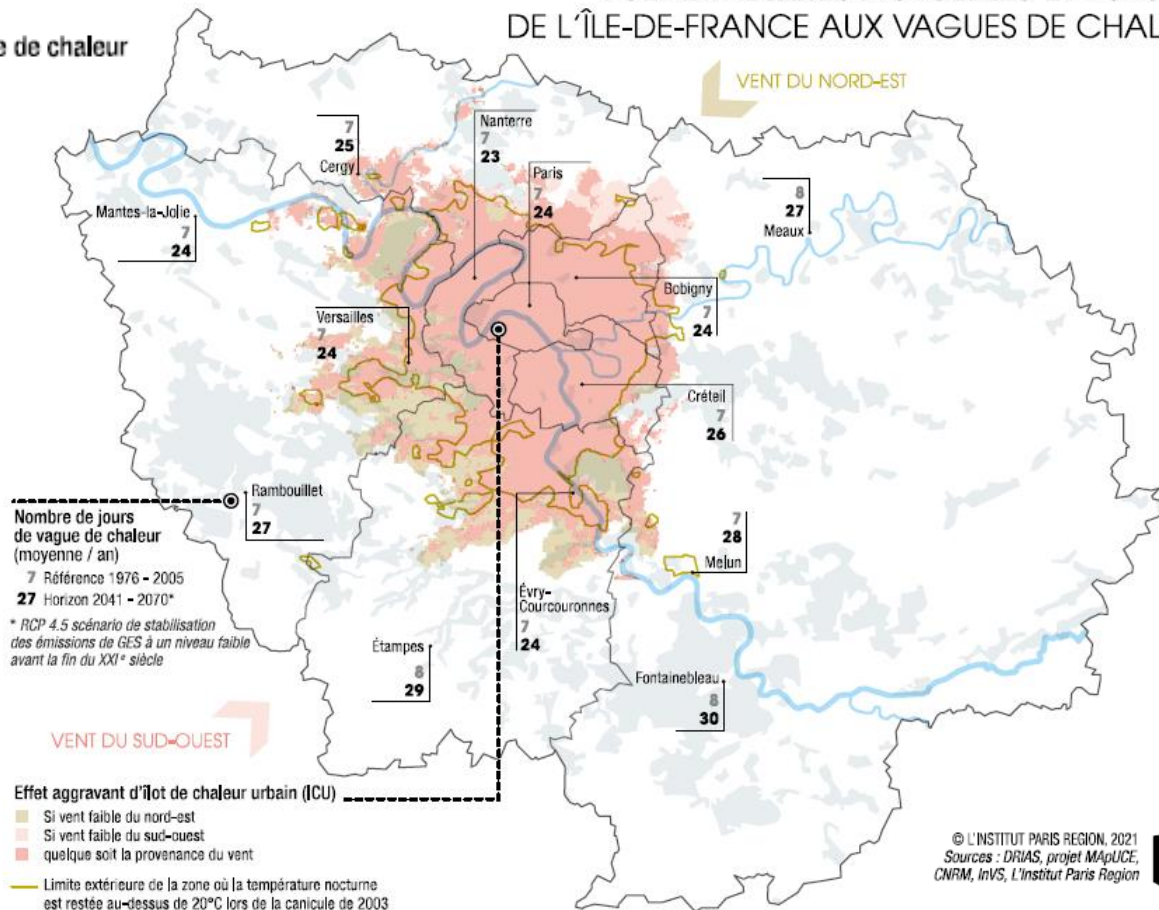
CARENCE EAU DE SURFACE  
 ET PLEINE TERRE

⇒ des enjeux de surmortalité humaine aux enjeux systémiques

## VULNÉRABILITÉS ACTUELLES ET FUTURES DE L'ÎLE-DE-FRANCE AUX VAGUES DE CHALEUR

Impacts systémiques potentiels d'une vague de chaleur

-  **Risque de surmortalité humaine**
-  **Baisse de productivité**
-  **Impacts sur les équipements et services de santé**
-  **Dégradation des réseaux et des infrastructures**
-  **Tension sur les ressources eau, énergie**
-  **Stress thermique de la végétation et des cultures**
-  **Effets combinés de la sécheresse et de la dégradation de la qualité de l'air**



© L'INSTITUT PARIS REGION, 2021  
 Sources : DRIAS, projet MAPUCE, CNRM, InVS, L'Institut Paris Region

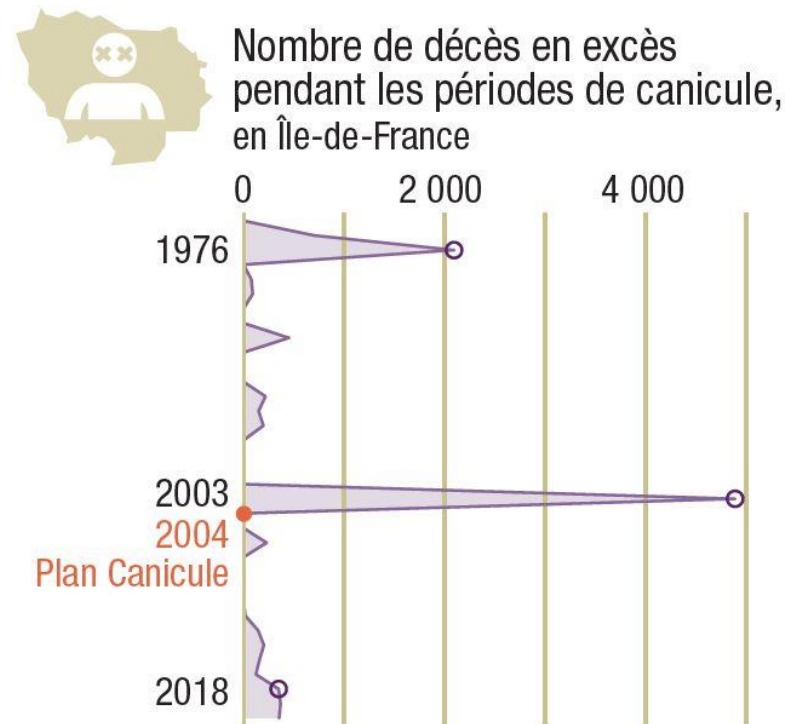
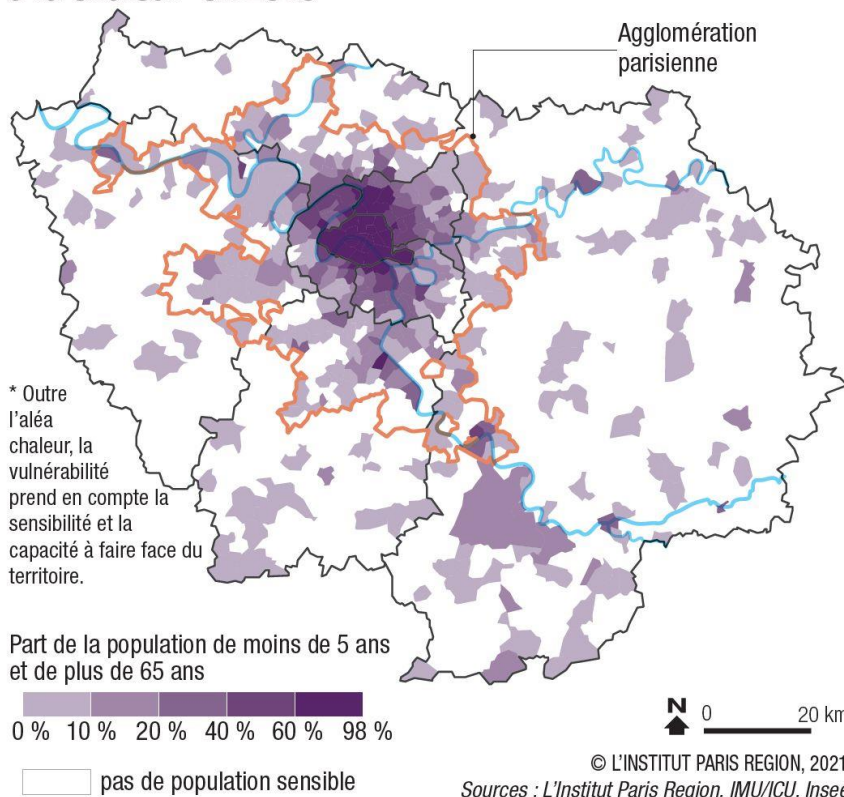




# Impacts et enjeux : chaleur, canicule + sécheresse

=> La chaleur en ville, un phénomène climatique mortel

**Population communale sensible en îlots très vulnérables à la chaleur\* en 2010**



© L'INSTITUT PARIS REGION, 2021 / Sources : Météo France - CépiDc et Insee, exploitation Santé publique France

**FOCUS**  
**VAGUES**  
**DE CHALEUR,**  
**CANICULE,**  
**SECHERESSES**

# Impacts et enjeux : chaleur, canicule + sécheresse

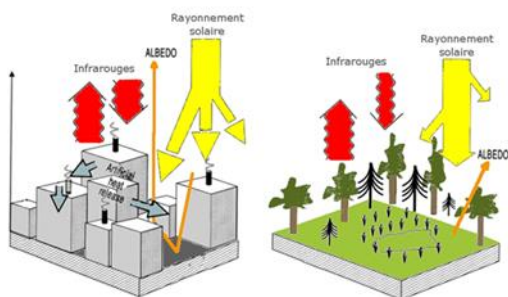
+ EFFET VILLE / ALEAS  
 ⇒ besoins de RENATURATION

ÎLOT de chaleur urbain  
 « MINERALISATION »

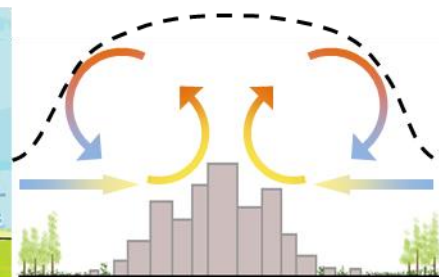
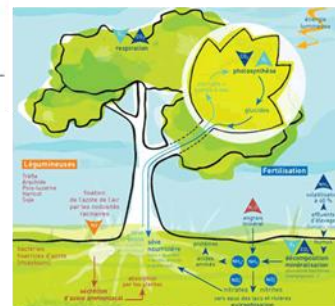
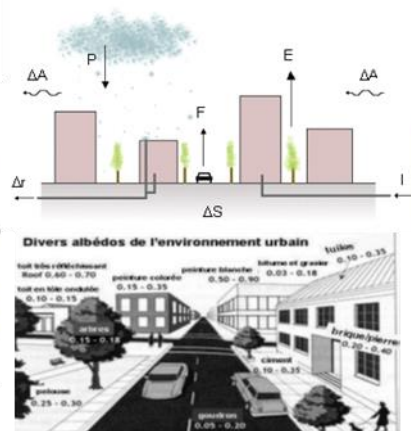
CARENCE EAU DE SURFACE  
 ET PLEINE TERRE

## Les facteurs intervenant dans le phénomène ICU

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



Source : Colombert, 2008 (simplifié)



Source : IAU, 2010

# RENATURATION : ICU, ruissellement, sécheresse

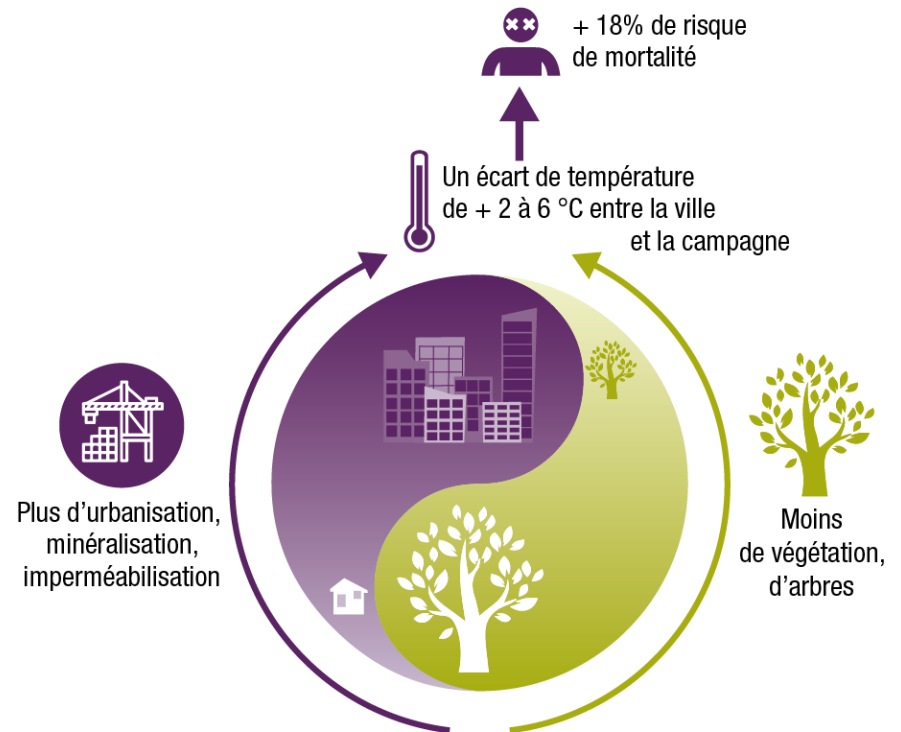
➔ Une attention particulière à **santé humaine et végétation**

## 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 »

### L'environnement urbain augmente les risques des effets sanitaires



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

# Impacts et enjeux : précipitations extrêmes

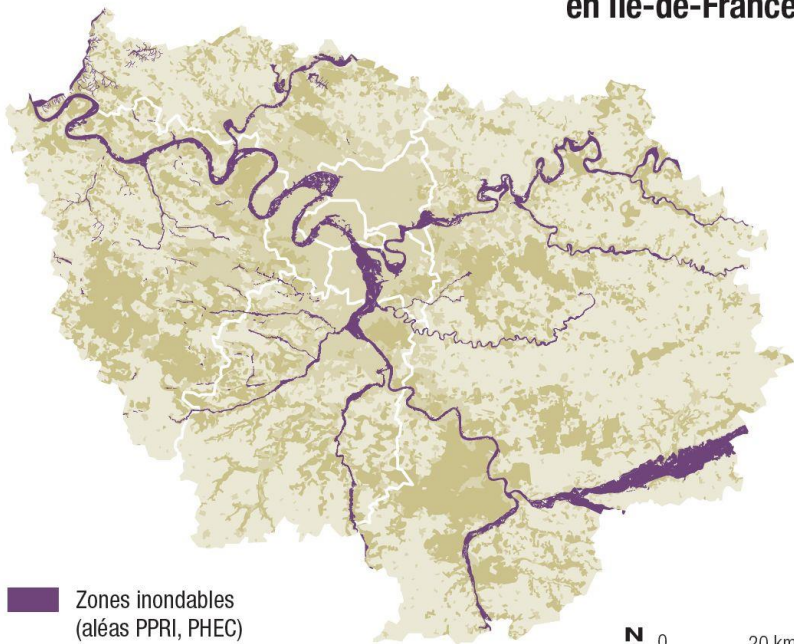
+ EFFET VILLE / ALEAS  
⇒ besoins de RENATURATION

IMPERMEABILISATION  
DES SOLS

PENTES, APTITUDES A L'INFILTRATION  
ENGORGEMENT DES RÉSEAUX

⇒ les inondations, des phénomènes d'ampleur et de fréquence différentes

### Les zones inondables en Île-de-France

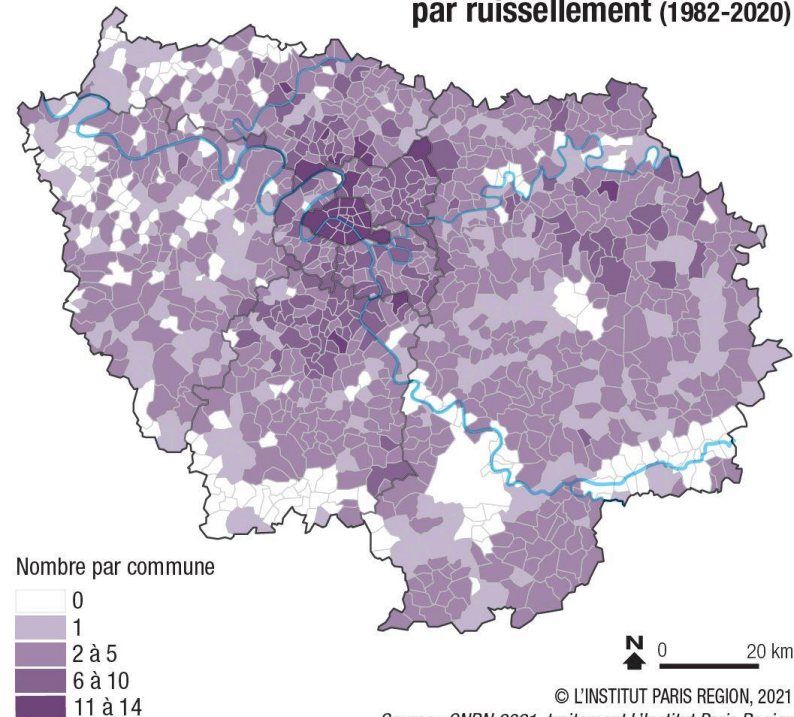


Zones inondables  
(aléas PPRI, PHEC)

© L'INSTITUT PARIS REGION, 2021 / Sources : SIVOA, SIAVB, SYAGE (aléas PAPI), UTEA, DDT, DULE 75, DIREN-IDF/AESN/IIBRBS, L'Institut Paris Region

Un risque concentré

### Les arrêtés de catastrophes naturelles inondations par ruissellement (1982-2020)



Nombre par commune

0  
1  
2 à 5  
6 à 10  
11 à 14

© L'INSTITUT PARIS REGION, 2021  
Source : ONRN 2021, traitement L'Institut Paris Region

Un risque diffus



# Impacts et enjeux : précipitations extrêmes

**+ EFFET VILLE / ALEAS**  
⇒ besoins de RENATURATION

**IMPERMEABILISATION  
DES SOLS**

**PENTES, APTITUDES A L'INFILTRATION  
ENGORGEMENT DES RÉSEAUX**

## Défi de l'infiltration par la pleine terre

CONSEIL GÉNÉRAL DE SEINE-SAINT-DENIS  
DIRECTION DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT  
DÉPARTEMENT DE SEINE-SAINT-DENIS  
**CARTE D'APTITUDE DES SOLS  
À L'INFILTRATION DES EAUX PLUVIALES**

**HYDROLOGIE**  
▲ Point de prélèvement en nappe libre  
■ Point de prélèvement en eau de surface  
— Limite des périmètres de protection éloignés provisoires

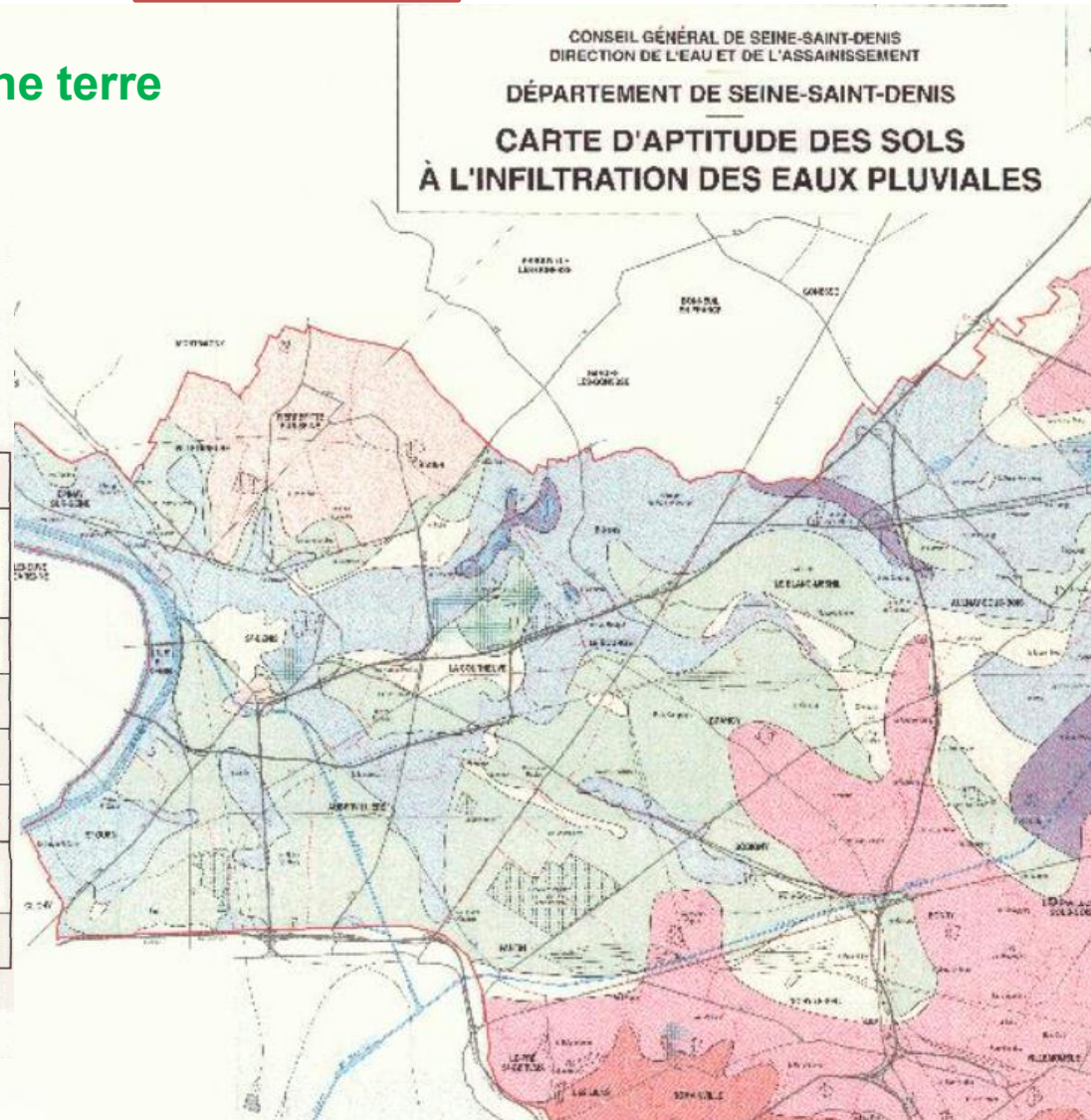
**TOPOGRAPHIE**  
— Limite de département  
- - - Limite de commune  
— Réseau hydrographique  
■ Bassins, plans d'eau  
— Axes principaux de communication  
— Voies ferrées, gares de triage  
■ Cimetières  
■ Parcs et zones boisées

**ECHELLE**  
0 500 1000 m

**APTITUDE DES SOLS À L'INFILTRATION**

SYMBOLE	CONTEXTE GÉOLOGIQUE	CONDITIONS LIMITANTES	APTITUDE À L'INFILTRATION DES EAUX PLUVIALES	DISPOSITIFS D'INFILTRATION POSSIBLES
[Red]	1 <sup>e</sup> , 2 <sup>e</sup> , et 3 <sup>e</sup> masses du gypse	Nappe perchée (Buttes-témoin)	Néant en raison des risques de d'effondrement à la périphérie des buttes-témoin	Néant
[Pink]		Néant (Affleurement)	Néant en raison des risques de dissolution et d'effondrement	Néant
[Light Orange]	4 <sup>e</sup> masse du gypse et Calcaire de Noisy-le-Sec	Couverture peu perméable (limons) et e ZNS < 3 m (*)	Mauvaise	• Parkings alvéolaires
[Light Yellow]		Couverture peu perméable (limons) et e ZNS > 3 m (*)	Médiocre à moyenne selon la nature et l'épaisseur du recouvrement	• Bassins d'infiltration • Parkings alvéolaires
[Light Green]		Couverture perméable et e ZNS > 3 m (*)	Moyenne à bonne suivant la perméabilité du substratum	• Drains / fossés infiltrants • Bassins d'infiltration • Parkings alvéolaires
[Light Green]	Calcaire de St Ouen et Sable de Monceau	Néant (Affleurement)	Moyenne à bonne suivant la perméabilité du substratum	• Drains / fossés infiltrants • Bassins d'infiltration • Parkings alvéolaires
[Light Blue]		e ZNS > 3 m (*)	Bonne sur Calcaire franc et fissuré Médiocre si faciès mameux	• Puits d'injection (**) • Puits d'infiltration • Drains / fossés infiltrants • Bassins d'infiltration • Parkings alvéolaires
[Purple]	Sable de Monceau	e ZNS < 3 m (*)	Nulle en raison de l'épaisseur trop faible de la zone non saturée	Néant

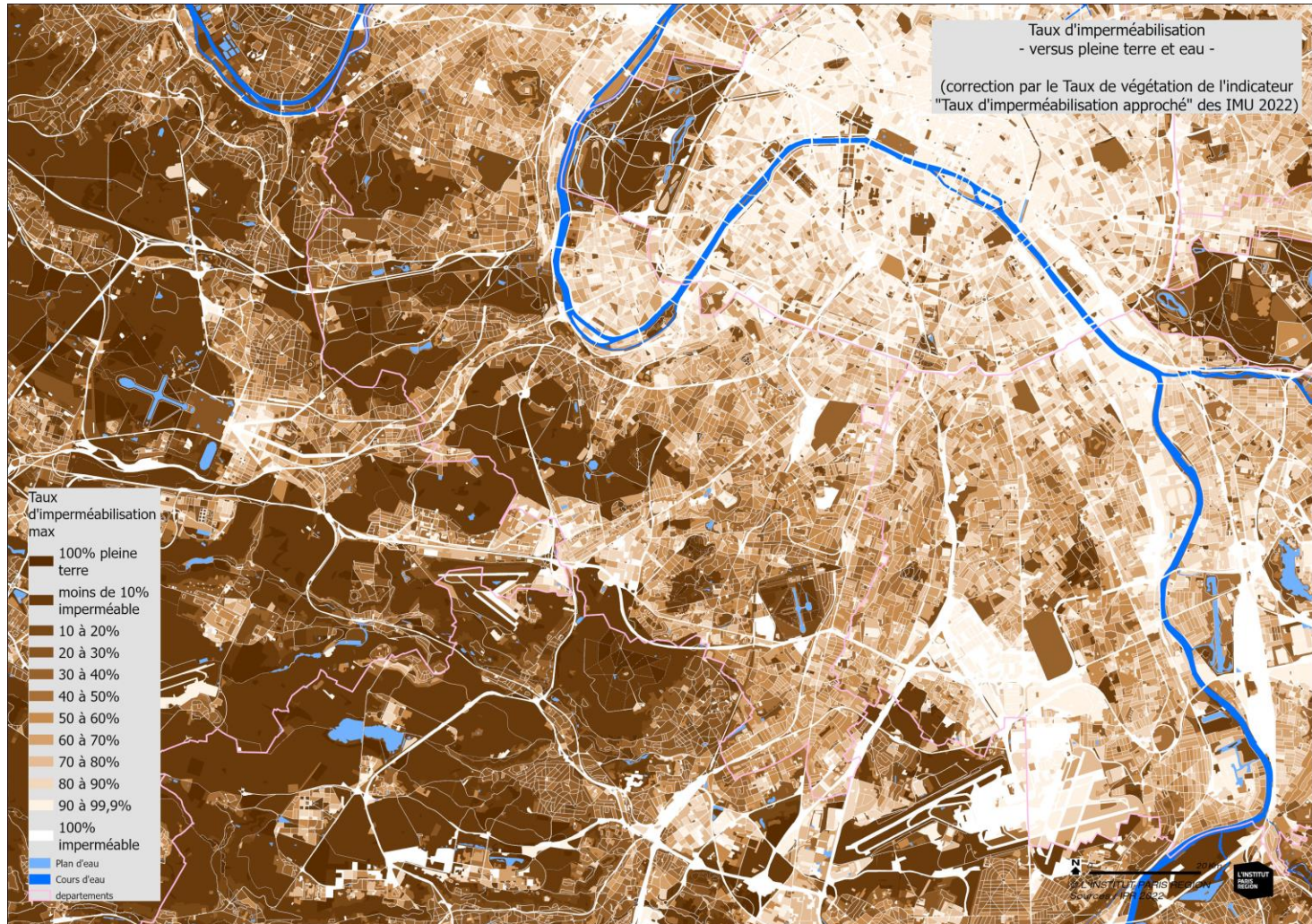
(\*) e ZNS = épaisseur de la zone non saturée  
(\*\*) l'injection directe en nappe n'est pas considérée réglementairement comme une infiltration dans le sol





# RENATURATION : ICU, ruissellement, sécheresse

➔ Une attention particulière à l'imperméabilisation / pleine terre

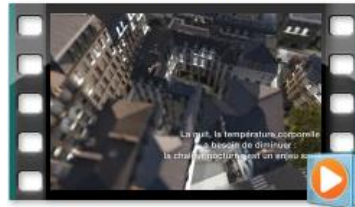
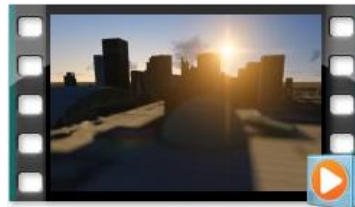




# La renaturation : levier d'adaptation des villes au CC

Merci de votre attention

[erwan.cordeau@institutparisregion.fr](mailto:erwan.cordeau@institutparisregion.fr)



## Cartoviz Chaleur en ville



[https://cartoviz.institutparisregion.fr/?id\\_appli=imu&x=650605.4973108575&y=6861149.10374988&zoom=6](https://cartoviz.institutparisregion.fr/?id_appli=imu&x=650605.4973108575&y=6861149.10374988&zoom=6)

