

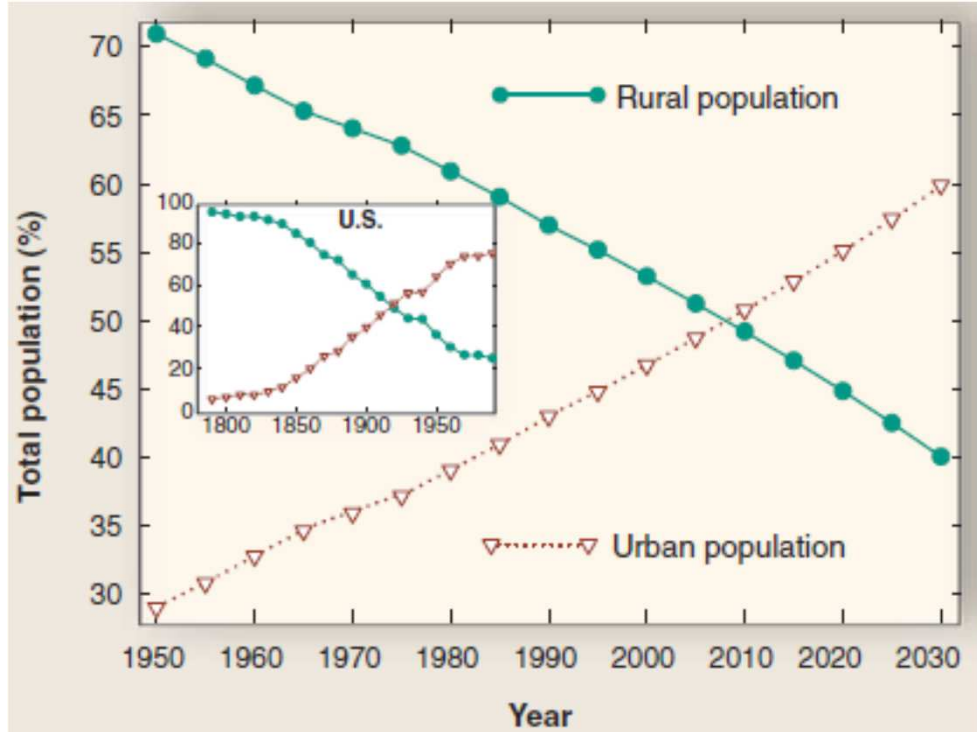
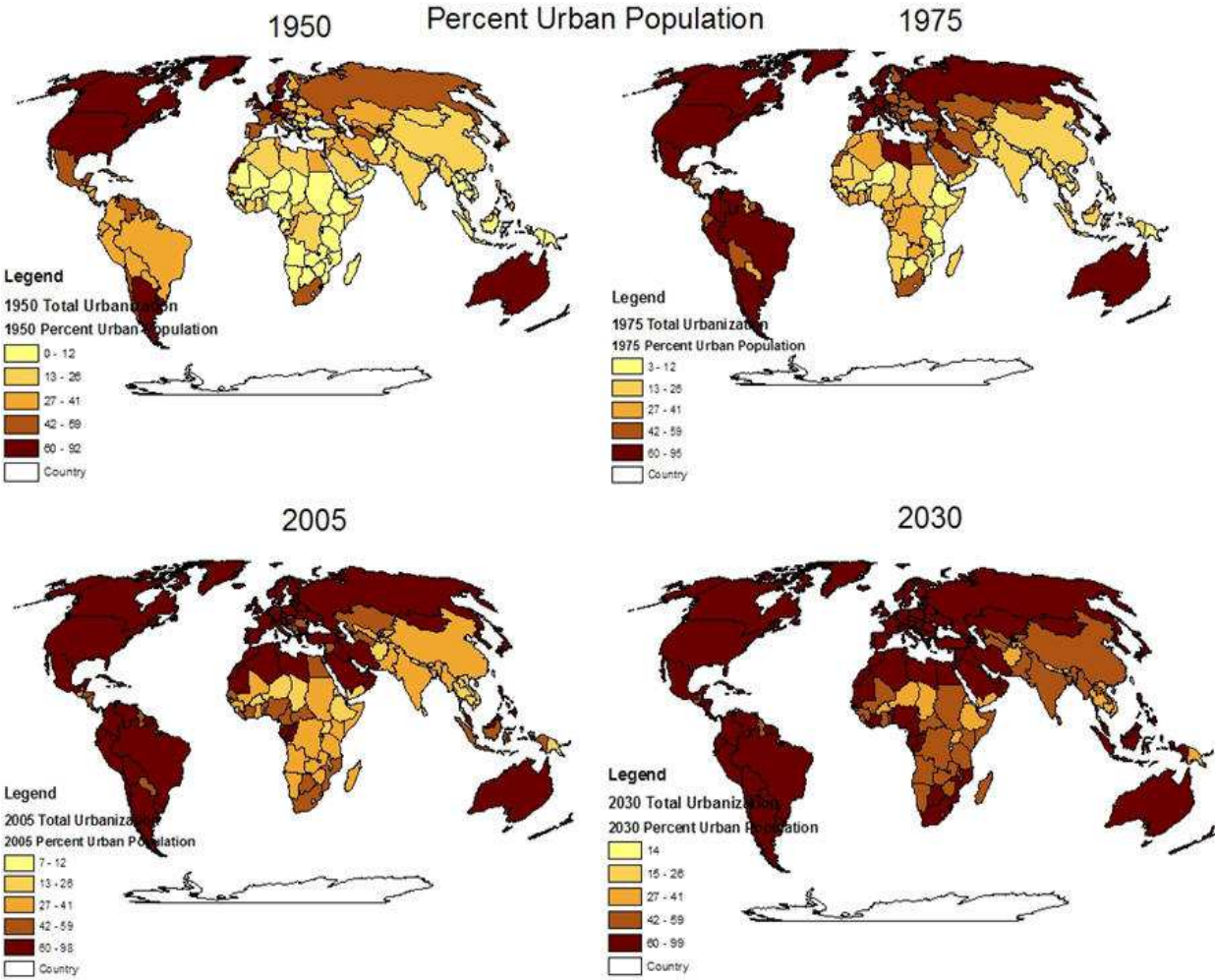
# De la Ville au Climat : des effets à divers horizons spatiaux

Patrick Stella, Nathalie de Noblet, Erwan Personne, Christine Aubry,  
Caroline Petit, Didier Hauglustaine, Philippe Ciais

[patrick.stella@agroparistech.fr](mailto:patrick.stella@agroparistech.fr)

# La place de la ville en France et dans le monde

# Une tendance à l'urbanisation depuis 50 ans

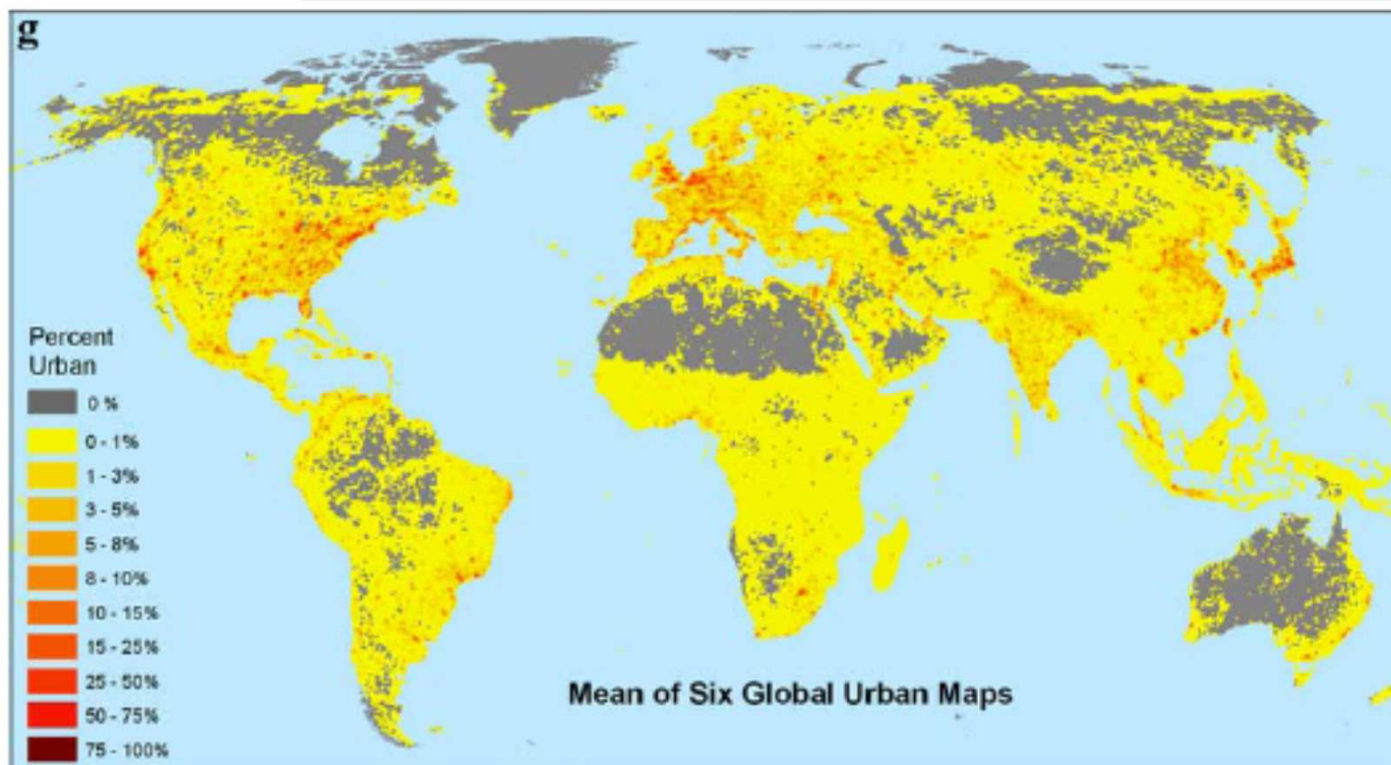


Grimm et al., Sciences, 2008



n : modélisation  
t de polluants »  
.015

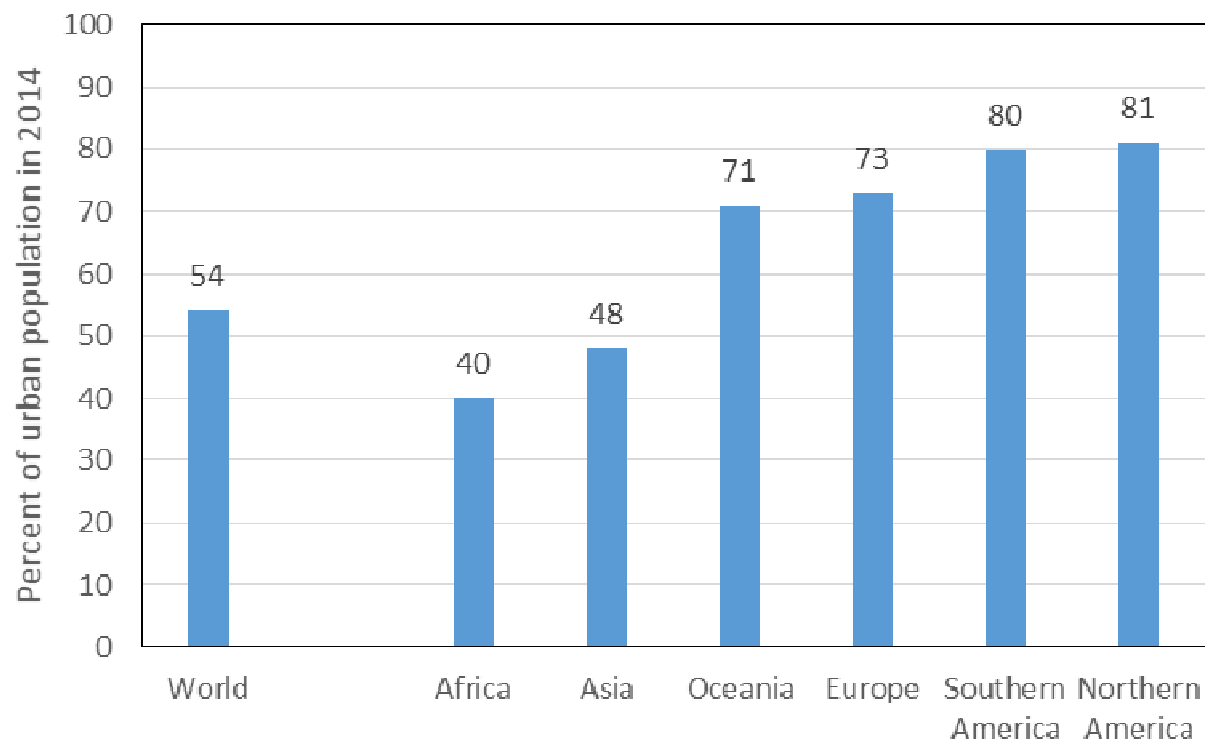
## Une faible proportion de surface urbanisée...



- **Zones urbaines  $\approx$  1-3 % de la surface continentale**
- **Fortes disparités** : Europe > Amérique du Nord > Asie > Amérique du Sud > Afrique

Potere & Schneider, GeoJournal, 2007

...qui abrite l'essentiel de la population...

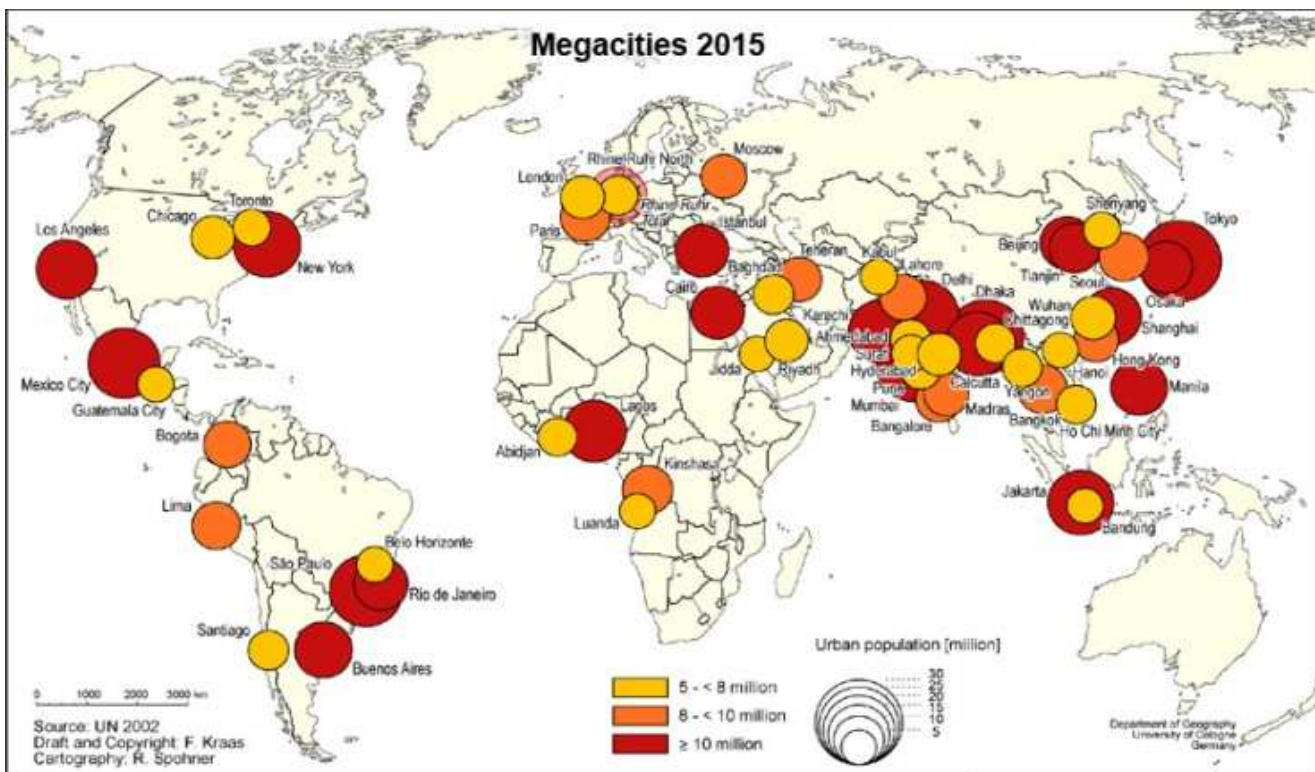


- **Plus de la moitié de la population mondiale est urbaine**, proportion qui atteint plus de 70% dans les pays développés

D'après « World Urbanization Prospect », UN, 2014



...qui abrite l'essentiel de la population

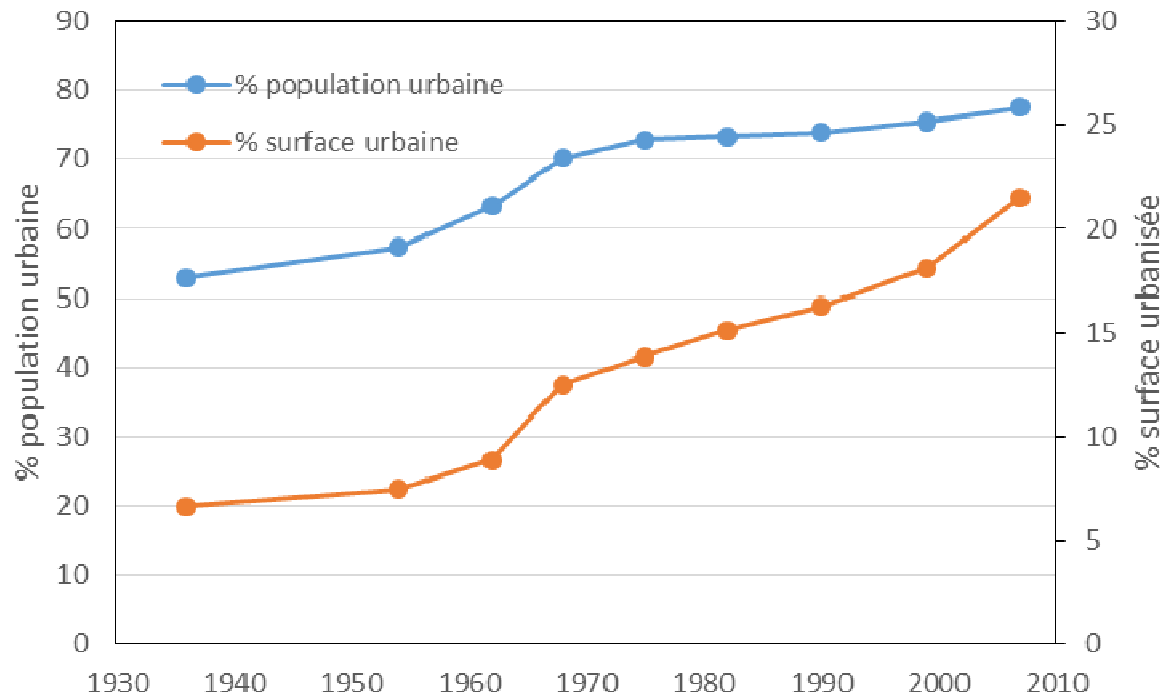


- La population urbaine est concentrée dans des « grandes villes » (> 1 millions d'habitants) et des mégacités (> 10 millions d'habitants)
- D'ici 2030, entre 1.2 et 5.9 millions de km<sup>2</sup> pourraient être convertis en zone urbaines, soit 2 à 10 fois la superficie de la France (Seto et al., PNAS, 2012)

## En France

- Définition du milieu urbain (INSEE) :
- « **La notion d'unité urbaine** [terme unique désignant les villes ou les agglomérations urbaines] **repose sur la continuité du bâti et le nombre d'habitants**. On appelle *unité urbaine* une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (**pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions**) qui **compte au moins 2 000 habitants**. »

## En France

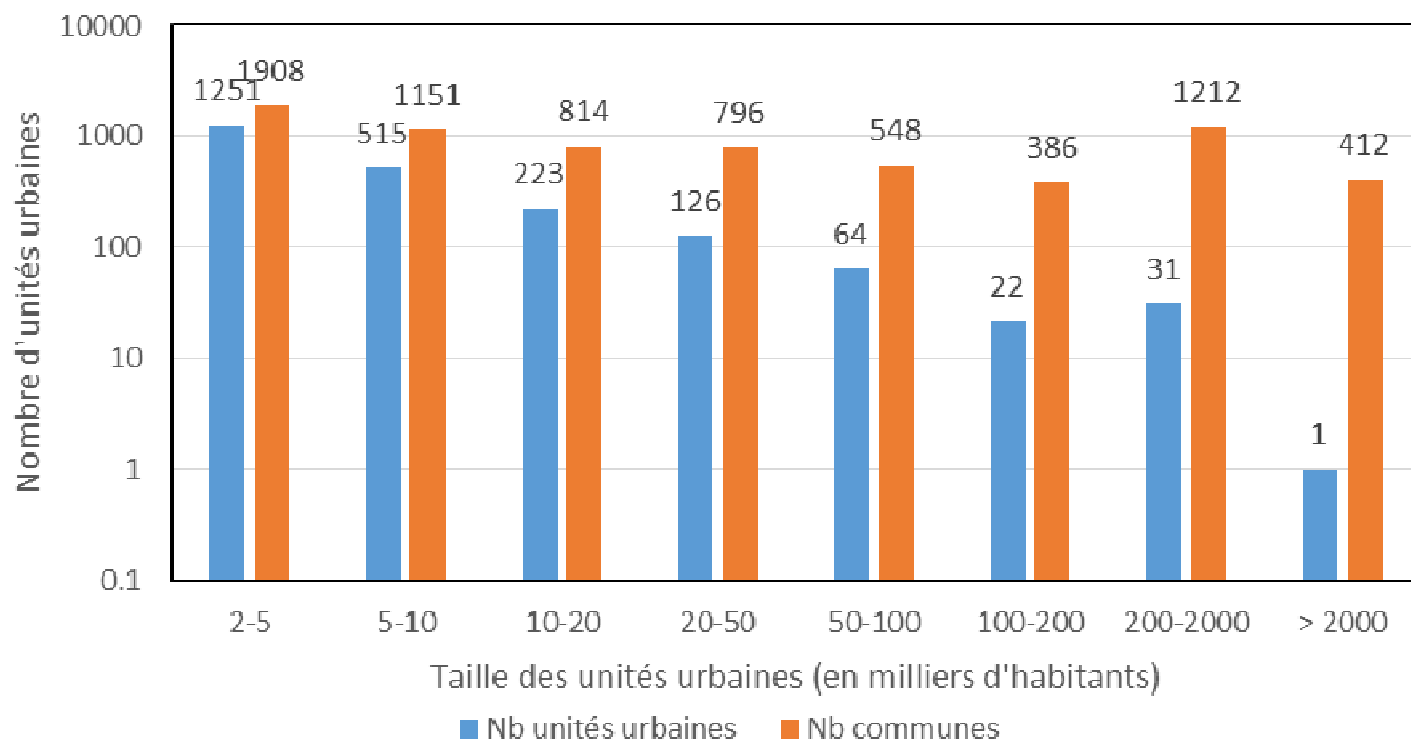


- **77.5 % de la population réside dans 21.8 % du territoire métropolitain**

INSEE PREMIERE, Août 2011



## En France

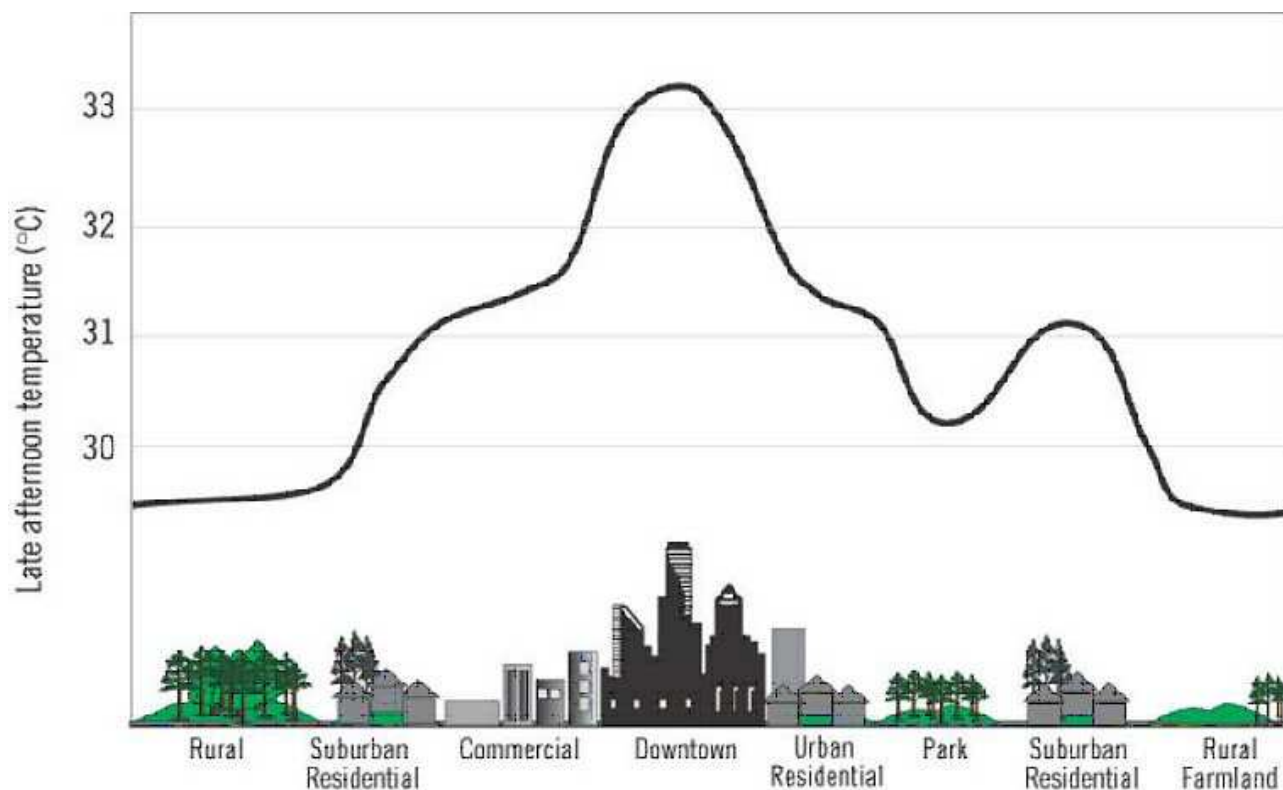


INSEE PREMIERE, Août 2011

- Parmi les 36 570 communes de France, seules 7 227 sont urbaines ( $\approx 20\%$ )
- Le milieu urbain est formé principalement par des agglomérations ( $\approx 85\%$  des unités urbaines)

# Ville, température et pollution

## L'îlot de chaleur urbain



- **L'îlot de chaleur urbain** = phénomène représentant des **températures plus élevées en milieu urbain** qu'en milieu péri-urbain et rural

# L'îlot de chaleur urbain

## Propriétés de la surface

- Matériaux
- Agencement du bâti
- Fraction de végétation

## Climat

- Rayonnement
- Vent
- Latitude/longitude

## Intensité de l'ICU

## Activités anthropiques

- Rejets de chaleur liés aux activités (transport, industrie, climatisation)

# L'îlot de chaleur urbain

- 3 types d'îlots de chaleur urbain, avec des implications différentes :

Type d'îlot de chaleur	Echelle spatiale	Implications/enjeux
Surface	Bâti - revêtement	Isolation thermique du bâti – consommation d'énergie
Atmosphérique – canopée urbaine	Rue - quartier	Confort thermique – dispersion des polluants
Atmosphérique – couche limite urbaine	Ville	Climat régional et global - formation et dispersion des polluants à l'échelle régionale

# De la température à la pollution



Shanghai



Paris



New York

**AgroParisTech**

INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE L'ENVIRONNEMENT  
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY FOR LIFE, FOOD AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

Workshop  
des écha

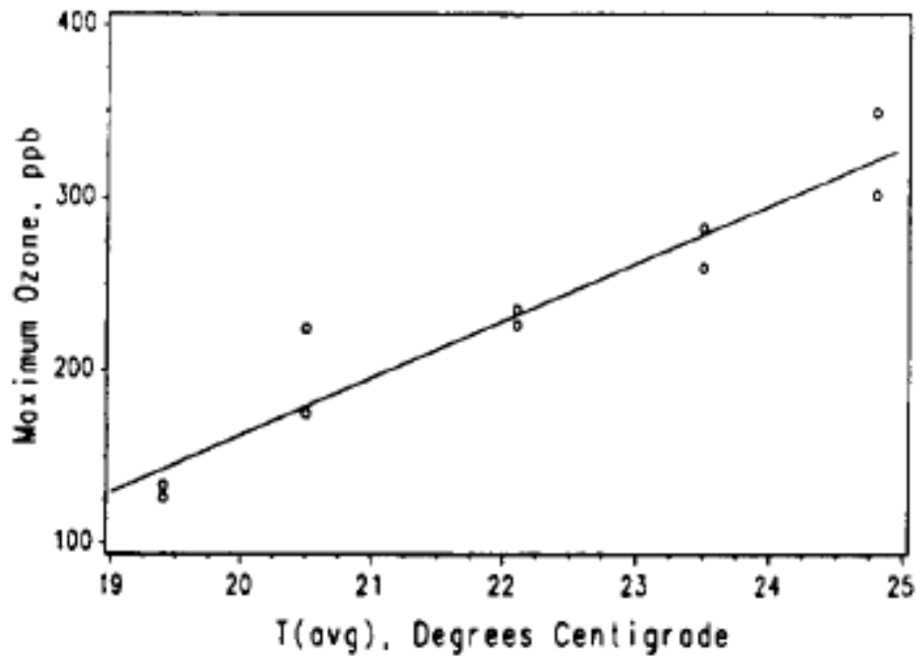


LabEx  
**BASC**  
Biodiversité, Agroécosystèmes,  
Société, Climat

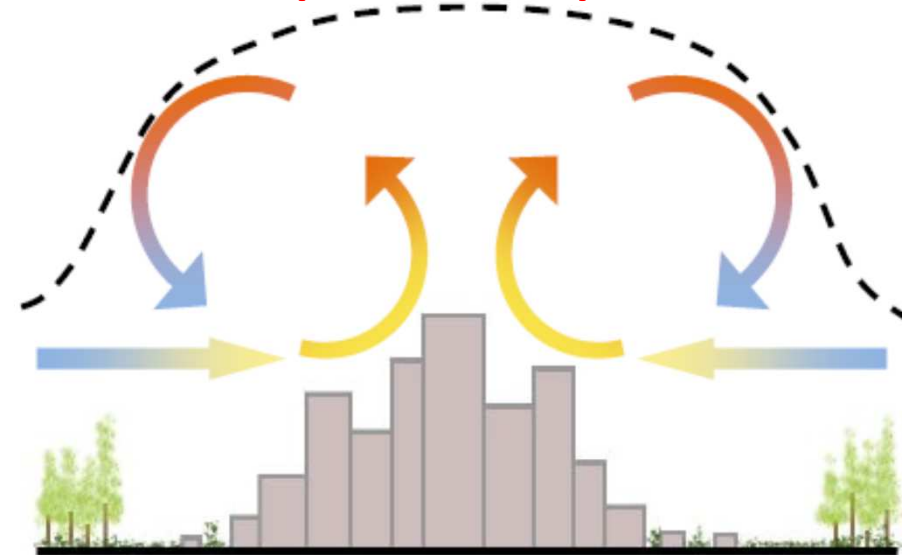


# De la température à la pollution

**La température favorise la formation de polluants gazeux secondaires**



**Associée à des vents faibles, elle limite la dispersion des polluants**



Kelly et Gunst, Atmos. Env., 1990

**AgroParisTech**

INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE L'ENVIRONNEMENT  
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY FOR LIFE, FOOD AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

Workshop « Le climat urbain : modélisation des échanges de chaleur et de polluants »

Paris – 1 avril 2015

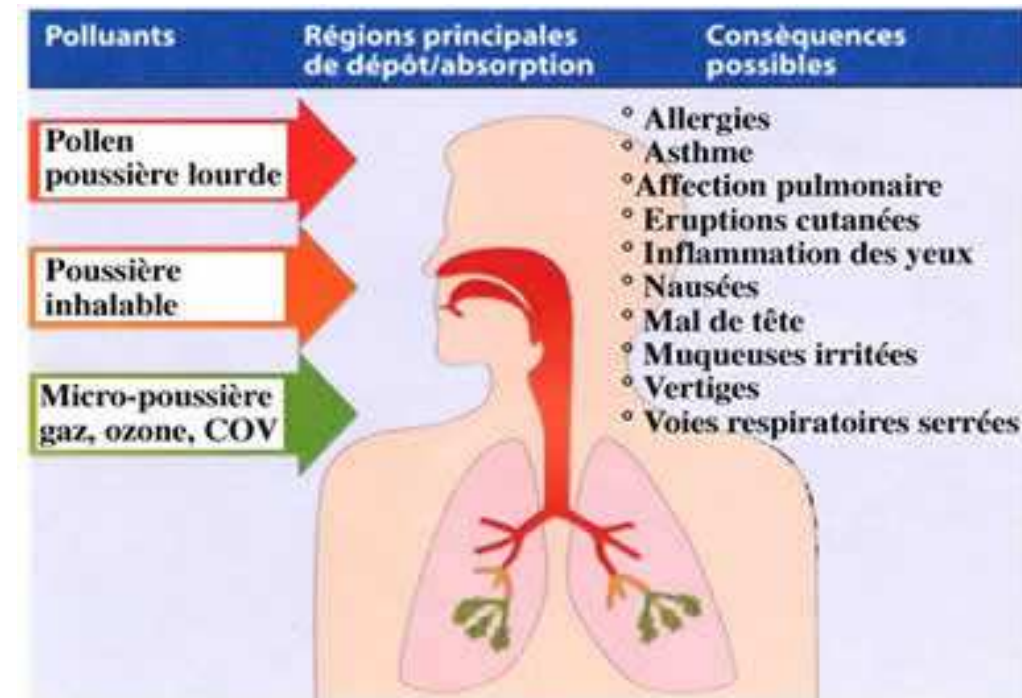
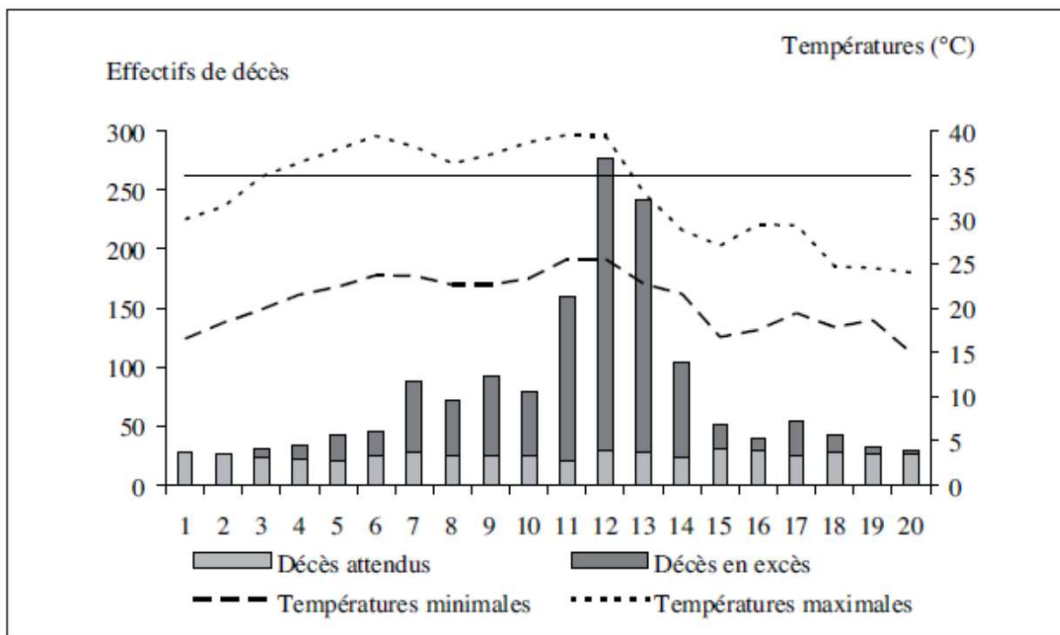
LabEx  
**BASC**

Biodiversité, Agroécosystèmes,  
Société, Climat

# Enjeux sanitaires liés à la pollution et à la température en milieu urbain

## Décès à Paris durant le vague de chaleur de 2003

Figure 1 : Effectifs de décès et températures entre le 1<sup>er</sup> et le 19 août 2003



Cadot et Spira, Esp. Pop. Soc., 2006

**AgroParisTech**

INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE L'ENVIRONNEMENT  
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY FOR LIFE, FOOD AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

Workshop « Le climat urbain : modélisation des échanges de chaleur et de polluants »

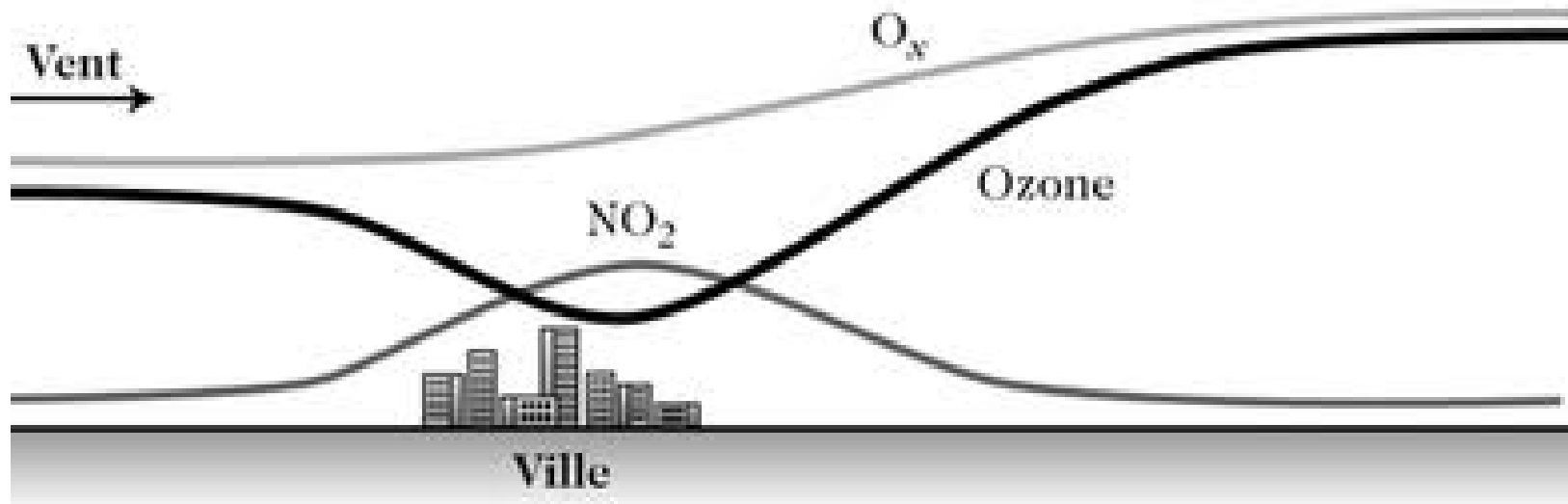
Paris – 1 avril 2015

LabEx  
**BASC**

Biodiversité, Agroécosystèmes,  
Société, Climat

## Enjeux environnementaux – qualité de l'air et climat péri-urbain, régional et global

- **Le milieu urbain**, en dégageant de la chaleur et en émettant des composés atmosphériques (gazeux ou particules), **affecte potentiellement le milieu péri-urbain**.



# Enjeux environnementaux – qualité de l'air et climat péri-urbain, régional et global

- Part de la pollution urbaine dans les émissions régionales - Exemple de la ville de Paris

	Acidification, pollution photochimique et eutrophisation					Particules			Polluants organiques persistants	
	NOx	COVNM	SO2	CO	NH3	PM10	PM2.5	PM1	HAP	PCDD-F
Part de la ville de Paris dans les émissions de l'Ile-de-France (%)	10	10	6	10	2	5	6	6	7	6

Ramenée à la surface :

AirParif – Bilan des émissions, 2013

- Emissions de NOx (en t/km<sup>2</sup>/an) = **93.4 pour Paris, 8.1 pour IdF**
- Emissions de PM10 (en t/km<sup>2</sup>/an) = **9.3 pour Paris, 1.6 pour IdF**

# Enjeux environnementaux – qualité de l'air et climat péri-urbain, régional et global

- **35 % des GES d'origine anthropique sont émis par les zones urbaines**

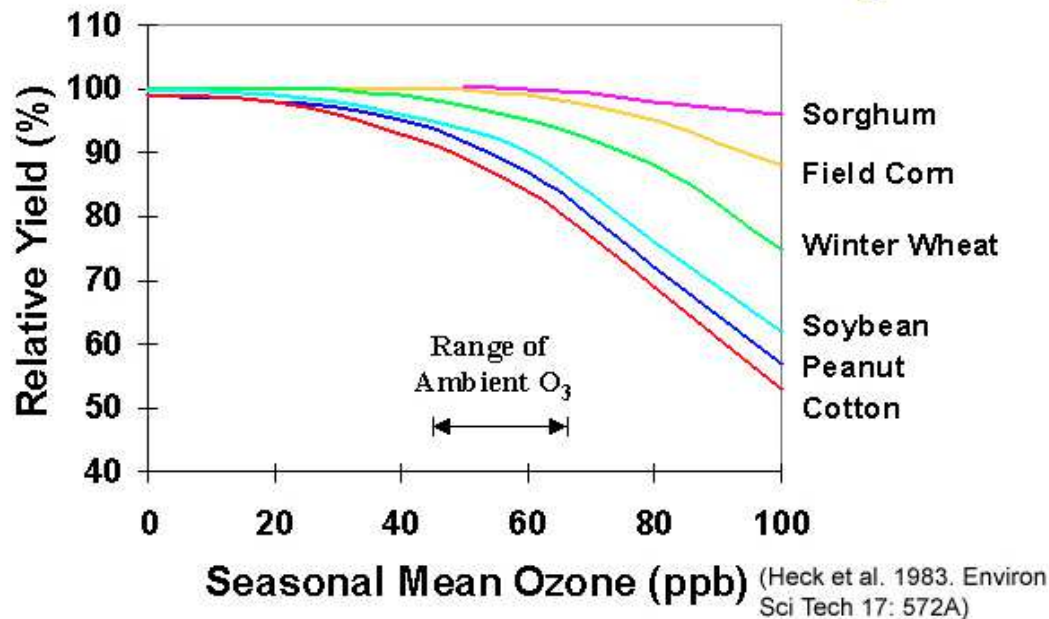
Relative contribution of urban and non urban areas to global anthropogenic GHG emissions



D'après Satterhwaite, Environment & Urbanization, 2008

# Enjeux agronomiques – rendements et qualité sanitaire

## Effect of O<sub>3</sub> on Yield of Crops

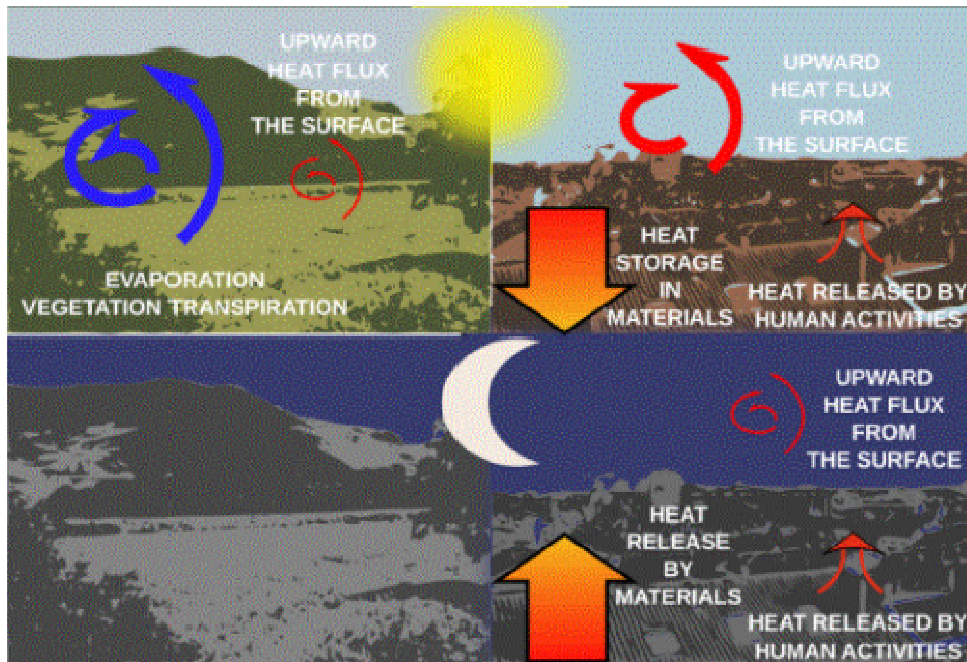


- La pollution gazeuse en milieu péri-urbain peut affecter les rendements
- Enjeux de qualité sanitaire des productions à proximité des zones urbaines et des axes routiers
- Quel effet du l'ICU sur les cultures péri-urbaines ?



# Quelles questions scientifiques se posent ?

- Quels **facteurs expliquent la modification du climat** par le milieu urbain ?



- Les processus responsables de l'îlot de chaleur urbain sont dans l'ensemble bien identifiés.
- **Cependant, certains facteurs restent très mal connus (rôle de la géométrie urbaine, quantification du dégagement de chaleur d'origine anthropique, impact du climat local, relation entre îlot de chaleur et pollution ?)**

# Quelles questions scientifiques se posent ?

- Dans quelle mesure **la ville impacte-t-elle le climat en zone péri-urbaine**? Impacte-t-elle aussi **le climat aux échelles plus larges** (régionale? globale?) Quelles sont les **conséquences** de ces effets sur le **fonctionnement des agroécosystèmes péri-urbains** ?

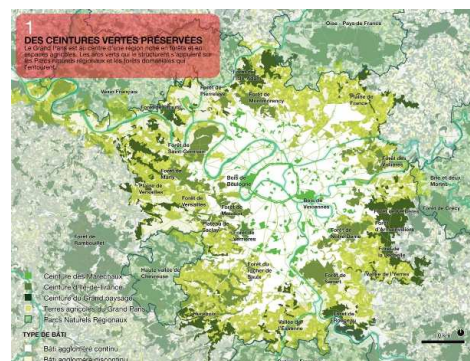
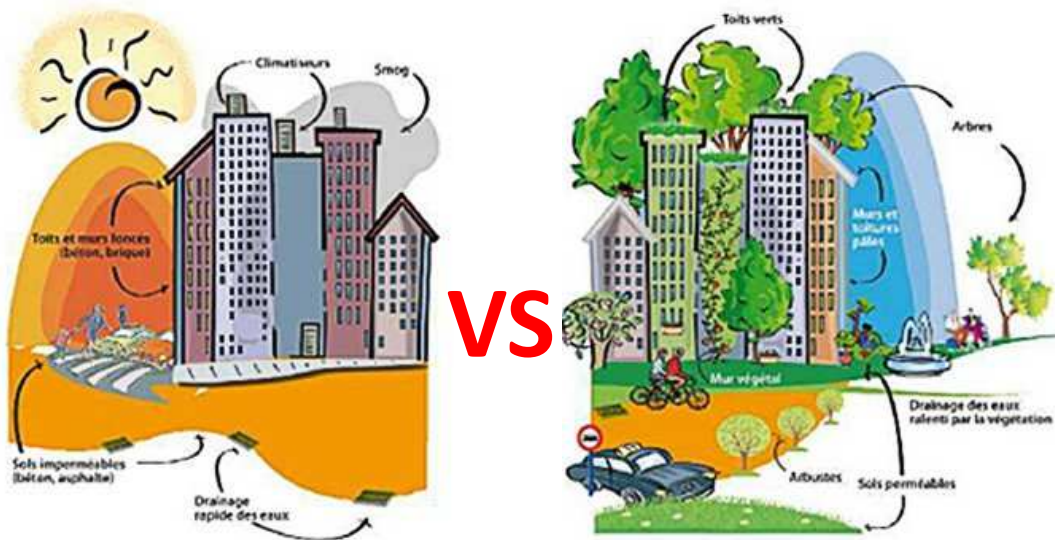


??

??

# Quelles questions scientifiques se posent ?

- Quelles **solutions d'aménagement** (agencement du bâti, végétalisation) peuvent permettre de réduire l'impact de la ville sur le climat ?



**Ceinture verte  
vs  
spots de  
végétation ?**

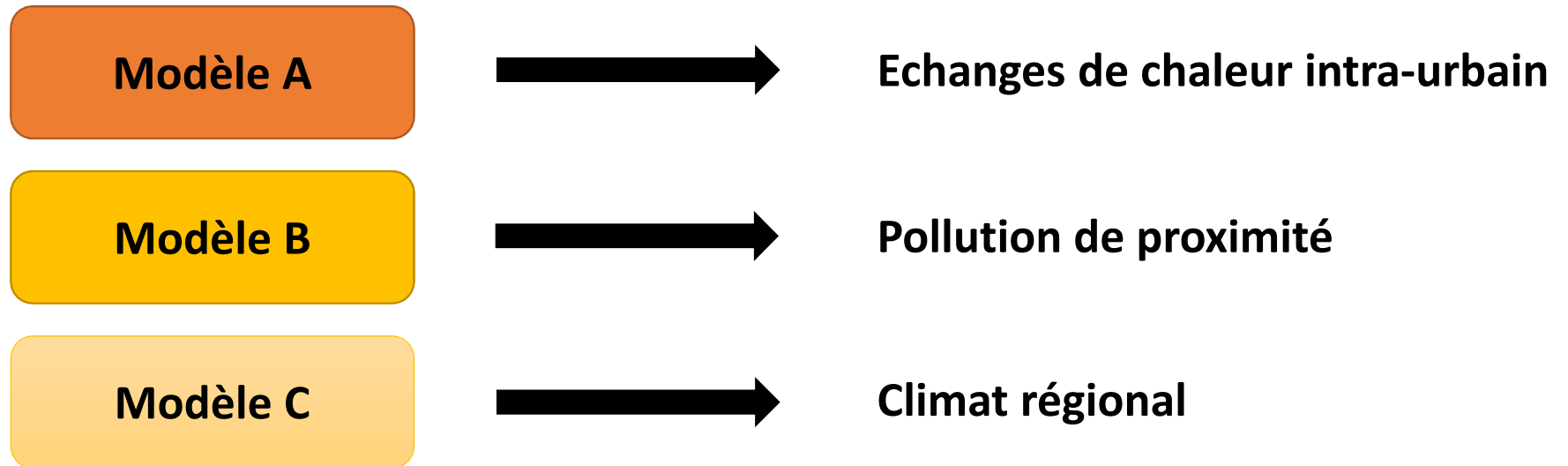


Biodiversité, Agroécosystèmes,  
Société, Climat

# Déroulement du workshop

# Objectifs du workshop

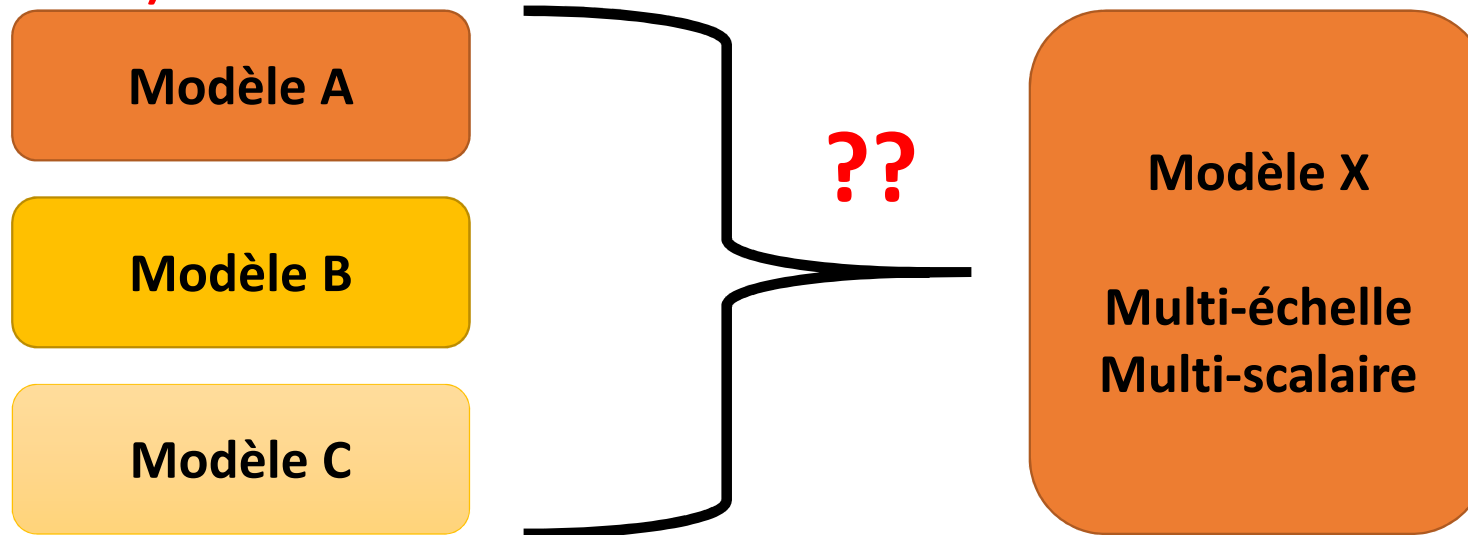
- **Quels outils sont disponibles et pour quelles applications ?**





# Objectifs du workshop

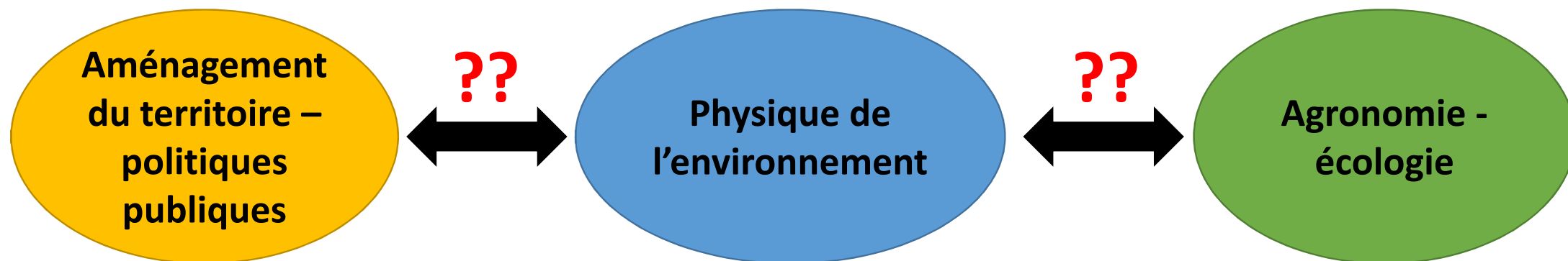
- **Un seul et même outil (modèle) peut-il nous permettre de traiter ces questions multi-échelles (du bâti à la région en passant par le quartier et l'ensemble urbain) et multi-scalaires (température, pollution gazeuse, pollution particulaire, convection & pluviométrie) ?**





## Objectifs du workshop

- Quelles sont les **attentes des autres communautés** (agronomes, écologues, urbanistes, pouvoirs publics) vis-à-vis des **atmosphériciens**, et comment ces derniers **peuvent y répondre** ?



## Déroulement de la journée

**10h – 10h30** : *Modélisation de l'expansion urbaine à l'aide du mode NEDUM-2D, et utilisation pour l'étude de politiques environnementales (climat et qualité de l'air) – Vincent Viguié (CIRED)*

### Pause Café

**10h45 – 11h15** : *Analyse climatique multiscale dans l'agglomération rennaise – Hervé Quéno (LETG – Rennes – Costel)*

**11h15 – 11h45** : *Modélisation du climat urbain à l'aide du modèle TEB – Valéry Masson (CNRM-GAME)*

**11h45 – 12h15** : *Modélisation du climat urbain et des besoins énergétiques des bâtiments (Modele WRF et son nouveau module de canopée urbaine) – Nadège Blond (CNRS-LIVE)*

### Repas - Buffet

# Déroulement de la journée

## Repas - Buffet

**14h – 14h30** : *Mesures de la qualité de l'air, impact d'une infrastructure de transport* – Jean-François Petit (CEREMA)

**14h30 – 15h** : *Modélisation couplée de la dispersion et des échanges surface-atmosphère des polluants en champ proche : le modèle FIDES* – Benjamin Loubet (INRA ECOSYS)

**15h – 15h30** : *Villes, transition énergétique et qualité de l'air : une approche par modélisation intégrée* – Isabelle Coll (LISA)

## Pause café

**15h45 – 17h** : *Discussions sur les attentes et besoin des différentes communautés scientifiques et publiques*

## Remerciements

**Merci au LabEx BASC  
(financeur du  
workshop) et à  
AgroParisTech (mise à  
disposition des locaux)**

**Merci à l'ensemble des  
intervenants**

**Merci à l'ensemble des  
participants !**



Workshop « Le climat urbain : modélisation  
des échanges de chaleur et de polluants »  
Paris – 1 avril 2015

Merci pour votre  
attention !