

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

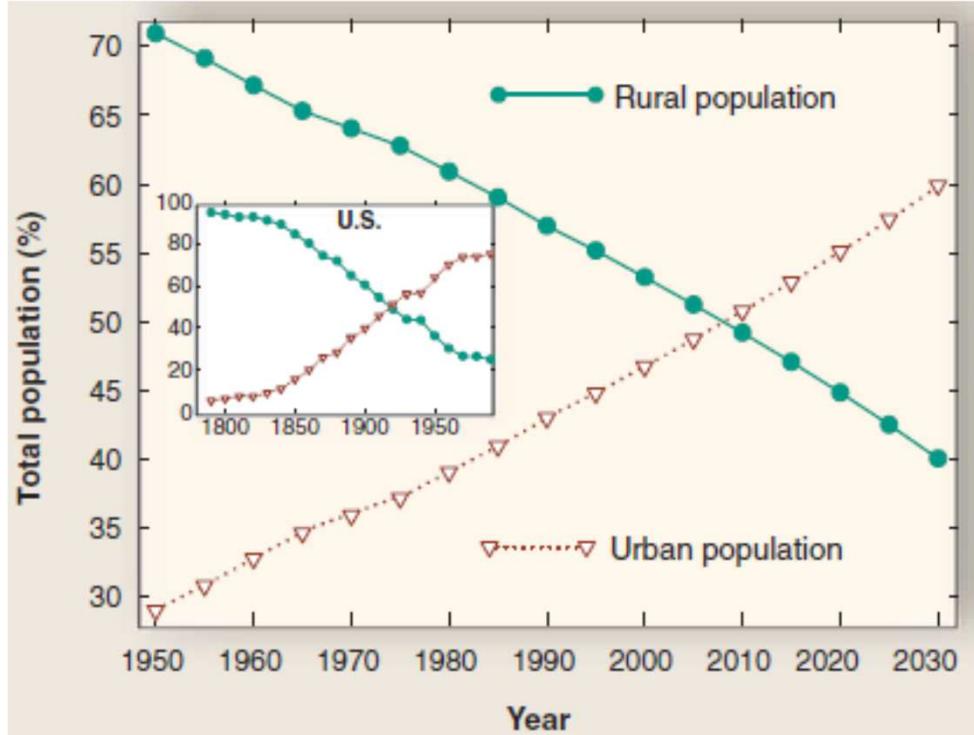
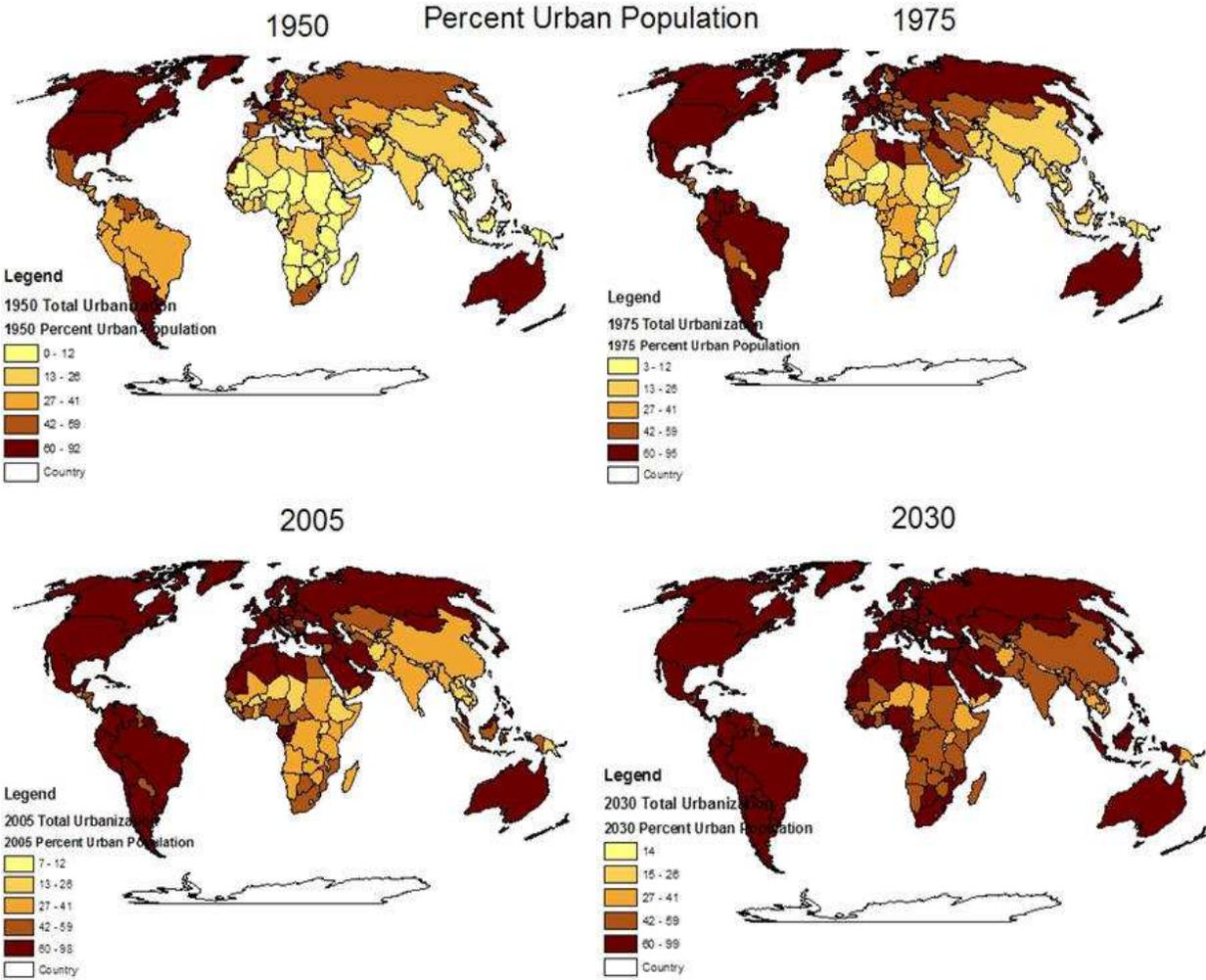


Workshop « Le climat urbain : modélisation
des échanges de chaleur et de polluants »
Paris – 1 avril 2015



La place de la ville en France et dans le monde

Une tendance à l'urbanisation depuis 50 ans

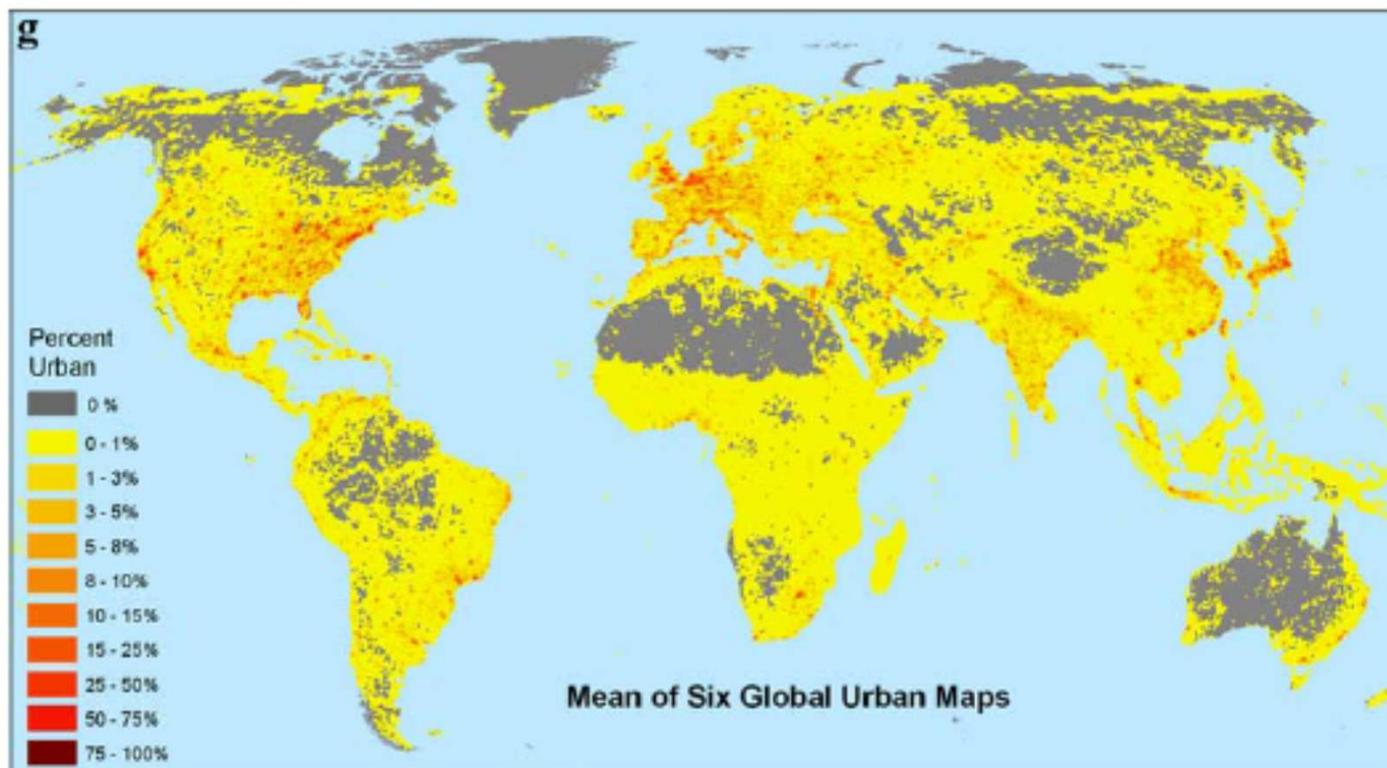


Grimm et al., Sciences, 2008



n : modélisation
t de polluants »
.015

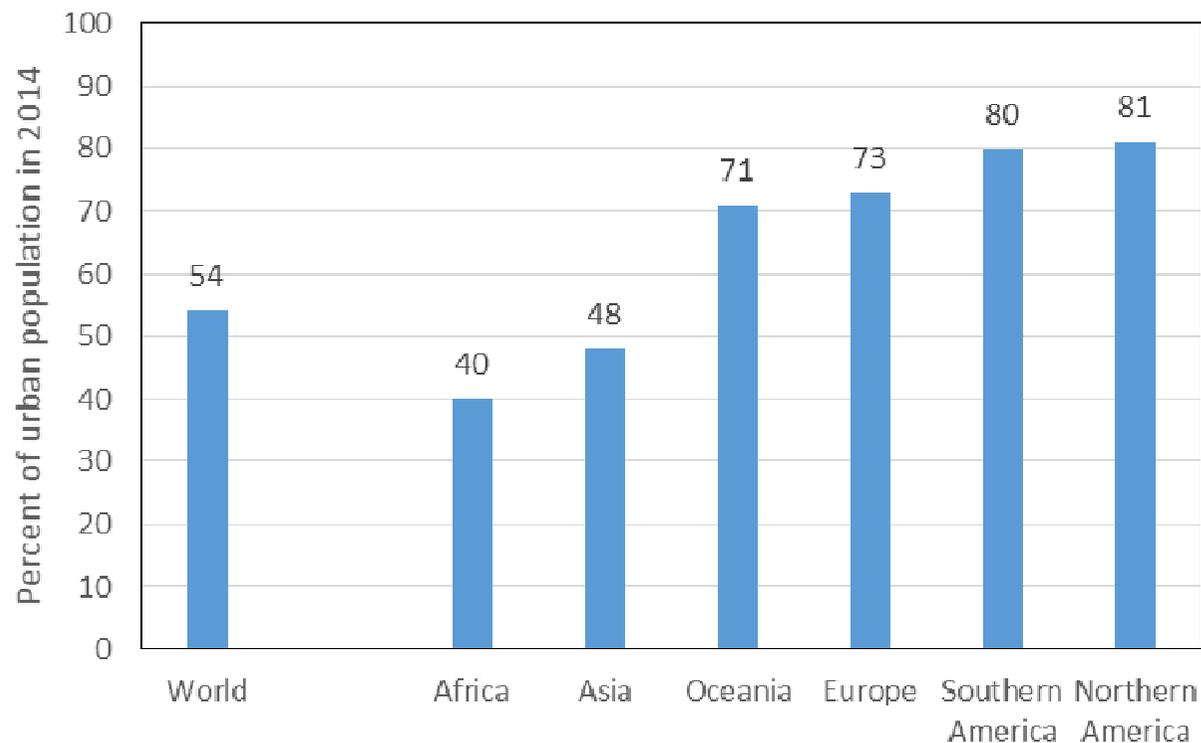
Une faible proportion de surface urbanisée...



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

Potere & Schneider, GeoJournal, 2007

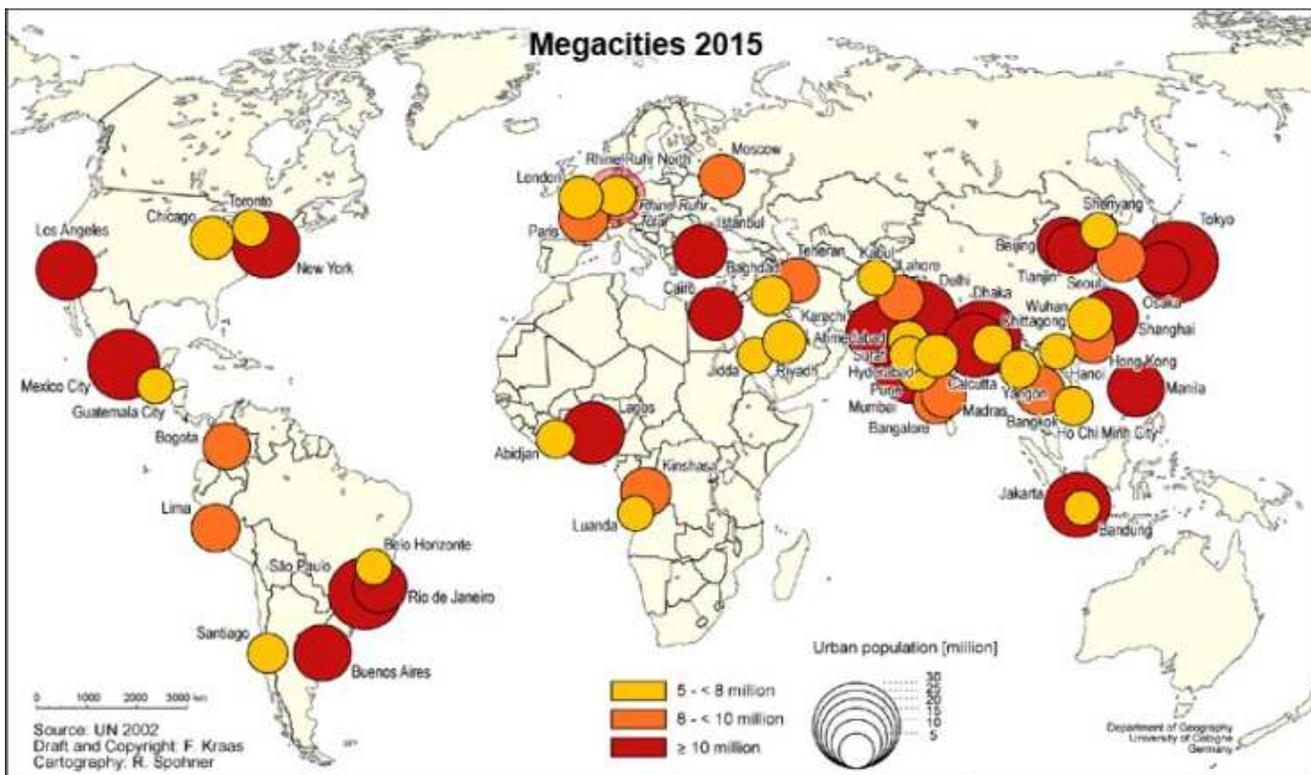
...qui abrite l'essentiel de la population...



- **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

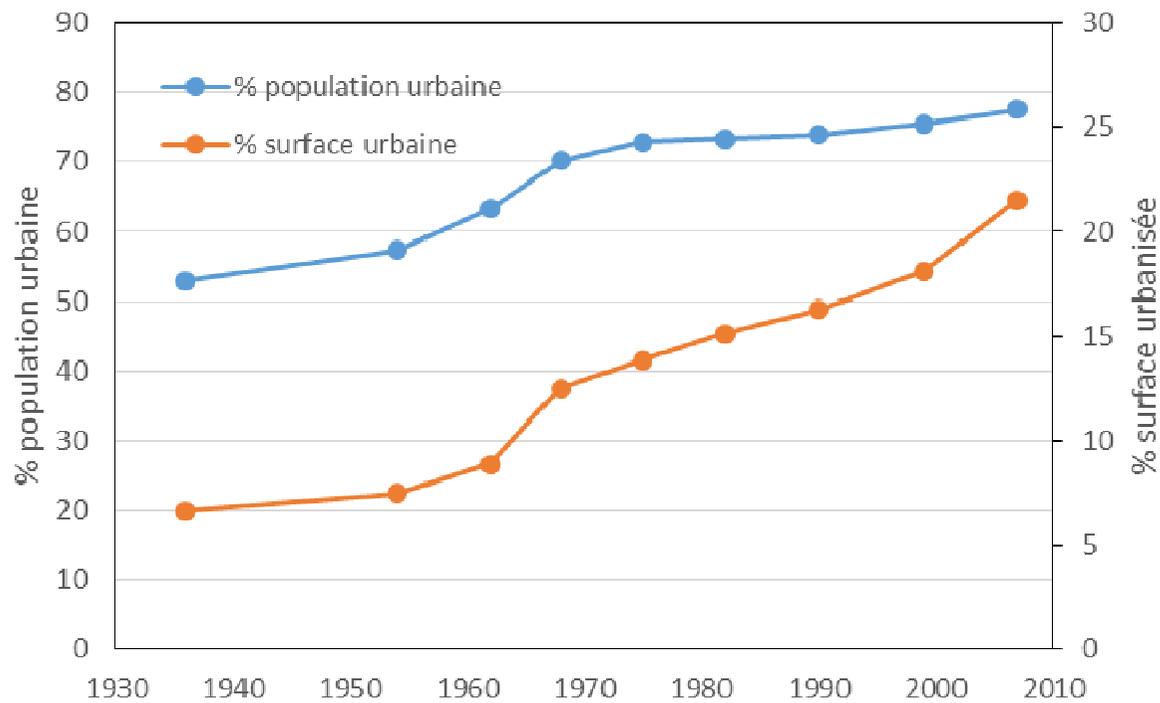


- La population urbaine est concentrée dans des « grandes villes » (> 1 millions d'habitants) et des mégacités (> 10 millions d'habitants)
- D'ici 2030, entre 1.2 et 5.9 millions de km² pourraient être convertis en zone urbaines, soit 2 à 10 fois la superficie de la France (Seto et al., PNAS, 2012)

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**. »

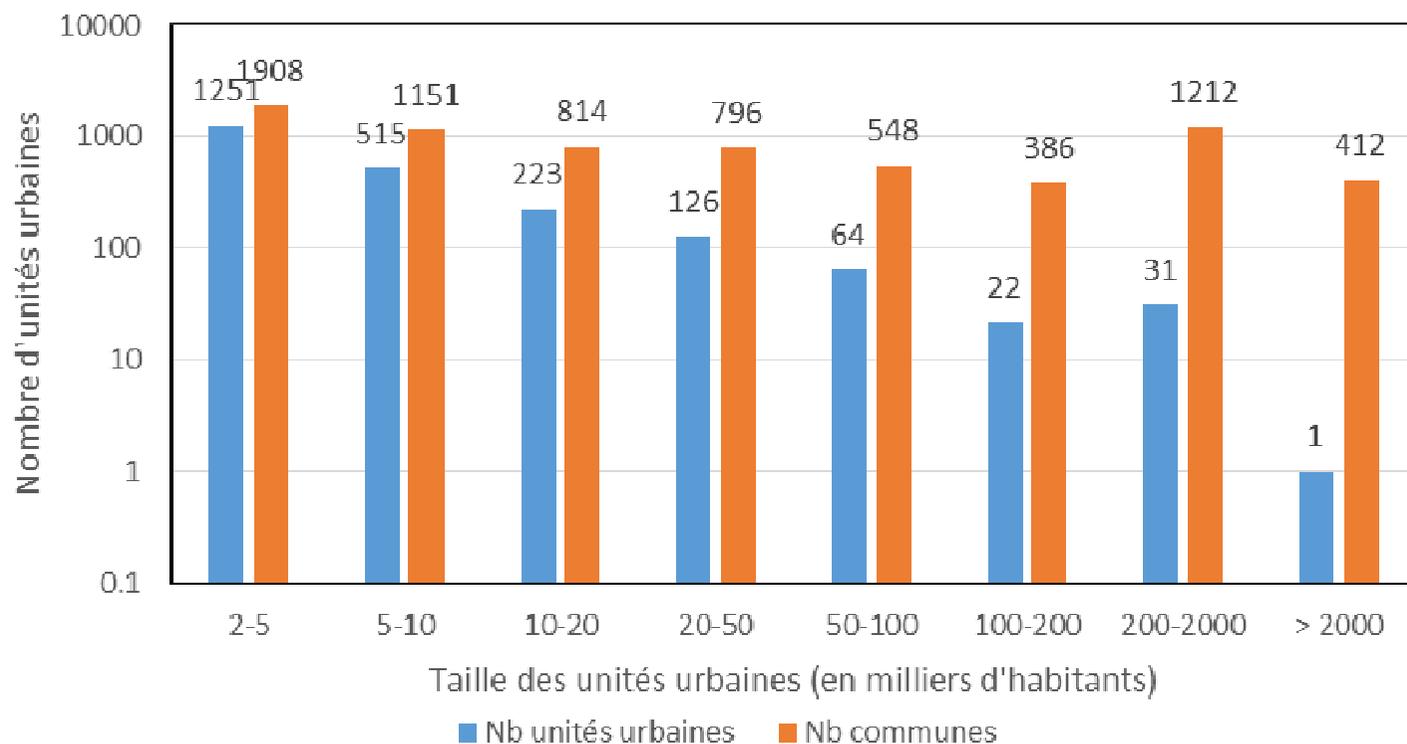
En France



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

INSEE PREMIERE, Août 2011

En France

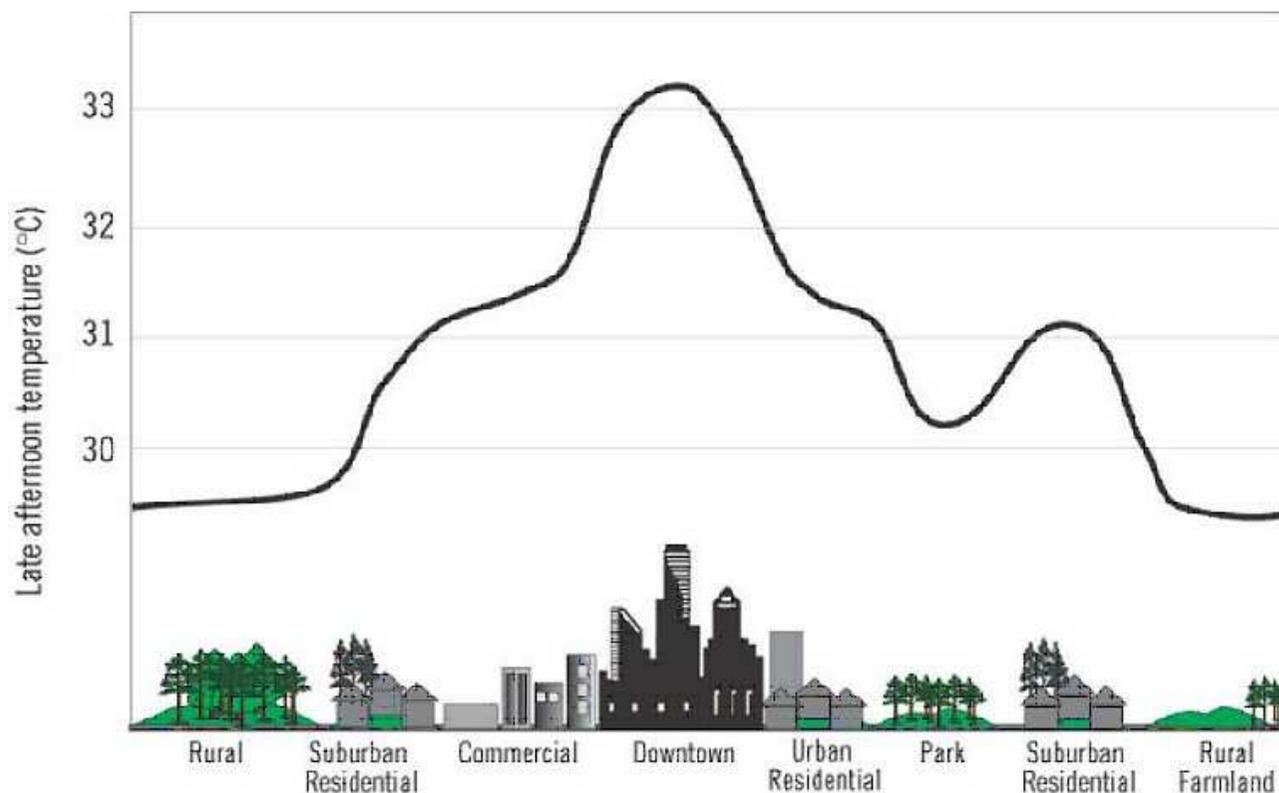


INSEE PREMIERE, Août 2011

- 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



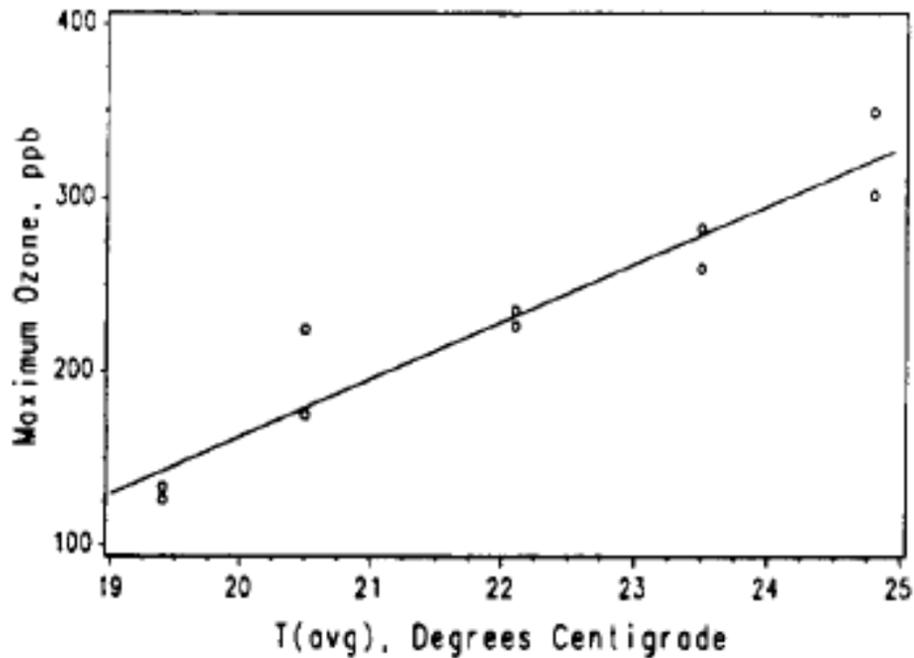
New York



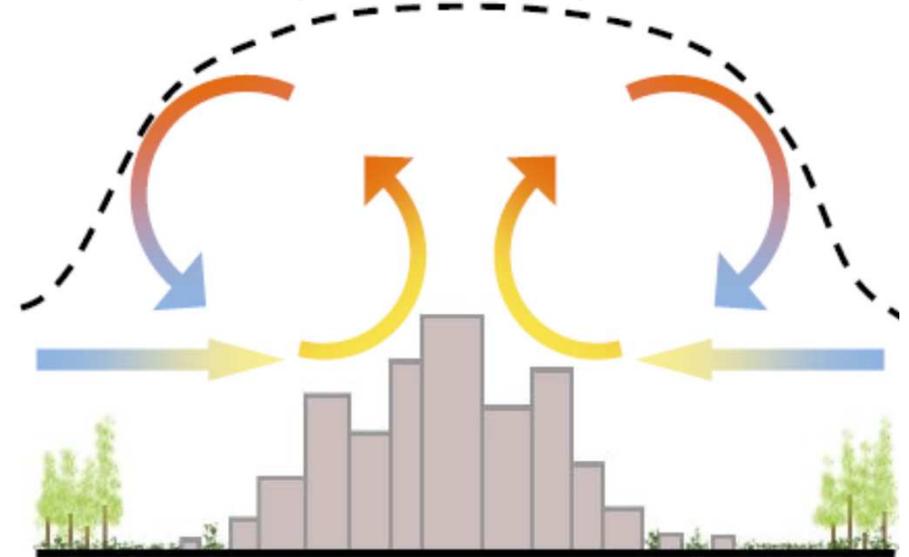
Workshop des échanges

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

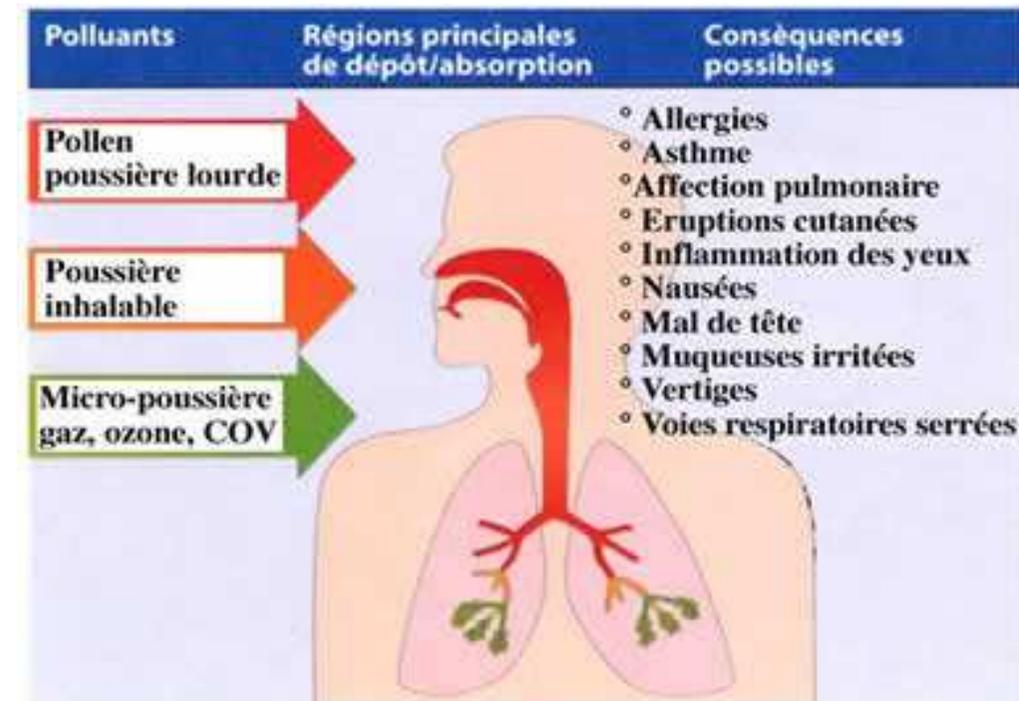
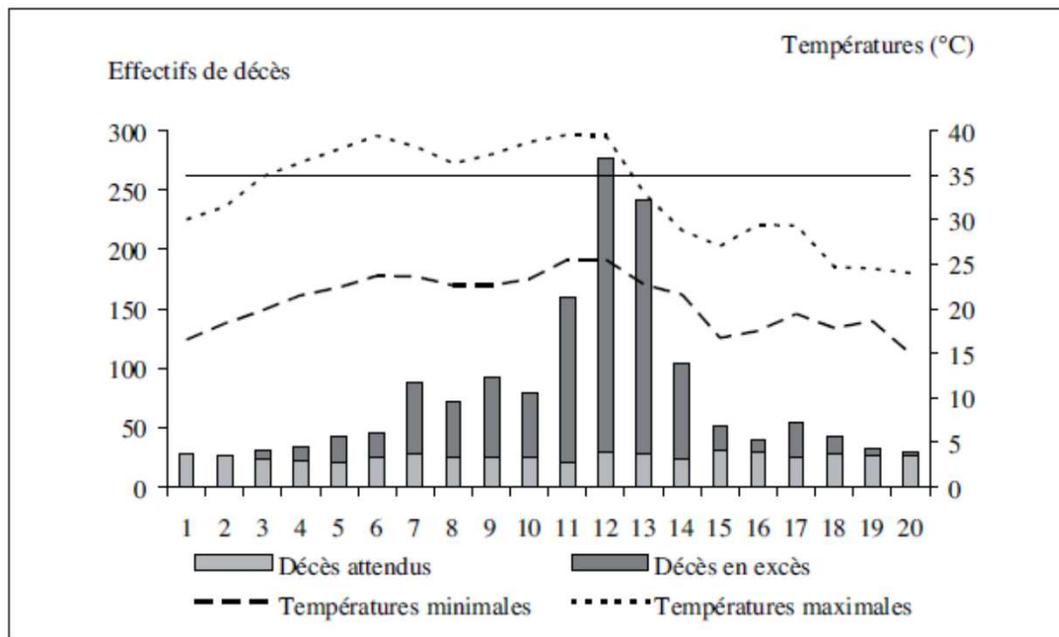
LabEx
BASC

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^{er} 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 »

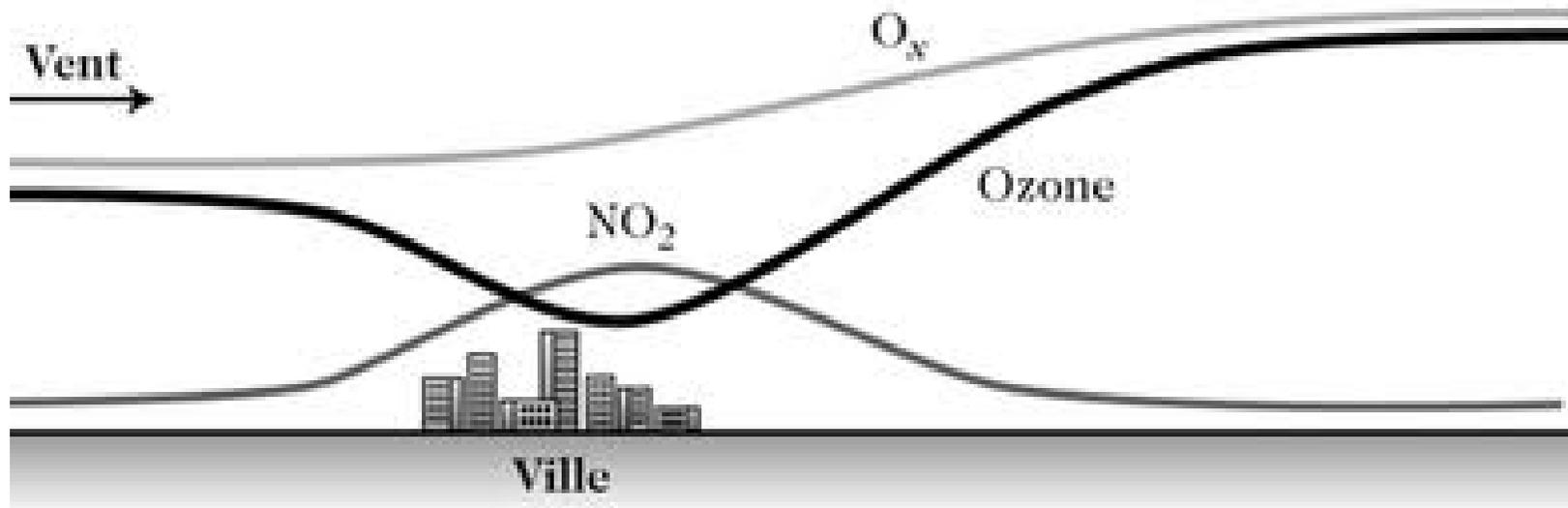
Paris – 1 avril 2015

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 :

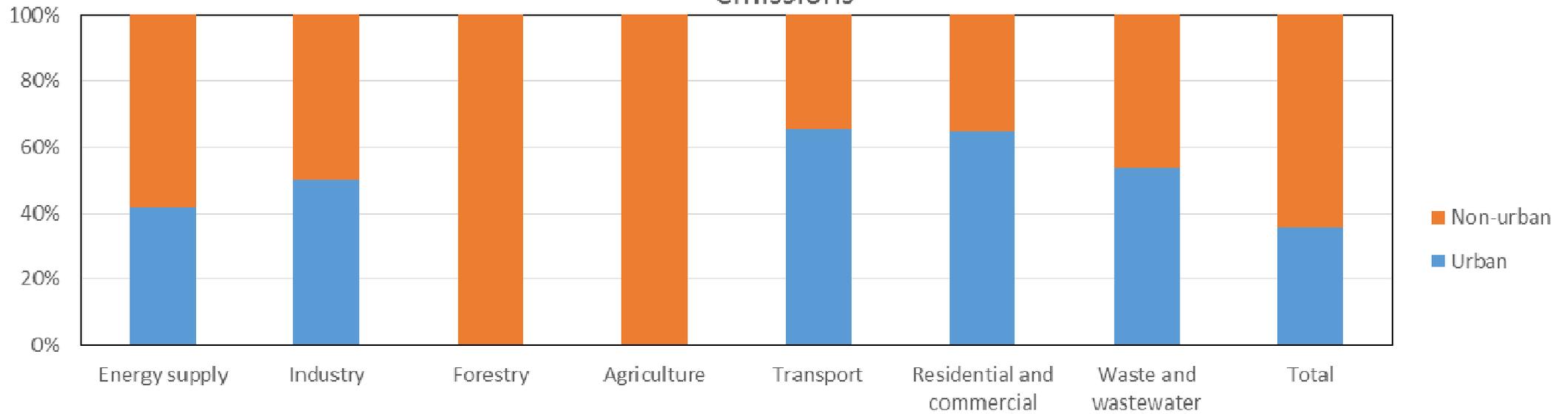
AirParif – Bilan des émissions, 2013

- Emissions de NOx (en t/km²/an) = **93.4 pour Paris, 8.1 pour IdF**
- Emissions de PM10 (en t/km²/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**

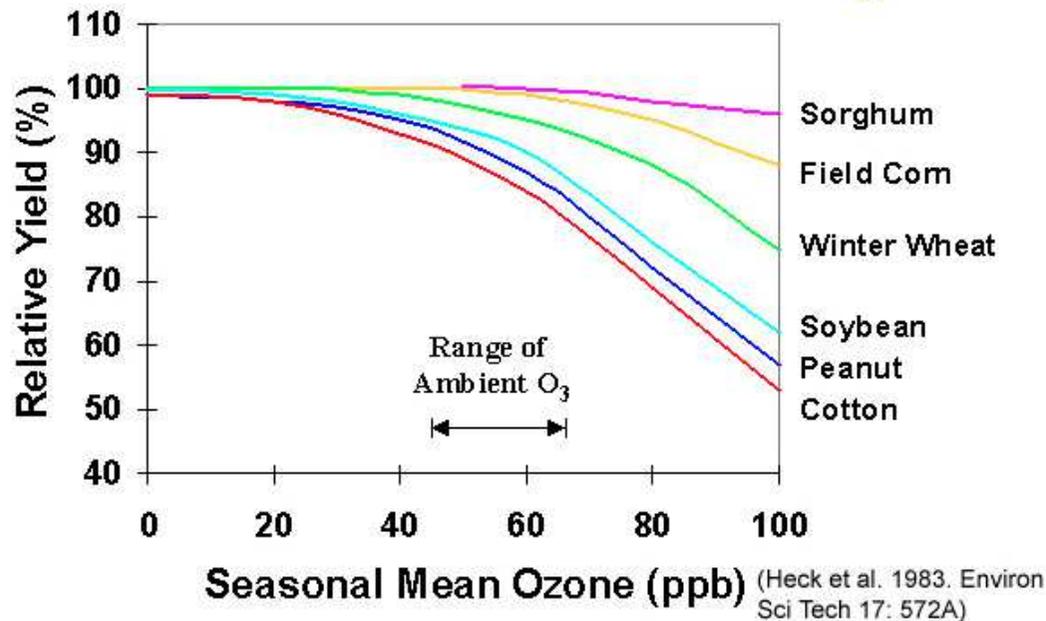
Relative contribution of urban and non urban areas to global anthropogenic GHG emissions



D'après Satterhwaite, Environment & Urbanization, 2008

Enjeux agronomiques – rendements et qualité sanitaire

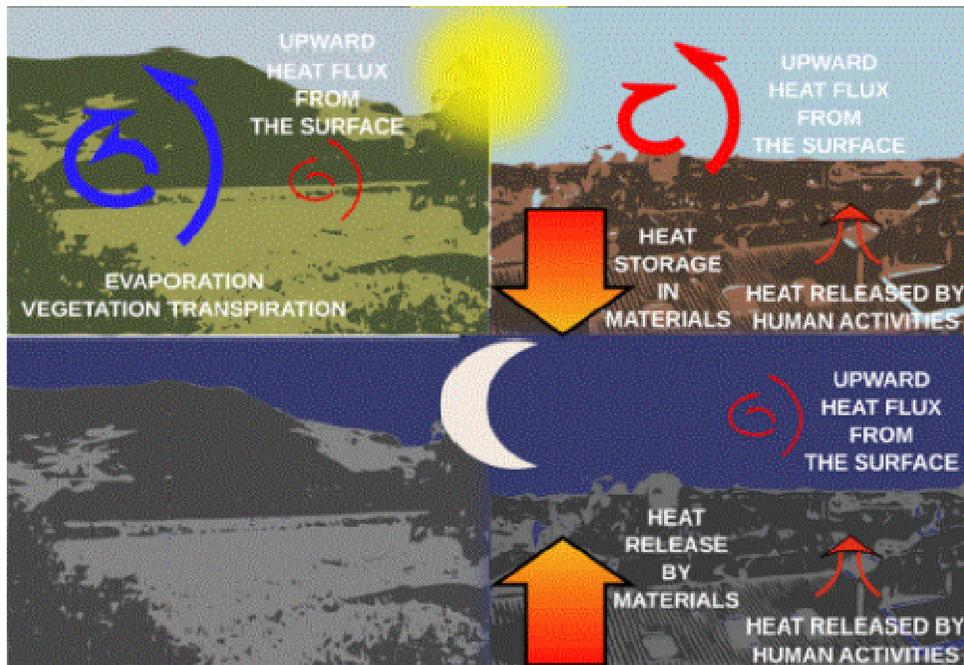
Effect of O₃ on Yield of Crops



- 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** ?

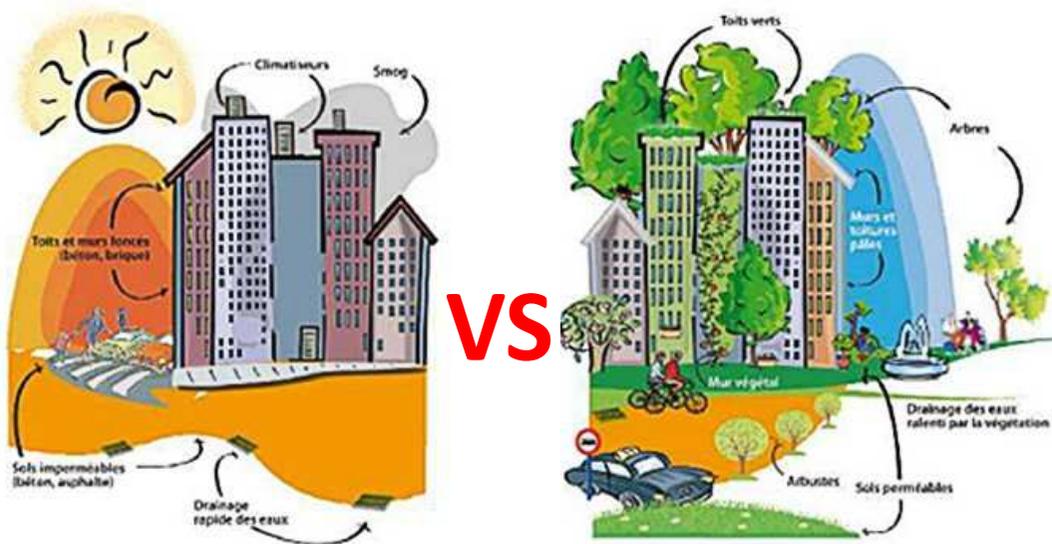


??

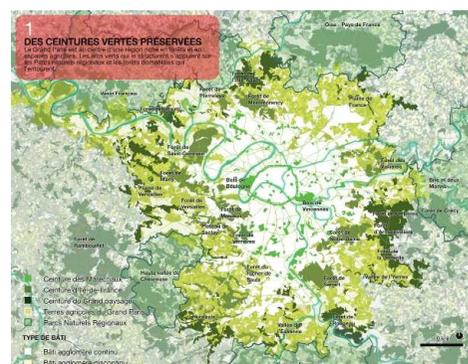
??

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 ?



VS



Ceinture verte
vs
spots de
végétation ?

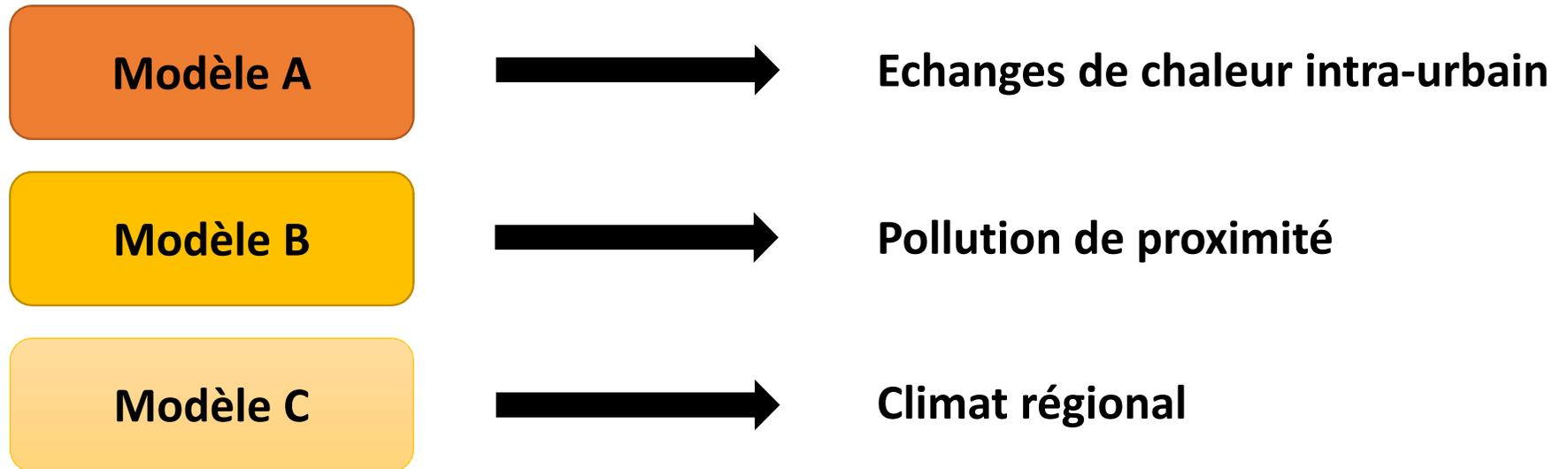


Biodiversité, Agroécosystèmes,
Société, Climat

Déroulement du workshop

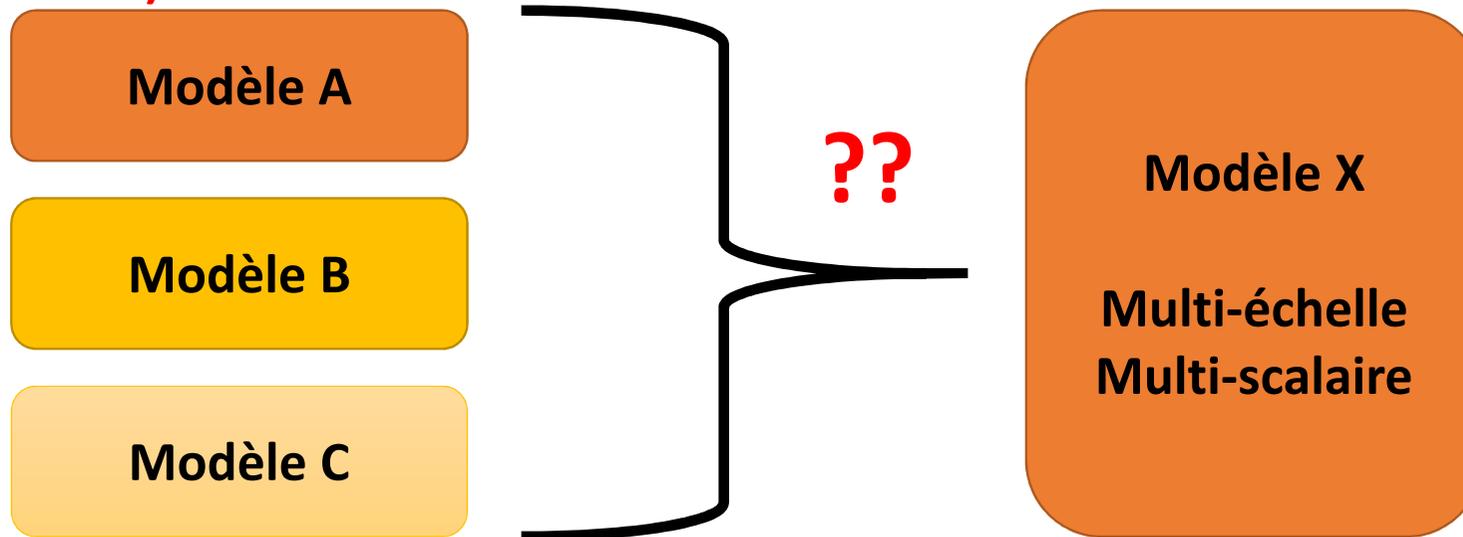
Objectifs du workshop

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



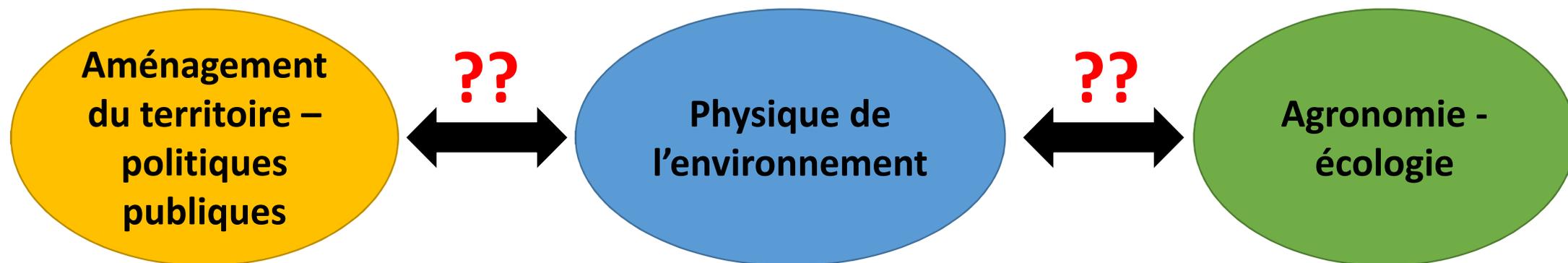
Objectifs du workshop

- **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 !