

SYMPOSIUM FINAL H2C

CHALEUR ET SANTÉ EN VILLE

Lundi 6 octobre 2025 – *Projet financé par l'ANR (ANR-20-CE22-0013)*




HEAT & HEALTH IN CITIES

FINANCÉ PAR
ANR



CSTB
le futur en construction



SÉQUENCE B

Le défi Santé-chaleur, nouvel argumentaire pour les actions climat

Animation : Nathalie BELTZER, Directrice de l'ORS, IPR

Le défi Santé-chaleur, nouvel argumentaire pour les actions climat

- **Mathilde PASCAL**, Chargée de projet scientifique climat et santé, *Santé publique France, projet H2C*
- **Véronique GHERSI**, Responsable du Service Diagnostic et Prévisions, *AIRPARIF, projet H2C*
- **Alexandra COLLIN**, Chargée de projet transition écologique et développement durable, *Ville de Nanterre*
- **Mélusine MENSEAU**, Directrice adjointe des Solidarités, du Développement social et du CCAS, *Ville de Saint-Denis*

Grand témoin

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*

SÉQUENCE B

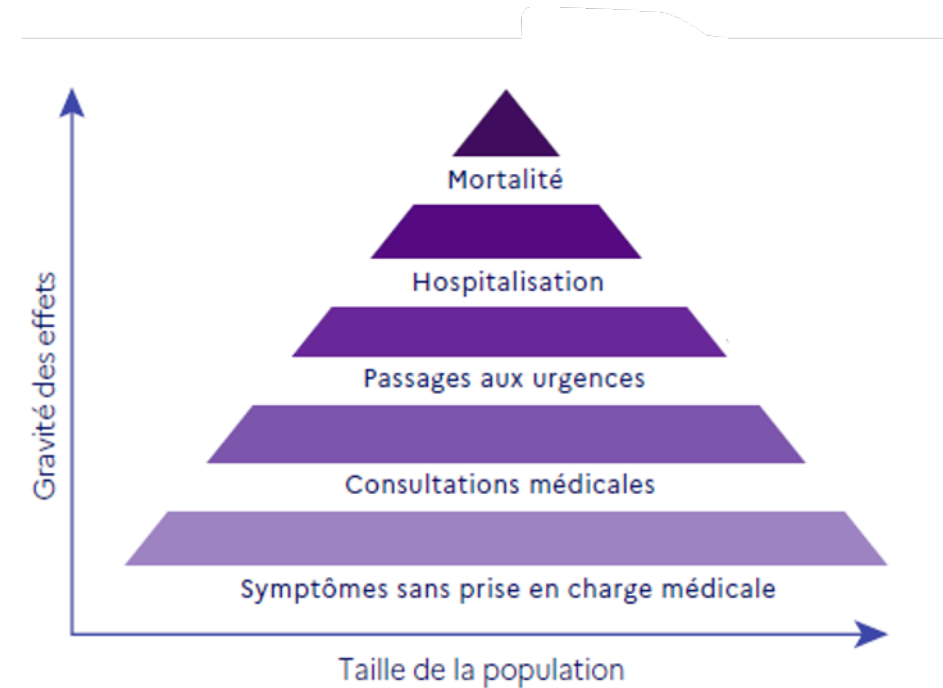
Mathilde PASCAL

Chargée de projet changement climatique et santé
Santé publique France
Projet H2C



INFLUENCE DE LA CHALEUR SUR LA SANTÉ

- La chaleur a des effets délétères sur la santé partout où elle est étudiée
- Ces effets sont multiples (ex cardiovasculaires, respiratoires, rénales, santé mentale, grossesse...)
- Et touchent tous les âges
- Ils se traduisent par
 - un recours aux soins accru
 - une augmentation de la mortalité
 - une perte de productivité / capacité d'apprentissage
- Entre 2014 et 2024 la chaleur a causé plus de 41 000 décès en France hexagonale
- Entre 2015 et 2020, les coûts directs et indirects des vagues de chaleur sur la santé représentaient au moins 25,5 milliards d'€ en France hexagonale



Pyramide des effets de la chaleur sur la santé

OBJECTIFS

- En Île-de-France, des impacts sur la mortalité et le recours sont observés chaque année
- Ex été 2024 entre le 1^{er} juin et le 15 septembre

(1^{er} juin – 15 septembre)

	Total	14 ans et moins	15 à 74 ans	75 ans et plus
Actes SOS Médecins pour iCanicule	184	20%	36%	43%
Passages aux urgences pour iCanicule	1 734	10%	39%	51%
Hospitalisations suite à un passage aux urgences pour iCanicule	1 189	9%	34%	58%

La somme des pourcentages peut être inférieure ou supérieure à 100% du fait des arrondis.

350 DÉCÈS
sont attribuables à la chaleur



soit **2 décès sur 100 observés**

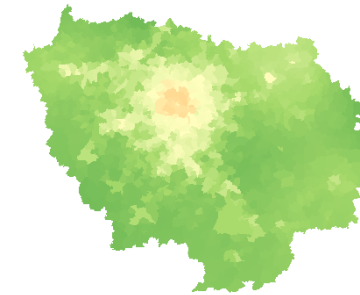
Les 75 ans et plus représentent
sept décès sur dix

- Le projet H2C vise à mieux comprendre ces impacts sur la santé pour ouvrir de nouvelles perspectives d'adaptation
- Il a permis de :
 - décrire l'exposition et la vulnérabilité à la chaleur
 - quantifier l'influence de la chaleur sur la mortalité, les hospitalisations et les passages aux urgences
 - identifier les facteurs de risques et les facteurs protecteurs

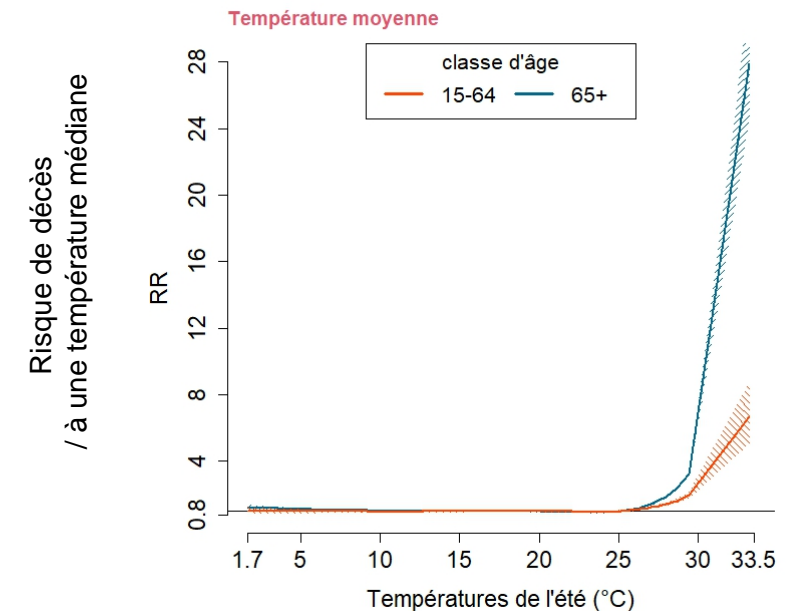
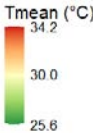
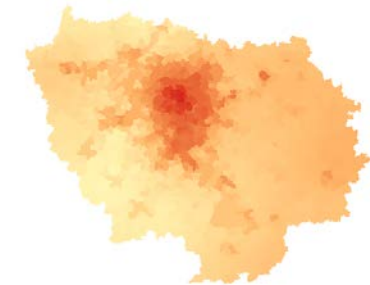
MÉTHODE

- Analyses épidémiologiques portant sur des périodes entre 2000 et 2019 (selon l'indicateur de santé) à l'échelle de la commune
- Prenant en compte:
 - des données journalières de températures
 - des données journalières de mortalité, d'hospitalisations ou de passages aux urgences pour diverses causes
 - des données contextuelles pour caractériser l'environnement et la socio-démographie de chaque commune journalières ou annuelles
- Modèles stratifiés par type d'urbanisation (rural – agglomération parisien hypercentre urbain), âge (15-64 ans >65 ans) et sexe
- Analyses en séries temporelles
 - permet de modéliser des effets différés sur la santé (10 jours)
 - nombreuses analyses de sensibilité notamment pour identifier le meilleur indicateur météorologiques (Température moyenne journalière)

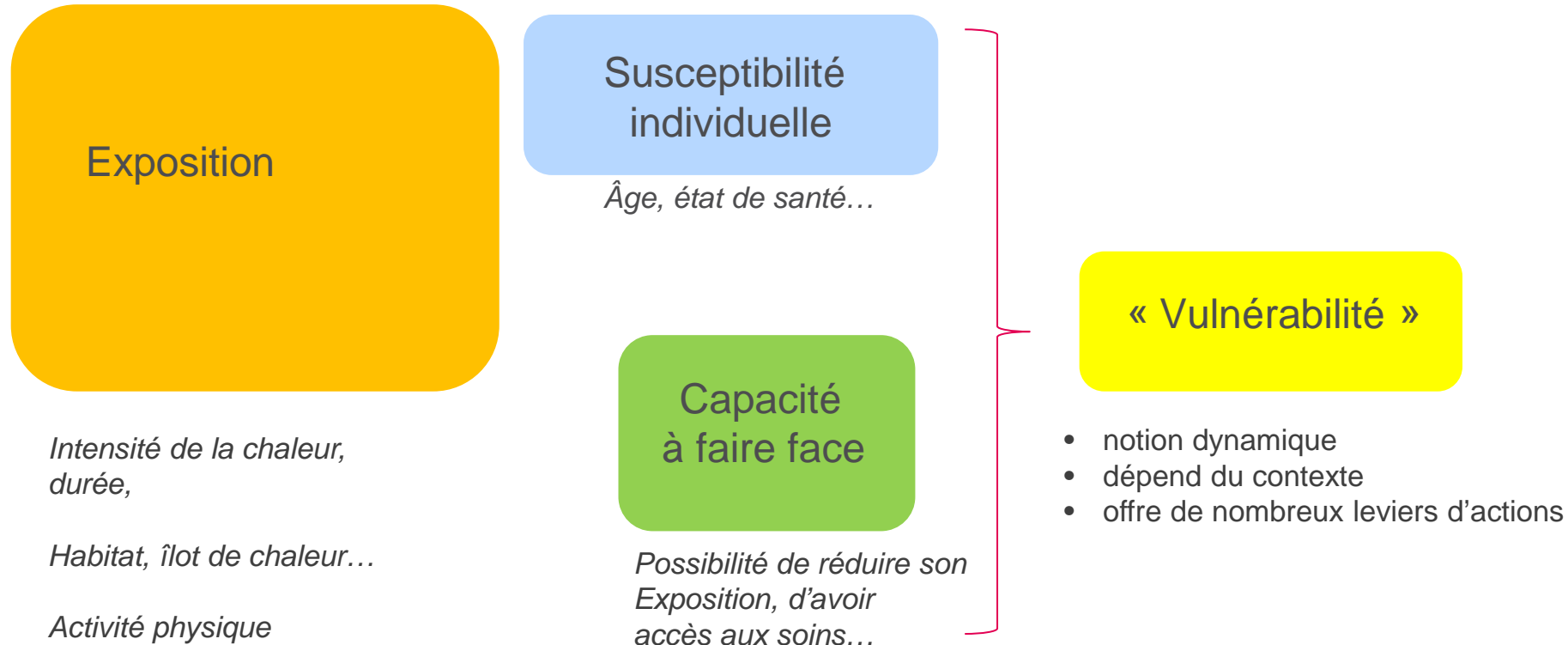
01/07/2015



25/07/2019



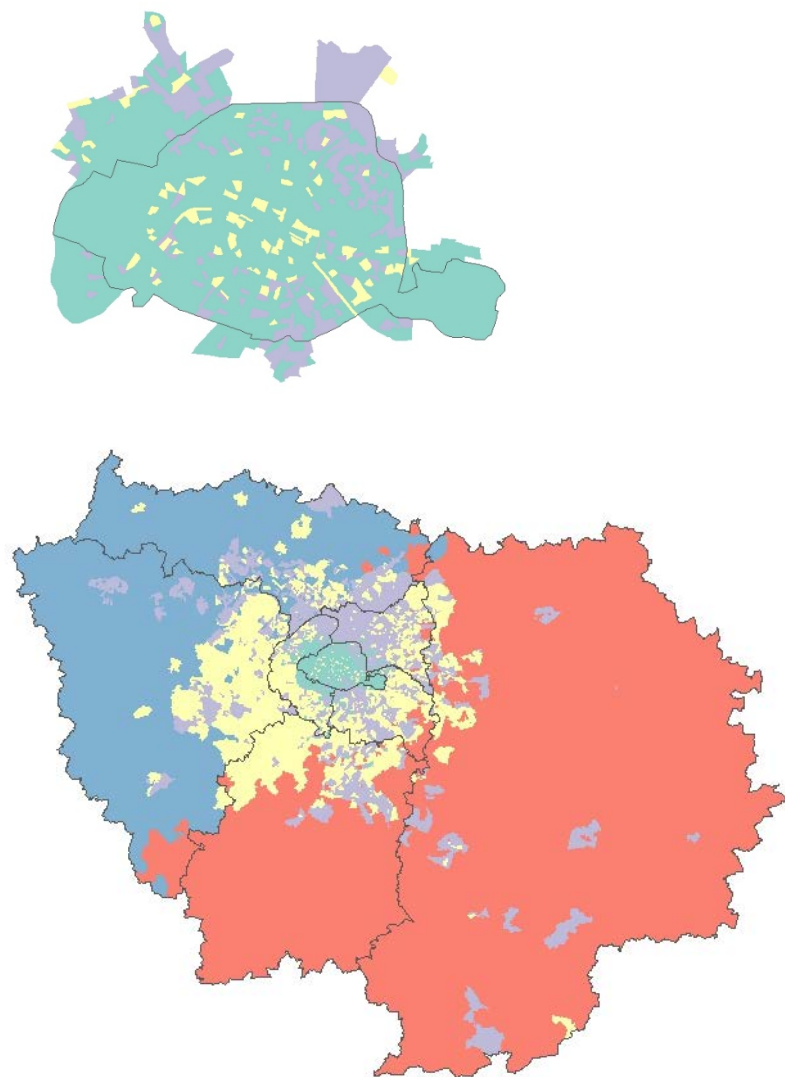
VULNÉRABILITÉ À LA CHALEUR



- Les inégalités sociales peuvent influencer chacune (mais pas systématiquement tous en même temps) de ces dimensions
- La vulnérabilité n'est pas une caractéristique individuelle figée elle peut être modifiée par des actions individuelles et collectives

VULNÉRABILITÉ ET IMPACTS SUR LA MORTALITÉ

5 zones présentant des situations de vulnérabilités différentes



- Revenus faibles, taux de chômage élevé, taux de logement sociaux élevé, forte exposition aux températures élevées
- Forte densité de population, revenus élevés, niveau d'éducation élevé, population âgée, capacité d'adaptation élevée, forte exposition aux températures élevées
- Revenus élevés, faible taux de chômage, niveau d'urbanisation faible, exposition à la chaleur moins prononcée
- Plus grande végétation, plus grand nombre de propriétaires, exposition à la chaleur moins accrue que dans les 3 premiers groupes
- Plus grande végétation, plus grand nombre de propriétaires, exposition à la chaleur moins accrue que dans les 3 premiers groupes

Entre 2000 et 2017, 8 000 décès sont attribuables à la chaleur pendant l'été en Île-de-France.

Près de 5 600 de ces décès (70%) sont survenus dans les deux zones les plus chaudes et peuplées (violet et vert).

IMPACTS SUR LE RECOURS AUX SOINS

- Entre 2010 et 2019, ~ 27 000 passages aux urgences et 4 800 hospitalisations (respiratoires, rénales) sont attribuables à la chaleur dans la région
- Impacts observés dans toutes les classes d'âges

Nombre de passages aux urgences attribuables à la chaleur

	15 – 64 ans	65 ans et plus
Hyperthermies	1 595	
Malaise	9 856	5 889
Déshydratation	238	969
Fièvres isolées	804	645
Causes respiratoires	2 966	2 954
Causes rénales	179	1 009

- Pour les causes cardiovasculaires, la chaleur est associée à une diminution des passages aux urgences, et à une augmentation des hospitalisations et de la mortalité

FACTEURS DE RISQUES INDIVIDUELS



- L'âge est un facteur déterminant
 - les effets de la chaleur sur la mortalité et sur le recours aux soins sont plus élevés chez les 65 ans et plus
 - mais le risque existe aussi chez les 15-64 ans
 - besoin d'analyses spécifiques sur les enfants (non inclus dans le projet)



- Le sexe n'influence pas l'effet de la chaleur sur le recours aux soins
- Le sexe a une influence sur la mortalité:
 - 15-64 ans risque plus élevé chez les hommes -> expositions professionnelles? comportements plus à risque?
 - 65 ans et plus, risque plus élevé chez les femmes -> physiologie, démographie, inégalités sociales de genre?

=> Importance de mieux étudier les influences de ce facteur, de réduire les inégalités entre hommes et femmes

FACTEURS DE RISQUES ENVIRONNEMENTAUX



- Les risques liés à la chaleur sont d'ordre de grandeur équivalent dans les zones rurales, l'agglomération parisienne, et l'hypercentre

=> Importance de développer des actions de prévention et d'adaptation sur l'ensemble du territoire, et pas uniquement dans les zones urbaines



- La végétation modifie le risque de décès uniquement pour les 15-64 ans

- pas d'effet sur la mortalité des 65 ans et plus
- pas d'effet sur le recours aux soins

=> La végétation peut aussi contribuer à réduire l'exposition, et a par ailleurs de nombreux effets très bénéfiques sur la santé

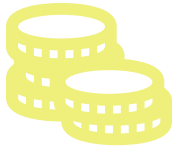


- L'effet de la chaleur sur la mortalité est plus élevé lorsque les concentrations (journalières) des polluants de l'air sont plus élevés

- cette synergie pollution/chaleur est observée pour tous les polluants (ozone, NO₂, particules fines)
- par contre, les communes plus polluées (concentrations annuelles) ne semblent pas plus à risque

=> Importance d'améliorer la qualité de l'air pendant l'été et pendant les vagues de chaleur

FACTEURS DE RISQUES SOCIAUX



- Les risques de décès liés à la chaleur sont plus élevés dans les communes plus défavorisées
 - cet effet de la défaveur est particulièrement marqué pour les femmes âgées
- Les « chances » de recours aux soins sont plus élevés dans les communes plus favorisées
 - recours aux soins plus difficile dans les communes plus défavorisées?
 - effets plus graves et conduisant plus souvent au décès dans les communes plus défavorisées?

=> Importance de réduire l'exposition, et de sensibiliser davantage à la nécessité de prise en charge médicale en cas de symptômes

CONCLUSIONS

- La chaleur demeure un risque important pour la santé malgré les avancées en matière de prévention
 - impacts conséquents sur la mortalité et le recours aux soins
 - sans oublier les impacts non pris en compte dans H2C: grossesse, santé mentale...
 - et les impacts sur la biodiversité, qui in fine se répercutent sur la santé humaine
- Dans un contexte de changement climatique, l'adaptation doit être structurelle
 - réduire les îlots de chaleur urbains,
 - réduire la température dans les logements pendant l'été, en favorisant des méthodes peu coûteuses et peu consommatrices d'énergies,
 - s'appuyer sur la végétalisation, qui est par ailleurs associée à de nombreux bénéfices pour la santé, au-delà de son simple rôle sur la température,
 - réduire les inégalités sociales, et en particulier les inégalités de genre.

Véronique GHERSI

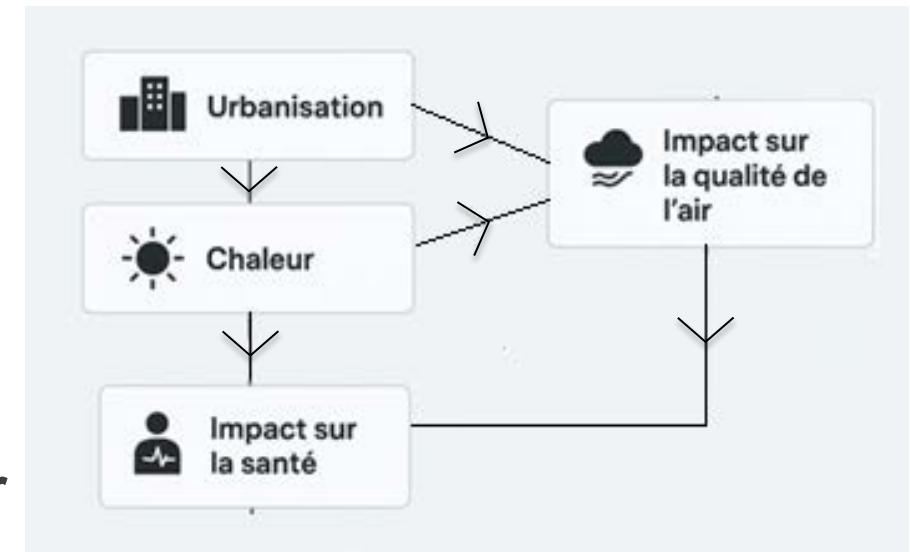
Responsable du service Diagnostics et Prévisions
AIRPARIF
Projet H2C



LIEN ENTRE CHALEUR ET POLLUTION DE L'AIR

La chaleur a un effet indirect sur la santé par son impact sur la dégradation de la qualité de l'air, induite par 2 phénomènes :

- **L'augmentation des émissions**
 - de précurseurs (NO_x, COV)
 - de la formation de polluants secondaires par réaction photochimique (Ozone, PM)
- **L'urbanisation**
 - responsable d'une augmentation de la chaleur en ville
 - effet sur la dispersion locale des polluants (NO₂, PM)



RAPPEL DES PROBLÉMATIQUES QUALITÉ DE L'AIR

BILAN DE LA QUALITÉ DE L'AIR 2024 EN ÎLE-DE-FRANCE

FRANCILIENS EXPOSÉS À DES DÉPASSEMENTS DE SEUILS

VALEURS LIMITES
RÉGLEMENTAIRES
ACTUELLES

VALEURS LIMITES
RÉGLEMENTAIRES
2030

RECOMMANDATIONS
OMS

Dioxyde
d'azote
NO₂

<1%
soit
800
Franciliens

20%
soit
2,6 M
Franciliens

85 %
soit
10,7 M
Franciliens

Particules
PM₁₀

0%
soit
0
Francilien

<1%
soit
11 000
Franciliens

20 %
soit
2,6 M
Franciliens

Particules
PM_{2.5}

0%
soit
0
Francilien

<1%
soit
14 000
Franciliens

100 %
soit
12,3 M
Franciliens

Ozone
O₃

pas de valeur limite

pas de valeur limite

100 %
soit
12,3 M
Franciliens



TENDANCES

sur 10 ans

sur 20 ans



-45%
concentrations
moyennes



-50%
concentrations
moyennes



-40%
concentrations
moyennes



-50%
concentrations
moyennes



-35%
concentrations
moyennes



-55%
concentrations
moyennes



+5%
impact
sur le climat



+15%
impact
sur le climat



STABLE
impact
sur la santé



STABLE
impact
sur la santé

2024

Qualité de l'air au regard des seuils
réglementaires et sanitaires

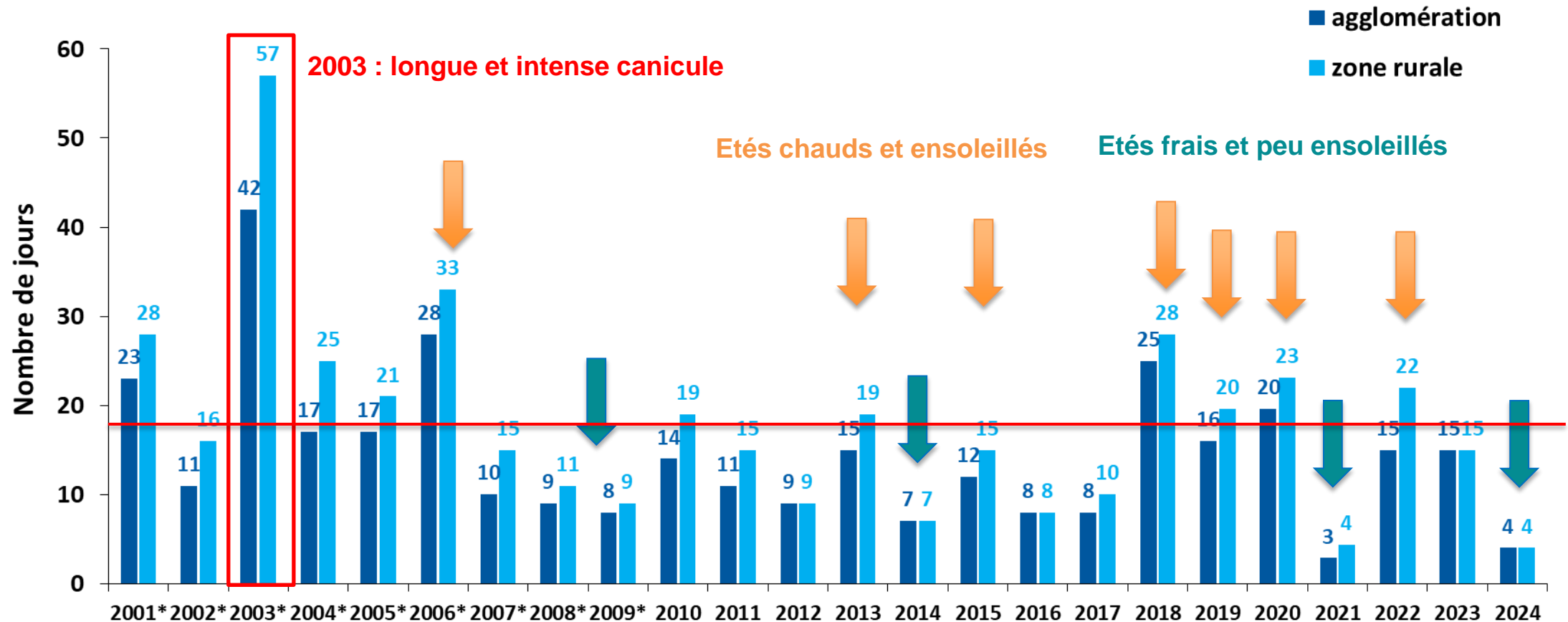


- Respect de toutes les recommandations OMS
- Dépassement d'au moins 1 recommandation OMS
- Dépassement d'au moins 1 valeur limite 2030
- Dépassement d'au moins 1 valeur limite actuelle

En l'absence de valeurs limites pour l'ozone, seules les recommandations OMS sont prises en compte pour ce polluant.

LA CHALEUR FAVORISE LA FORMATION D'OZONE

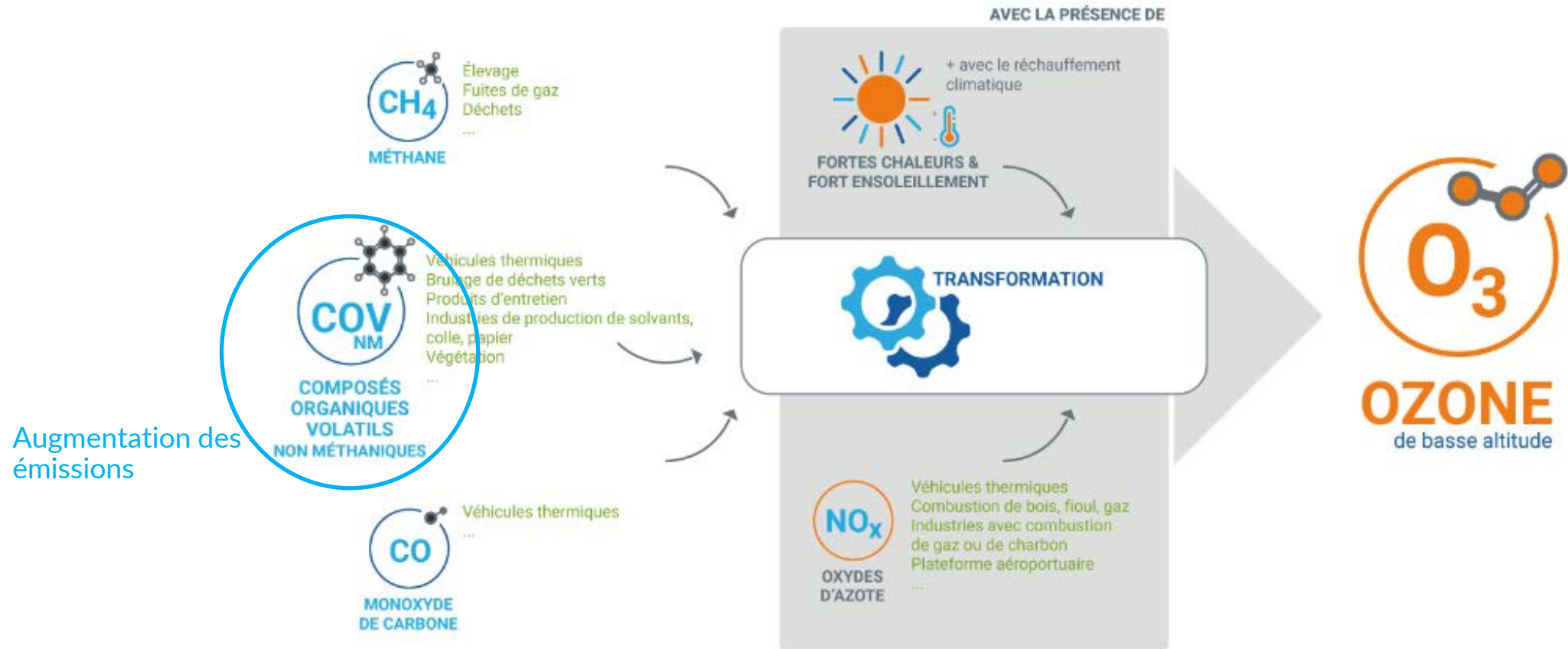
Les concentrations maximales en ozone et l'occurrence des épisodes de pollution sont étroitement liés aux vagues de chaleur.



Nombre moyen de jours de dépassement du seuil de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures en ozone (O_3) en Île-de-France de 2001 à 2024

LA CHALEUR FAVORISE LA FORMATION D'OZONE

LA FORMATION DE L'OZONE de basse altitude



LA CHALEUR AUGMENTE LES ÉMISSIONS DE GAZ PRÉCURSEURS

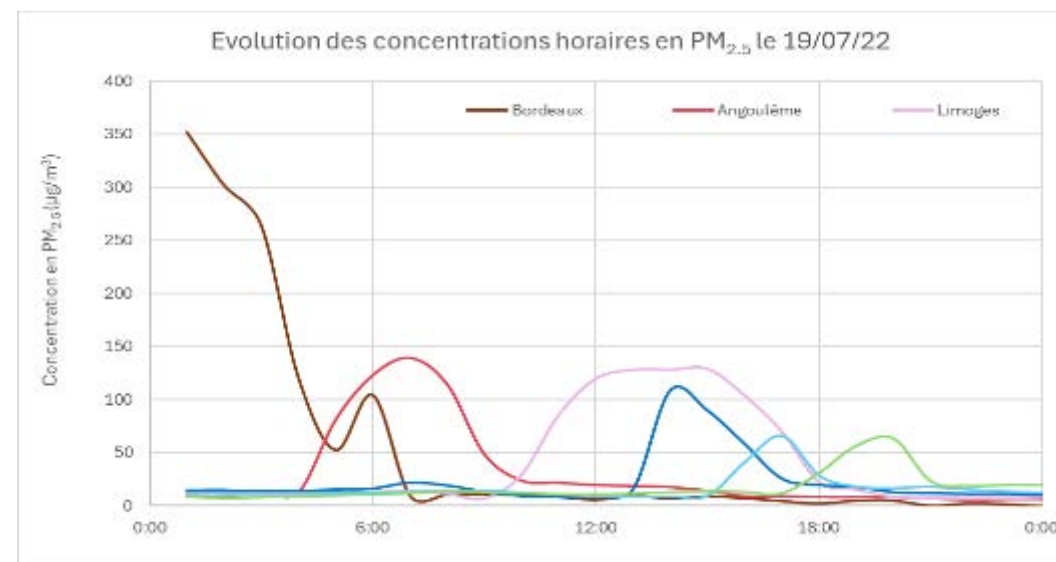
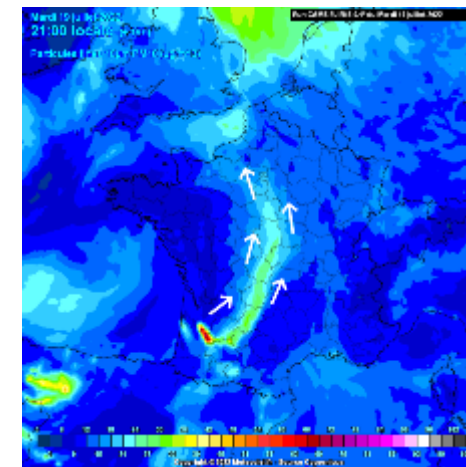
Augmentation des émissions de COVNM, précurseurs d'ozone

- **Par le trafic routier :**
 - Augmentation des phénomènes d'évaporation
 - Revêtements en asphalte
- **Par les sources biogéniques**, notamment de l'isoprène, un des COV les plus réactifs

LA CHALEUR IMPACTE AUSSI LES CONCENTRATIONS EN PARTICULES

L'augmentation des émissions de COV et l'ensoleillement sont propices à la **formation d'Aérosols Organiques Secondaires**

Associées aux périodes de sécheresse, les vagues de chaleur augmentent les risques de **feux de forêt**, sources de particules, mais aussi NOx, CO...



Ex des feux de Gironde de 2022
Source Geodair (Lig'Air, Nouvelle Aquitaine)

LA CHALEUR DIMINUE LES PUIITS D'OZONE

Stress hydrique de la végétation

➤ de la capacité des plantes à absorber l'ozone (puits d'ozone important)

avec des conséquences plus larges, sur la santé, la biodiversité et le climat.

Végétation en moins bonne santé =

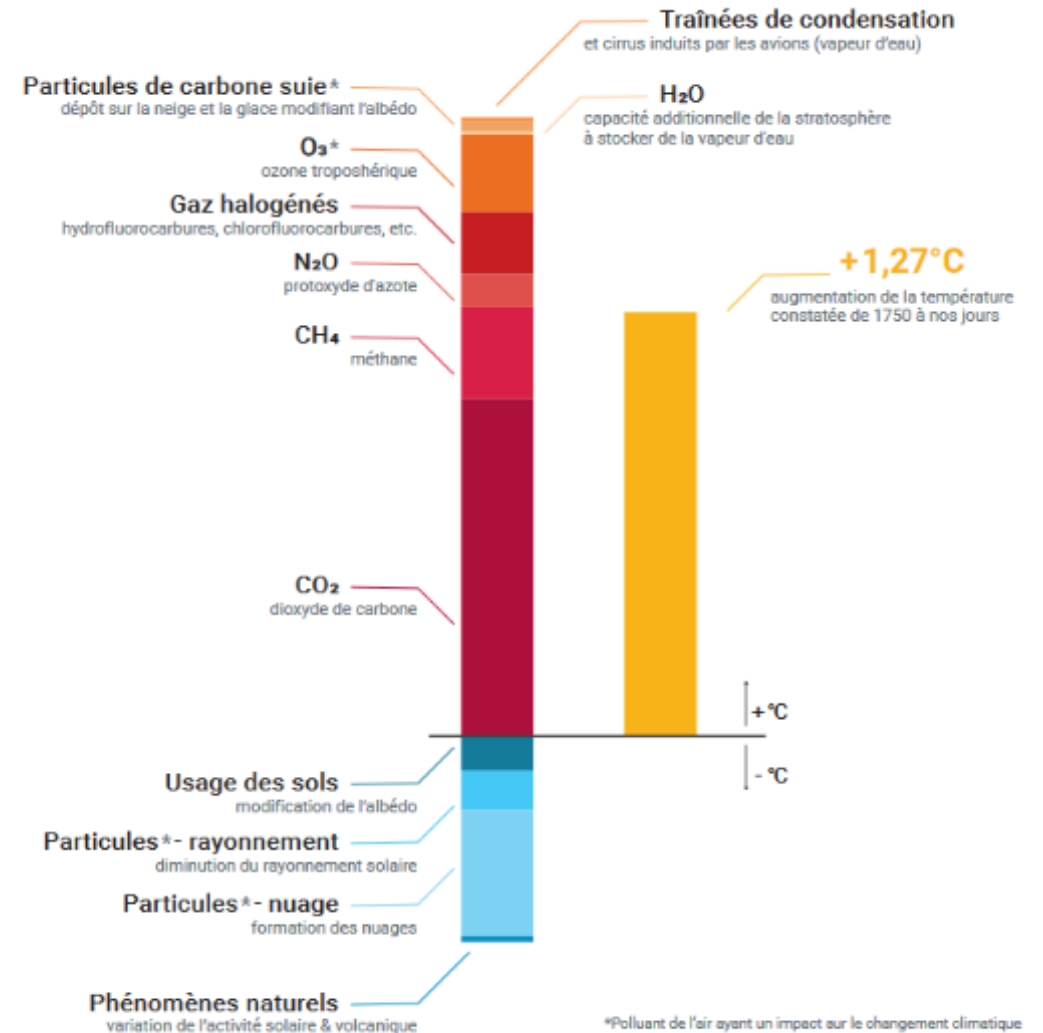
- difficulté à maintenir la fraîcheur dans les villes (cercle vicieux)
- Rendements agricoles plus faibles (62 M€*)
- Moins bonne séquestration du carbone



*Estimation Airparif, 2025

LA POLLUTION DE L'AIR ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

- **L'ozone de basse altitude est également un gaz à effet de serre**
- **L'ozone = 3ème contributeur au réchauffement climatique, après le CO₂ et le CH₄**
- **Augmentation des concentrations moyennes de 25% sur les 20 dernières années**



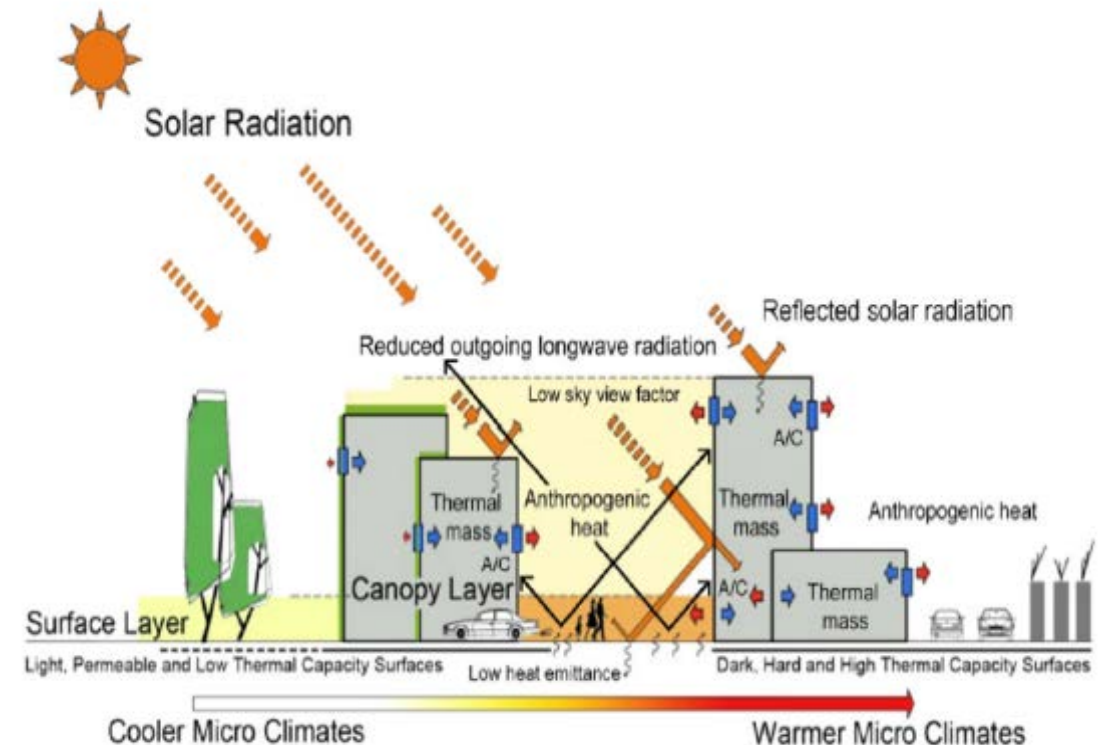
*Polluant de l'air ayant un impact sur le changement climatique

Source : Airparif à partir de GIEC, Changement climatique 2021 : Les bases scientifiques physiques.

IMPACT DE L'URBANISATION SUR LA DISPERSION DES POLLUANTS

Processus-clefs pour comprendre la qualité de l'air dans les villes :

- **Artificialisation des surfaces**
 - diminution du pouvoir réfléchissant des surfaces (albedo)
- **Piégeage radiatif dans les rues**
- **Flux de chaleurs additionnels :**
 - climatisation
 - trafic routier
- **Espaces verts restreints**



Echanges énergétiques dans les villes urbaines
(Sources : Soltani and Sharifi, 2017, Alice Maison PHD)



IMPACT DE L'URBANISATION SUR LA DISPERSION

La typologie de la ville a un gros impact sur l'îlot de chaleur et sur la dispersion

- **Effet positif de l'îlot de chaleur urbain sur la dispersion**

À l'échelle de la ville

- les températures plus élevées créent des conditions instables (Lemonsu et Masson, 2002) liées à une convection accrue et une hauteur de couche limite plus élevée

- **Effet négatif de l'urbanisation sur la dispersion**

À l'échelle de la canopée urbaine (les bâtiments)

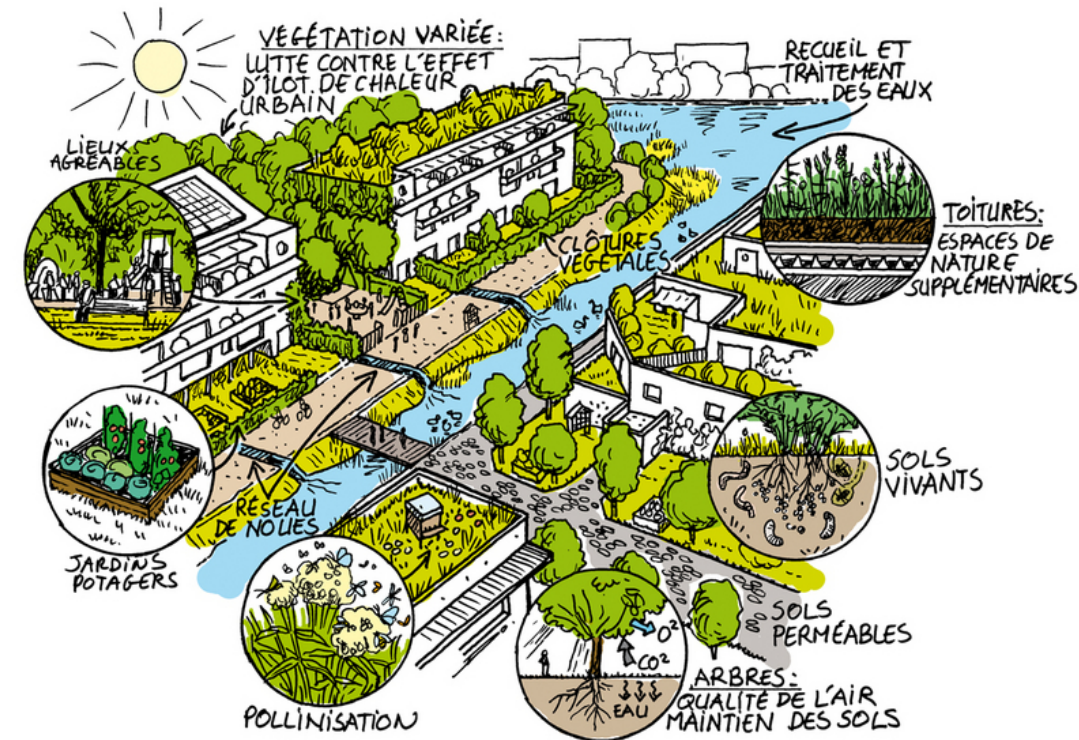
- baisse du vent, augmentation de l'intensité des turbulences liées aux grands immeubles et aux hétérogénéités
- réduction de la dispersion des polluants émis dans la rue (Chan et al., 2013, Li et al., 2019)

RECOMMANDATIONS SUR L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE EN LIEN AVEC LA QA

- Adopter une approche systémique de la ville.

Infrastructures urbaines (revêtements routiers, bâtiments, morphologie urbaine, etc.)

- Limiter les émissions de chaleur supplémentaires, notamment les besoins en climatisation
- Réduire des émissions polluantes : limiter les sources de combustion, y compris la combustion routière
- Verdir les villes



Source : Boris Transinne pour L'Institut Paris Region

CONTRIBUTION DU PROJET H2C

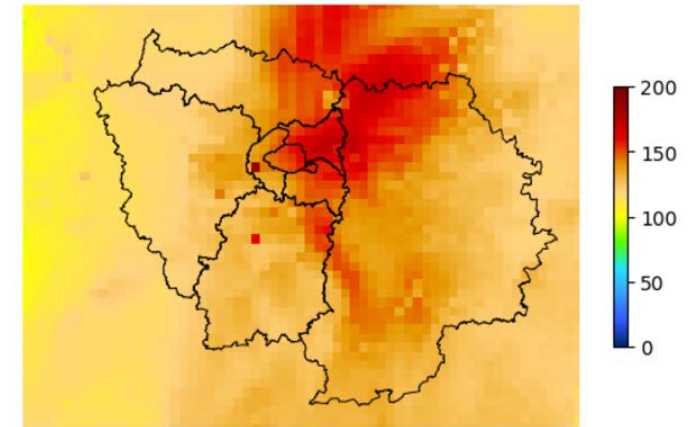


- **Fourniture d'indicateurs et de cartographies de pollution à SPF et à l'IPR**
- **Prise en compte d'une météorologie urbaine plus fine dans toute sa complexité dans les modèles de la QA mis en œuvre à Airparif pour :**
 - **pour mieux prévoir la QA**
 - **affiner l'estimation des contributions des sources pour renforcer l'appui aux politiques publiques**

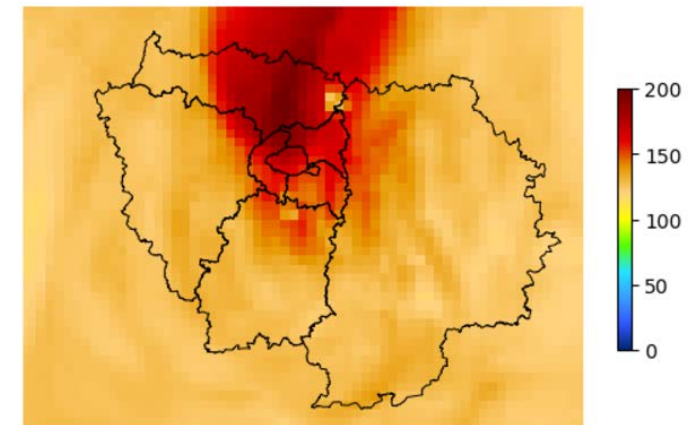
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- Alimentation des chaines de modélisation régionale et locale ESMERALDA et HORAIR avec le modèle AROME (Météo-France).
- Résultats encourageants
- Travaux supplémentaires nécessaires pour comprendre et optimiser les résultats des modèles de qualité de l'air.

O3 maxima concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 20220617
Meteorological model for IDF3 = AROME



O3 maxima concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 20220617
Meteorological model for IDF3 = WRF



Parole au grand Témoin

Retour d'expérience : Jeux Olympiques de Paris 2024

Quels risques sanitaires et cibles ont été anticipés par les organisateurs des JOP et les autorités en lien avec la problématique de chaleur ?

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*

Le défi Santé-chaleur, nouvel argumentaire pour les actions climat

- **Mathilde PASCAL**, Chargée de projet scientifique climat et santé, *Santé publique France, projet H2C*
- **Véronique GHERSI**, Responsable du Service Diagnostic et Prévisions, *AIRPARIF, projet H2C*
- **Alexandra COLLIN**, Chargée de projet transition écologique et développement durable, *Ville de Nanterre*
- **Mélusine MENSEAU**, Directrice adjointe des Solidarités, du Développement social et du CCAS, *Ville de Saint-Denis*

Grand témoin

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*

SÉQUENCE B – Échanges avec la salle

Le défi Santé-chaleur, nouvel argumentaire pour les actions climat

- **Mathilde PASCAL**, Chargée de projet scientifique climat et santé, *Santé publique France, projet H2C*
- **Véronique GHERSI**, Responsable du Service Diagnostic et Prévisions, *AIRPARIF, projet H2C*
- **Alexandra COLLIN**, Chargée de projet transition écologique et développement durable, *Ville de Nanterre*
- **Mélusine MENSEAU**, Directrice adjointe des Solidarités, du Développement social et du CCAS, *Ville de Saint-Denis*

Grand témoin

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*