

# The Transition Institute 1.5

L'ambition d'une véritable transition



## WEBINAIRE TTI.5

### SÉANCE 6 : « VILLES DURABLES »

MARDI 19 SEPTEMBRE 2023  
DE 13H30 À 15H30 (EN LIGNE)



## SYNTHÈSE DE LA SÉANCE

---

<b>Villes et changement climatique : qu'apprend-on du 6e rapport du GIEC ?</b>	<b>2</b>
Gonéri LE COZANNET   BRGM & GIEC	
<b>Quelle logistique pour une ville durable ?</b>	<b>6</b>
Éric BALLOT   CGS Mines Paris - PSL	
<b>Urbanisme en milieu tropical pour favoriser la ventilation naturelle</b>	<b>10</b>
Pascal STABAT   CES Mines Paris - PSL	
<b>Discussion générale</b>	<b>14</b>

---

Synthèse rédigée par Maud ROUX-SALEMBIEN  
& Pierre-adrien PLESSIX  
Élèves du Cycle ingénieur civil de Mines paris - PSL

# Villes et changement climatique : qu'apprend-on du 6e rapport du GIEC ?

Gonéri LE COZANNET | BRGM & GIEC

*Gonéri LE COZANNET est chercheur au sein de l'Unité risques côtiers et changement climatique au BRGM et Co-auteur du 6e rapport du GIEC ayant contribué au groupe de travail n°2 dédié à la vulnérabilité de nos sociétés au changement climatique et aux réponses d'adaptation.*

## **Qu'est-ce que le GIEC et que dit son 6ème rapport ?**

Le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) a été mis en place par l'ONU pour répondre à la demande des Etats de synthétiser l'ensemble des travaux scientifiques sur le climat, avec exhaustivité, rigueur, objectivité, transparence et robustesse. Il n'a pas vocation à faire de prescriptions. Le résumé du 6ème rapport du GIEC, dont chaque ligne a été validée par l'ensemble des pays membres de l'Assemblée Générale du GIEC, mentionne plusieurs fois l'urgence à agir dans la décennie 2022-2029 pour diminuer drastiquement nos émissions de CO2 et nous adapter aux conséquences du réchauffement climatique. Le message est fort pour un organisme non prescriptif. En effet, chaque tonne de CO2 libérée dans l'atmosphère accroît les risques liés aux vagues de chaleur, aux ressources en eau, à la production agricole, aux inondations et aux impacts en cascade, les rendant plus difficiles à gérer pour nos sociétés. Concrètement, 3,3 à 3,6 milliards de personnes vivent dans un contexte hautement vulnérable au changement climatique, et 25% des espèces de plantes et d'animaux sont menacées d'extinction d'après l'IPBES.

## **Comment le réchauffement climatique va-t-il affecter les villes ?**

Dans un scénario à +2°C, certaines régions du monde deviendraient inhabitables à certaines périodes de l'année, car l'humidité et la chaleur seraient impossibles à supporter pour le corps humain (voir figure 1). Par exemple, l'Amazonie et la Guyane connaîtraient des conditions de température et d'humidité "mortelles" la moitié de l'année en 2050. L'élévation du niveau

de la mer pose d'autres défis : en Europe, il faudra adapter les zones urbaines basses exposées aux submersions régulières et aux tempêtes. En Asie et en Afrique, il faudra aussi limiter les nouvelles constructions dans les zones les plus exposées qui se développent très rapidement. De manière générale, les zones les plus vulnérables, c'est-à-dire dont les moyens d'adaptation sont les plus faibles, sont aussi les zones les plus exposées. Les villes, qui concentrent 4,2 milliards d'humains aujourd'hui, et 2,5 milliards de plus en 2050, sont particulièrement vulnérables à la chaleur, aggravée par les îlots de chaleur. Mais la croissance urbaine est une formidable opportunité de concevoir des villes résilientes "by design", puisque 90% de la croissance se fera en Asie et en Afrique.

## Exposition à des conditions létales de température et d'humidité

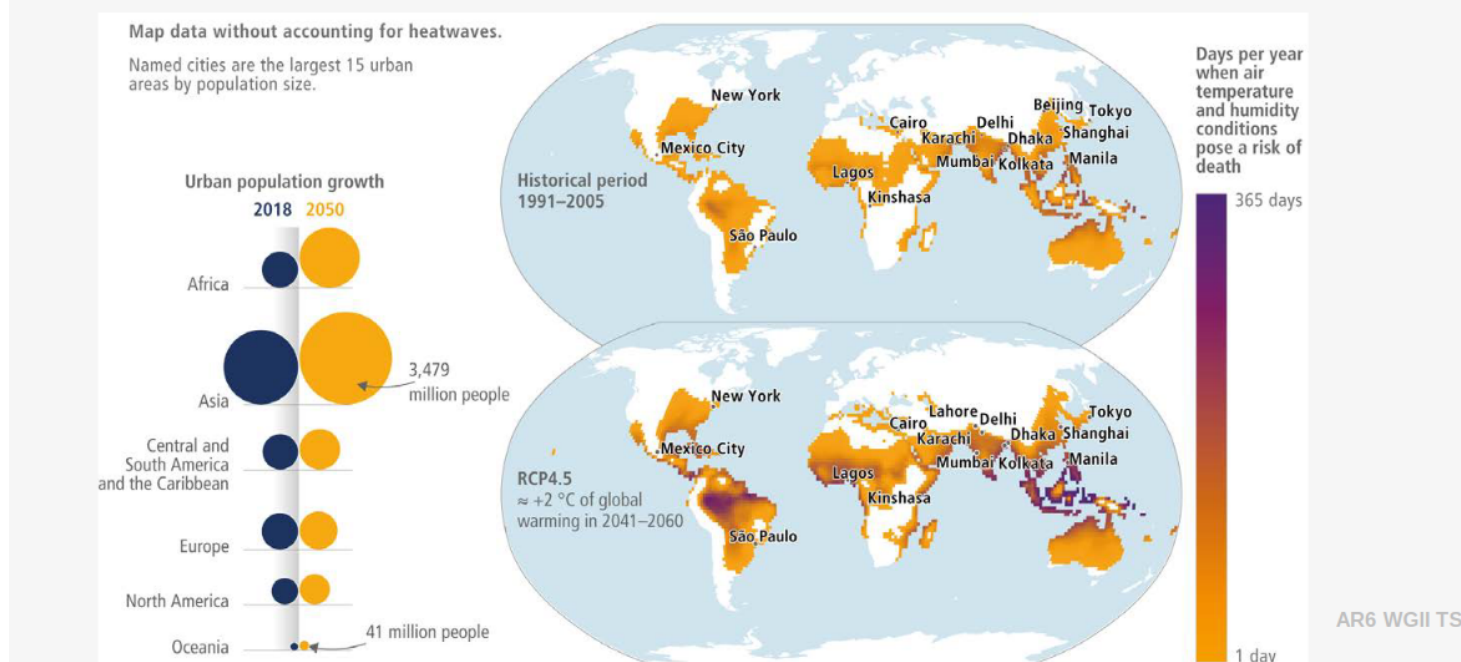


Figure 1 - Exposition à des conditions de température et d'humidité létales actuellement et pour un scénario de changement climatique médian en 2050, AR6 WGII TS

### Quelles sont les solutions techniques pour rendre les villes résilientes ?

Les solutions d'adaptation sont essentiellement les mêmes dans toutes les villes : s'approvisionner en énergie bas carbone, développer les transports communs, la marche et le vélo, développer les espaces verts et bleus, remettre des forêts, des zones humides et de l'agriculture en ville, et enfin gérer les flux d'eau pour limiter les inondations. La ville idéale serait la "ville de 15 minutes", où tous les services seraient rapidement accessibles en marche ou en vélo. Toutes ces solutions sont faisables techniquement sous 1.5°C.

## **Comment implémenter en pratique ces solutions ?**

Chacune des solutions mentionnées ci-dessus doit être évaluée dans le contexte particulier de la ville étudiée. L'approche n'est pas la même pour une ville émergente, en croissance rapide où déjà établie. Pour que les solutions soient bien mises en oeuvre, il est essentiel d'institutionnaliser l'adaptation en concertant les citoyens, en connectant les acteurs et en favorisant la démocratie locale.

## **Qu'est-ce que la maladaptation ?**

De nombreuses solutions existent, mais une mauvaise implémentation peut en détruire le potentiel. Par exemple, la climatisation est une solution locale efficace pour affronter une canicule, mais si elle est généralisée à l'échelle de la ville, elle amplifie les îlots de chaleur et donc le problème initial : c'est de la maladaptation. Malheureusement, il n'y a pas de solution facile à mettre en place et très efficace. Il faudra combiner intelligemment des solutions d'efficacité moyenne en s'adaptant au contexte particulier de chaque ville. Ce travail demandera beaucoup d'ingénierie.

## **Est-ce que l'adaptation va être douloureuse pour nos sociétés ?**

Contrairement à un mythe tenace, les solutions d'adaptation et d'atténuation améliorent notre niveau de vie grâce à leurs nombreux co-bénéfices, qui contribuent aux 17 objectifs du développement durable. Par exemple, préférer le vélo améliore la qualité de l'air, la santé, et c'est une solution peu chère à mettre en place.

## **Va-t-on y arriver ?**

Le COVID 19 a montré que des changements rapides de comportement à l'échelle de toute une société sont possibles. Les villes de Bogota et Buenos Aires ont connu un report modal très rapide vers le vélo. Ces exemples nous donnent de l'espoir.

En conclusion, il est urgent de réduire les risques liés au changement climatique en adaptant nos villes à ces nouvelles conditions (adaptation) et en réduisant nos émissions de gaz à effet de serre (atténuation), car nous ne pourrions pas nous adapter à tout. Les solutions, déjà accessibles techniquement, ont de nombreux co-bénéfices pour atteindre les 17 objectifs du développement

durable et lutter contre l'effondrement de la biodiversité. Aujourd'hui, le défi est de matérialiser et de massifier le développement des villes résilientes.

## Questions & réponses

*Quelles sont les conséquences de l'élévation du niveau de la mer sur l'adaptation des villes ?*

Contrairement au réchauffement climatique, le phénomène d'élévation du niveau de la mer ne peut pas être arrêté. Même si nous cessons toutes nos émissions demain, il continuera pendant des siècles. Nous savons que si nous dépassons 1.5°C, tôt ou tard le niveau de la mer augmentera de 2 mètres. À court terme, cela signifie que les territoires seront affectés par des submersions marines ponctuelles et chroniques à marée haute, et par plus d'érosion. À long terme (22ème siècle), certains territoires seront submergés de manière permanente. Mais il est important d'y penser dès aujourd'hui, en particulier lors de la construction d'infrastructures critiques, d'autant que les solutions comme les digues sont très chères à maintenir.

*Que pensez-vous des solutions autour du blanc (toit, murs, route...) ?*

Repeindre les toits en blanc est une solution facile et peu chère, mais d'efficacité modérée. Il faudra la combiner avec d'autres solutions, d'où l'importance de l'ingénierie.

# Quelle logistique pour une ville durable ?

Éric BALLOT | CGS Mines Paris - PSL

*Éric BALLOT est Professeur au Centre de gestion scientifique (CGS) de Mines Paris - PSL. Spécialisé sur les questions de logistique, il est responsable de la chaire de recherche sur l'Internet Physique. Le concept d'Internet Physique applique à la logistique les principes d'Internet, avec pour objectif d'établir un système logistique plus résilient, performant et durable.*

## **Les villes sont et seront dépendantes à la logistique**

Dans la représentation conceptuelle que l'on peut se faire de la ville du futur les aspects liés à la logistique sont souvent absents. Or, par nature le foncier interne à la ville ne peut répondre à l'ensemble des besoins de ses habitants (agriculture, industrie, ...), donc la logistique sera centrale dans la ville du futur. Il faut donc travailler à limiter son impact le plus possible pour l'inscrire dans la ville durable.

## **La transformation de la logistique urbaine représente un enjeu économique important pour les espaces urbains.**

Les recherches menées par le CGS montrent que la logistique, telle que pratiquée actuellement, entraîne de nombreuses externalités négatives sur la ville (pollution atmosphérique induite, embouteillages,...). Dans le cas de l'Île de France (prédominance de l'hypercentre et livraison finale par de petits véhicules depuis des plateformes logistiques en périphérie lointaine), il est possible d'évaluer les externalités négatives à 1,2 Mds €/an pour la simple ville de Paris et 6 Mds €/an pour la région toute entière. Ce constat invite à une transformation vers une logistique durable.

## **La transformation vers une logistique plus durable ne se limite pas aux moyens de transport mais demande un renouvellement des schémas de distribution.**

Le concept de "logistique durable" n'est pas la simple modification du vecteur

énergétique qu'utilisent aujourd'hui les moyens de transport de marchandise, comme par exemple la promotion des mobilités douces (camion électrique, coursier à vélo, ...). Il est possible d'envisager une multitude de schémas logistiques, tous n'ont pas le même impact environnemental ou social. On entend par "logistique durable" en ville l'adoption d'un schéma logistique plus en phase avec les exigences de durabilité de l'espace urbain.

## **Il existe un grand nombre de leviers pour amorcer ce changement et rendre la logistique durable.**

- **Les Zones à Faible Émission (ZFE) :** ces zones interdisent les centres urbains à certains véhicules sont un exemple de politique permettant d'amorcer ce changement. Ex : Le centre ville parisien.
- **La compréhension des flux :** Il est important de comprendre quels sont les trajets logistiques pour pouvoir prendre les bonnes décisions. Ex : l'équipe de la chaire CIP mène un projet de recherche visant à extraire des trajets agrégés de livraisons de marchandise à partir du bornage de téléphones.
- **L'augmentation de l'efficacité :** L'augmentation du taux de remplissage des camions permet de migrer vers une logistique plus durable Ex : Le cas des camions au Japon qui ne sont pas remplis à moitié.
- **La facilitation de l'accès au foncier :** Les projets permettant l'implantation de plateformes logistiques au cœur des villes permettent de construire un schéma logistique cohérent pour mutualiser les flux. Ex : Gare de fret de Paris Porte de la chapelle, mais qui n'a pas encore de train s'y arrêtant
- **La création d'infrastructures dédiées :** Il est possible d'imaginer des réseaux de transports vertueux et dédiés au Fret et ainsi limiter la concurrence du transport de marchandise avec d'autres usages. Ex : Cargo sous Terrain en Suisse.
- **L'encadrement de certaines pratiques commerciales :** Certaines pratiques commerciales sont à l'origine de flux logistiques disproportionnés et pourraient donc être limitées. Ex : Le 11/11, l'équivalent du black friday en Chine qui occasionne de nombreux envois et renvois de colis.

En conclusion, il est important de noter que les progrès en termes d'efficacité de la logistique ne compensent qu'à peine la croissance du secteur. Pour faire changer les choses, il est nécessaire d'imaginer un changement profond dans les pratiques du milieu de la logistique.



## Questions & réponses

*En reprenant l'exemple de la nouvelle gare de fret de Paris Porte de la Chapelle, pourquoi ne pas plutôt utiliser les infrastructures existantes (dans ce cas les gares existantes) et y développer de nouvelles utilisations ?*

Le CGS a proposé plusieurs projets, a priori facilement réalisables, allant dans ce sens sur les différentes infrastructures parisiennes, comme par exemple la réutilisation d'espaces précédemment dédiés à l'acheminement de courrier en amont de la gare Saint-Lazare. Malheureusement, ces initiatives soulèvent de nombreuses interrogations qui ne sont pas résolues pour les acteurs institutionnels (attribution de sillons dédiés, ...)

*Quel est le potentiel des véhicules intermédiaires pour la logistique urbaine ?*

Les véhicules utilitaires auront besoin d'être intermédiaires, puisque si l'on est disposé à se déplacer à pied ou en vélo on est peu disposé à transporter des canapés ou des courses un peu importantes. Les principaux constructeurs remettent aujourd'hui en cause l'architecture de ces véhicules avec une réflexion importante sur les moyens de transbordement. Selon Eric Ballot, un des prérequis serait de jumeler le développement véhicules à la conception de petits conteneurs (1 ou 2 m<sup>3</sup>) qui permettraient d'être utilisés par les activités industrielles situées à l'extérieur des villes mais pourraient tout de même être repris en cœur de ville par des moyens légers tout en limitant la manutention. Aujourd'hui cela n'existe pas et il n'est pas simple de savoir si le moyen de transport définira la conception du contenant ou inversement.

*A propos des pratiques commerciales comme le Black Friday, l'introduction d'aspect logistique dans l'acte d'achat et la compréhension des impacts ne pourraient-elles pas faire changer les comportements de consommation ?*

L'évaluation précise de l'impact de la livraison d'un colis fait l'objet de très nombreuses recherches, seulement la question est simple mais la réponse est très complexe puisque le phénomène est multifactoriel (localisation, moyen de récupération du colis, ...). Effectivement, on peut voir que l'affichage des conséquences immédiates d'un mode de livraison (ex : courses à pied vs. livraison express par drone) est un levier de modification des comportements. L'éclatement de la bulle autour de la livraison à domicile des courses en est un bon exemple. Il reste cependant un travail de recherche considérable à



mener pour comprendre la performance de la logistique en ville, ce travail permettra de dresser une représentation fidèle du système et in fine de dégager les leviers efficaces pour améliorer l'efficacité de la logistique en ville (réglementation, incitation, ...)

*Quels sont les besoins énergétiques de la logistique de demain ?*

Jusqu'à aujourd'hui le besoin en logistique a toujours augmenté plus vite que son efficacité énergétique et les différents rapports envisagent que la demande va toujours croître dans les années qui viennent. Si on veut atteindre les objectifs de la filière en termes de réduction globale des émissions de gaz à effet de serre, il faut une amélioration très forte de la performance du système logistique pour provoquer une rupture de pente. C'est pourquoi le CGS met en avant la théorie de l'Internet Physique et invite le plus d'acteurs à la mettre en place. Sans changement drastique des organisations de la filière, cette dernière n'atteindra pas ses objectifs de décarbonation.

# Urbanisme en milieu tropical pour favoriser la ventilation naturelle

Pascal STABAT | CES Mines Paris - PSL

*Pascal STABAT est Professeur au Centre Efficacité énergétique des Systèmes (CES) de Mines Paris - PSL où il est responsable du groupe Maîtrise de la demande en Énergie. Il est par ailleurs responsable de la formation du cycle ingénieur spécialité énergétique ISUPFERE à Mines Paris - PSL.*

## **Il y aura à l'avenir une forte augmentation de la "demande en froid"**

Le changement climatique et l'élévation globale des températures vont amener, selon l'AIE, à un développement important du nombre de climatisations installées à travers le monde dans les années qui viennent. L'énergie apparaissant aujourd'hui comme une ressource limitée, il existe donc un double enjeu : maintenir le confort climatique des personnes tout en limitant le plus possible la consommation d'énergie pour le refroidissement.

## **Le milieu intertropical sera particulièrement touché mais possède comme atout un fort potentiel de vent**

Le milieu intertropical comporte un intérêt d'étude tout particulier puisque d'une part les besoins en froid y seront particulièrement marqués et d'autre part y réside 40% de la population mondiale pour une grande partie en situation de précarité énergétique. Ainsi des pays comme le Brésil ou l'Inde sont appelés à représenter une part importante de la demande en froid.

Par ailleurs, le milieu intertropical, situé de part et d'autre de l'équateur, possède un fort régime de vent (les alizées) qui donne à ses habitants l'opportunité d'envisager une alternative à la climatisation traditionnelle, la ventilation naturelle.

## **Qu'appelle-t-on ventilation naturelle ? Une méthode passive de refroidissement des bâtiments**

On appelle ventilation naturelle les différentes méthodes permettant

d'abaisser la température par circulation d'air dans les bâtiments.

Les mouvements du vent autour d'un bâtiment entraînent des profils de pression variés sur les différentes surfaces d'un bâtiment. Les ventilations naturelles traversantes, mono-façades ou par tirage dépressionnaire (évacuation en toiture) utilisent ces différences de pression pour faire circuler naturellement l'air.

Si ces résultats sont connus et compris à l'échelle d'un bâtiment, il est plus difficile d'évaluer l'impact de l'urbanisme sur les écoulements de l'air et donc sur les opportunités de ventilation naturelle qui existent à l'échelle d'une ville.

Le travail du CES s'attache donc à caractériser les méthodes de conception de villes qui permettent de favoriser la ventilation naturelle, ie. qui forment des écoulement de l'air propices à cette dernière.

### **Le cas de l'île de la Réunion : Un potentiel de vent en milieu tropical important, mais limité à la température de l'air**

L'île de la Réunion est un des lieux d'études privilégiés de l'équipe du CES. L'étude de la rose des vents montre que l'île de la Réunion a un potentiel de vent important grâce à un vent fort et à l'orientation relativement stable.

La température varie peu entre le jour et la nuit. La ventilation naturelle ne pouvant refroidir plus que la température de l'air en mouvement, le potentiel de ventilation naturelle serait menacé en cas d'augmentation des températures trop importante dans ces territoires.

### **Comment concevoir un urbanisme climatique**

Le potentiel de la ventilation naturelle en zone intertropicale étant démontré, le CES recherche des règles de conception urbaine favorisant la ventilation naturelle. Le groupe de recherche utilise pour cela des techniques numériques (CFD) et expérimentales (soufflerie) pour simuler les écoulements autour des bâtiments dans des environnements urbains (cf. Figure 1). Il réalise ainsi des études paramétriques pour en déduire des règles de dimensionnement et des bonnes pratiques en matière d'urbanisme.

## CFD (Computational Fluid Dynamics)

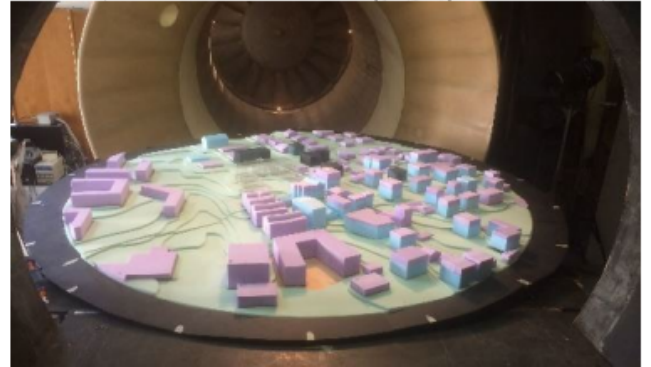
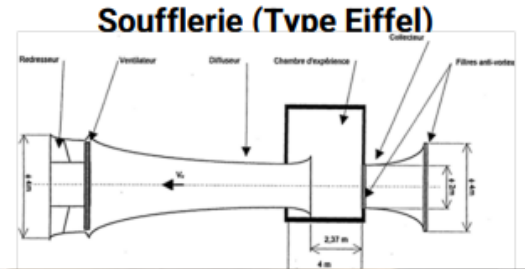
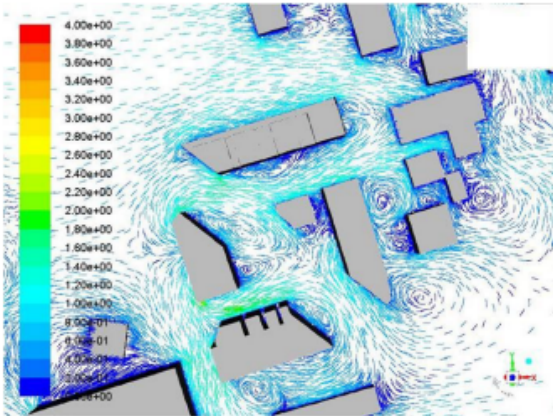


Figure 1 - Exemple d'expériences menées par le CES

On peut noter par exemple :

- L'évolution progressive de la hauteur des bâtiments face au vent.
- La réalisation de quartier sur pilotis pour permettre l'écoulement du vent en dessous.
- La promotion de l'architecture intégrant des patios ou des rues "canyons dépressionnaires"

En conclusion, le "droit au vent", ou la garantie pour chacun de pouvoir pratiquer de la ventilation naturelle dans son habitat, devient un vrai enjeu pour l'urbanisme. Il est nécessaire de concevoir des quartiers en questionnant d'une part la forme des bâtiments mais aussi la typologie des tissus urbains, en fonction des conditions de vent sur la parcelle.

Il est important de continuer ce travail entamé à l'échelle des quartiers via le raffinement des modèles à l'échelle des bâtiments en favorisant les porosités des façades comme des espaces intérieurs.

## Questions & réponses

*Le fait que les besoins en climatisation soient simultanés avec la production photovoltaïque ne nous pousse-t-il pas plutôt à adopter ce moyen ?*

Le couplage de la climatisation au photovoltaïque est plutôt vertueux, les besoins de froid étant assez concomitants avec la production solaire. Toutefois la climatisation contribue à renforcer l'effet d'îlot de chaleur urbain amplifiant l'inconfort pour les personnes précaires qui ne peuvent investir dans ce type d'équipement.

*Quel est le potentiel de la ventilation naturelle hors zone tropicale ?*

La ventilation naturelle nécessite un régime de vent constant. Le potentiel est limité hors de ces zones. En Europe, hors des zones proches de la mer, il est difficile de l'envisager comme une solution.

*Quels sont les apports de la construction traditionnelle dans la recherche menée par le CES ?*

Les principes de base de l'urbanisme sont bien connus depuis longtemps, le vrai enjeu pour l'équipe est de les traduire sous forme de règles permettant d'adapter les nouveaux bâtiments/quartiers à leur environnement.

# Discussion générale

## **Comment adapter Paris, capitale européenne la plus mortelle pendant les canicules ?**

Paris n'a rien à gagner de la ventilation naturelle, car elle a très peu de potentiel en vent, sans parler des nuisances sonores. En revanche, c'est la capitale européenne possédant le plus grand réseau de froid, une alternative efficace à la climatisation dans les villes denses. La logistique pourrait contribuer à cette adaptation en libérant des espaces en surface. Toute solution doit être bien pensée, utilisée avec sobriété et combinée à d'autres solutions. Cependant, il faut garder à l'esprit que l'adaptation a des limites : on parle de risques résiduels.

## **Peut-on s'inspirer des solutions traditionnelles, abandonnées par les pays émergents pendant leur développement, pour rendre nos villes plus résilientes ?**

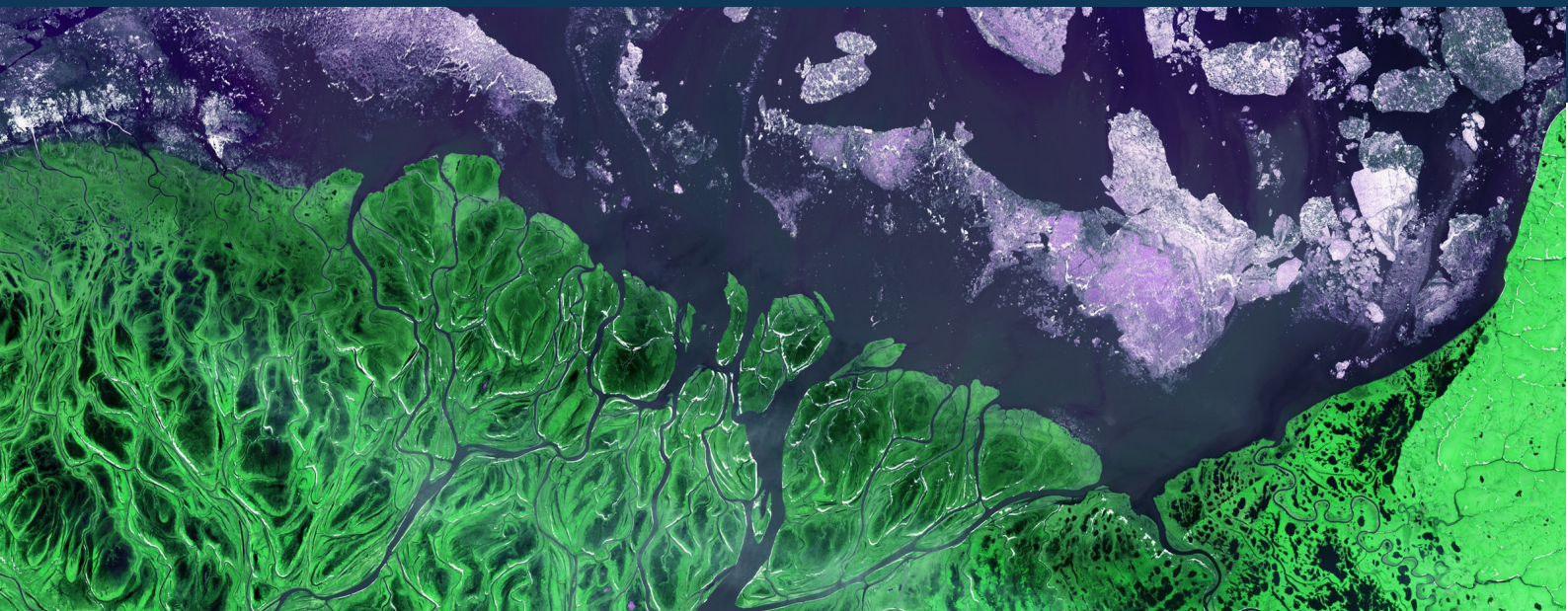
La recherche sur les savoirs traditionnels occupe de plus en plus de place chez les scientifiques, qui savent qu'ils ont beaucoup à apprendre au-delà de la recherche classique. Le GIEC souligne leur potentiel. Ces traditions ont malgré tout des limites, puisque la situation actuelle est inédite. En logistique, on paye aujourd'hui les choix faits dans les 50 dernières années : la séparation entre la logistique et les centre ville crée des congestions. Si nous devons nous inspirer du passé pour rendre nos villes résilientes, nous pourrions réfléchir au partage temporel de l'espace urbain (un jour pour le marché, un jour pour les livraisons...).



**RETROUVEZ LE REPLAY DU WEBINAIRE  
AINSI QUE LES SUPPORTS DE PRÉSENTATION**

**DES INTERVENANTS SUR **LE SITE INTERNET DE TTI.5** :**

<https://the-transition-institute.minesparis.psl.eu/actualite/webinaire-tti-5-villes-durables-19-septembre-2023/>



## **CONTACT**

 [the-transition-institute.minesparis.psl.eu](https://the-transition-institute.minesparis.psl.eu)

 [tti.5@minesparis.psl.eu](mailto:tti.5@minesparis.psl.eu)

WEBINAIRE TTI.5 | SÉANCE 6