

Carbones atmosphériques naturels et anthropiques

Traçage des émissions en gaz à effet de serre dans les grandes zones urbaines

Felix Vogel



- Introduction
- Statistiques des émissions de GES
- Observations des émissions de GES
- L'avenir de GES dans les grandes zones urbaines



Terre vue de l'espace

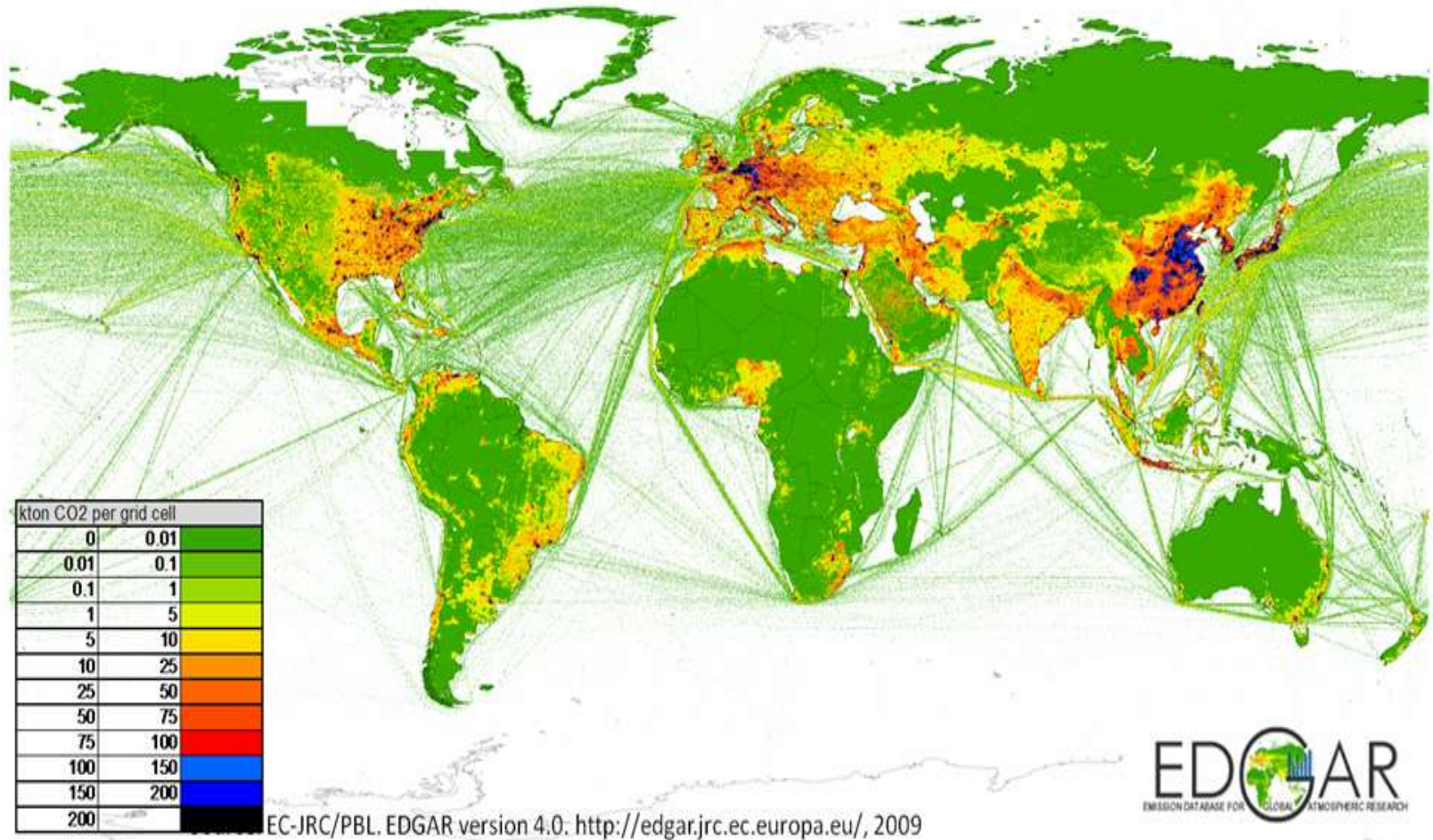


LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT & DE L'ENVIRONNEMENT

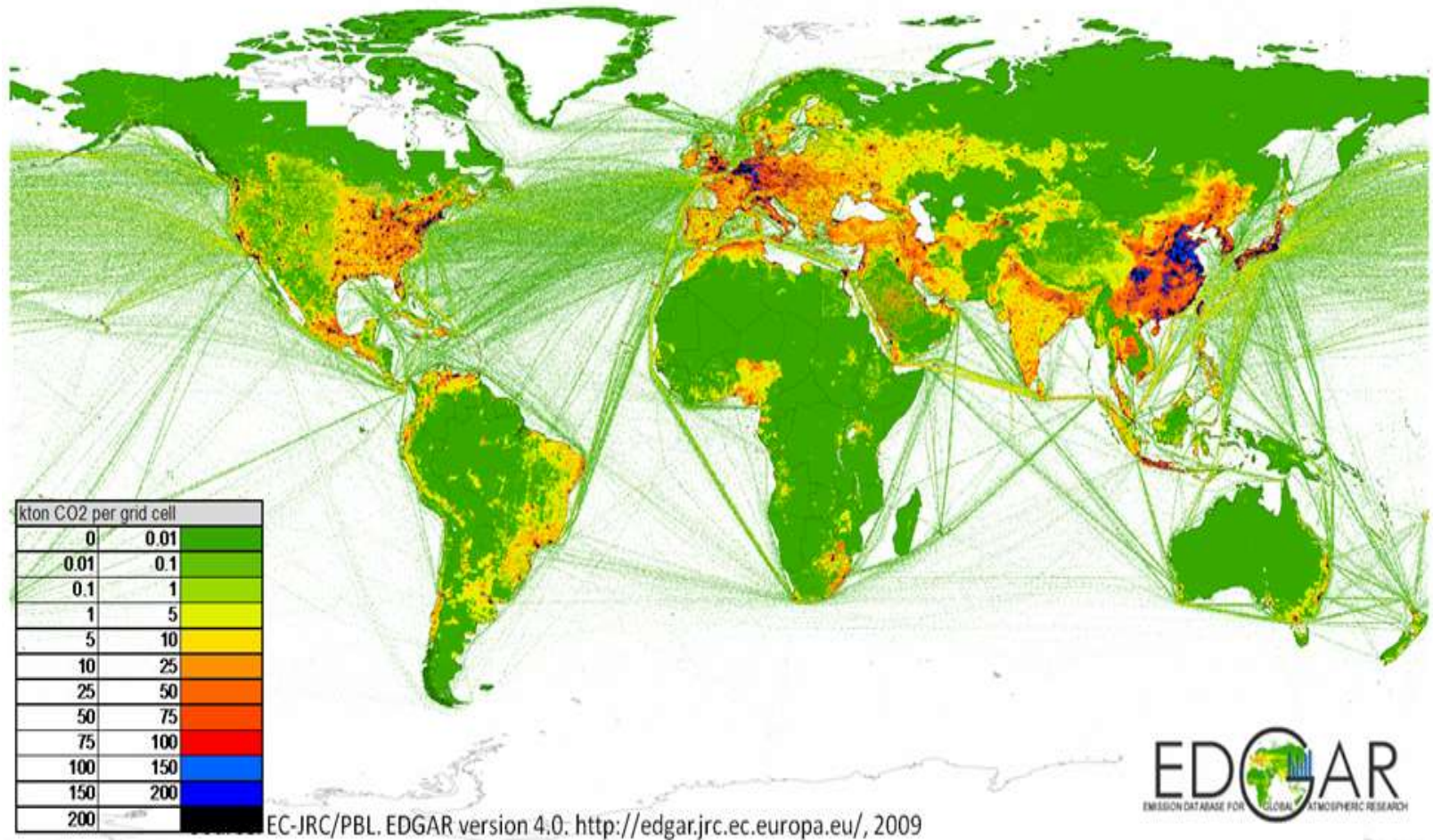
Collège de France, 22 mai 2015



Émissions de CO₂ dues aux combustibles fossiles et à la production de ciment



Émissions de CO₂ dues aux combustibles fossiles et à la production de ciment



53%-87% de CO₂ liées à l'énergie provient de zones urbaines [GIEC, 2014]



LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT & DE L'ENVIRONNEMENT

Collège de France, 22 mai 2015



Émissions de CO₂ dues aux combustibles fossiles et à la production de ciment

The 50 Largest Cities, C40 Cities, and Top 10 GHG Emitting cities⁴

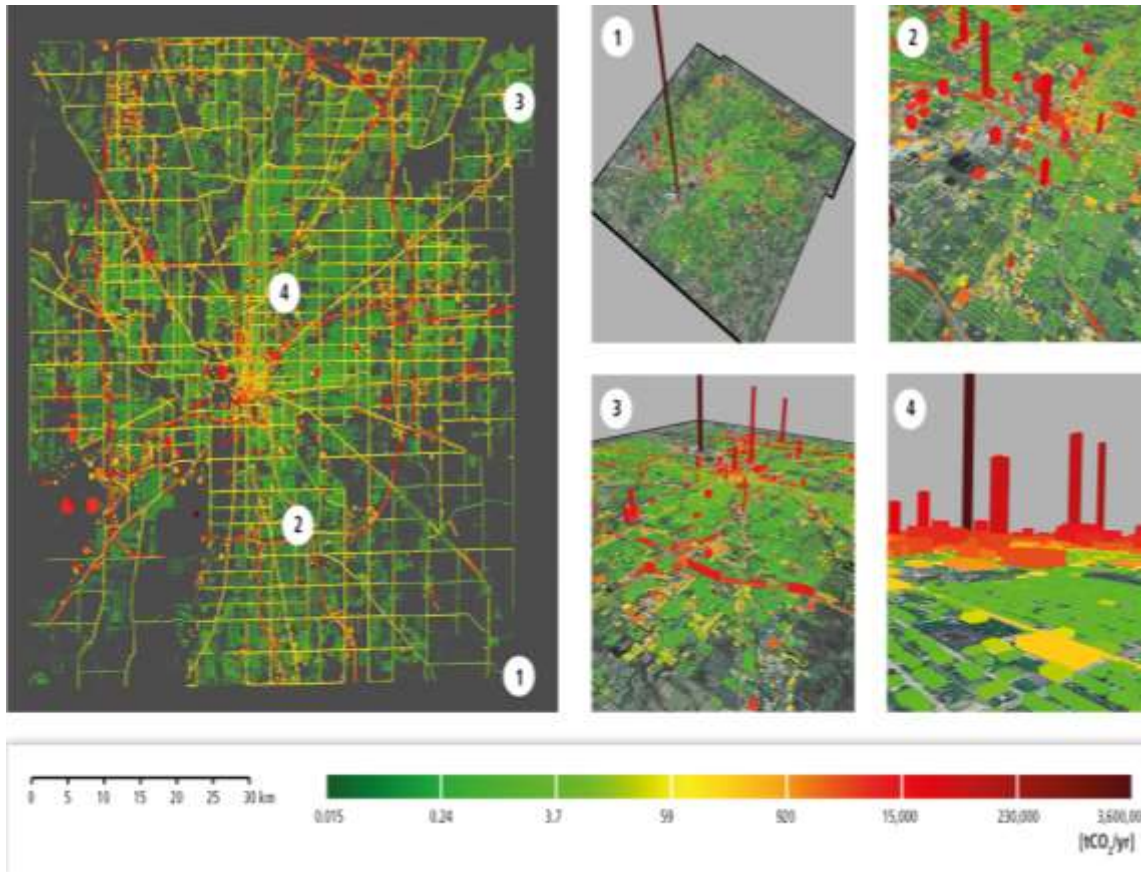
Rapport banque mondiale 2010

Population (Millions)	GHG Emissions (M tCO ₂ e)	GDP (billion \$ PPP)
1. China: 1,192	1. USA: 7,107	1. USA: 14,204
2. India: 916	2. China: 4,058	2. 50 Largest Cities: 9,564
3. 50 Largest Cities: 500	3. 50 Largest Cities: 2,606	3. C40 Cities: 8,781
4. C40 Cities: 393	4. C40 Cities: 2,364	4. China: 7,903
5. USA: 301	5. Russian Federation: 2,193	5. Japan: 4,354
6. Indonesia: 190	6. Japan: 1,374	6. Top 10 GHG Cities: 4,313
7. Brazil: 159	7. Top 10 GHG Cities: 1,367	7. India: 3,388
8. Russian Federation: 142	8. India: 1,214	8. Germany: 2,925
9. Top 10 GHG Cities: 136	9. Germany: 956	9. Russian Federation: 2,288
10. Japan: 128	10. Canada: 747	10. United Kingdom: 2,176

53%-87% de CO₂ liées à l'énergie provient de zones urbaines [GIEC, 2014]



Inventaire des émissions de CO₂ d'un ville



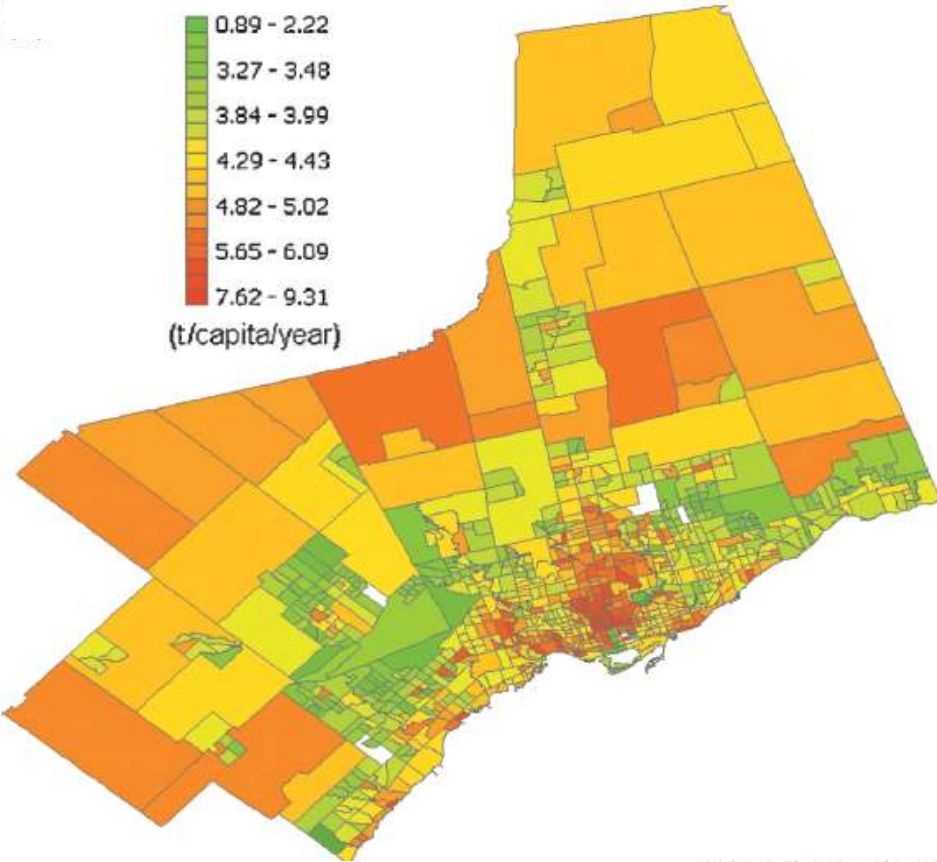
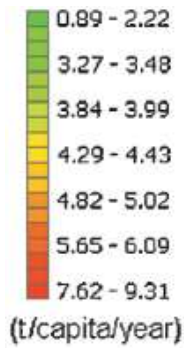
Indianapolis, É.-U. – inventaire HESTIA (K. Gurney)

Données utilisées:

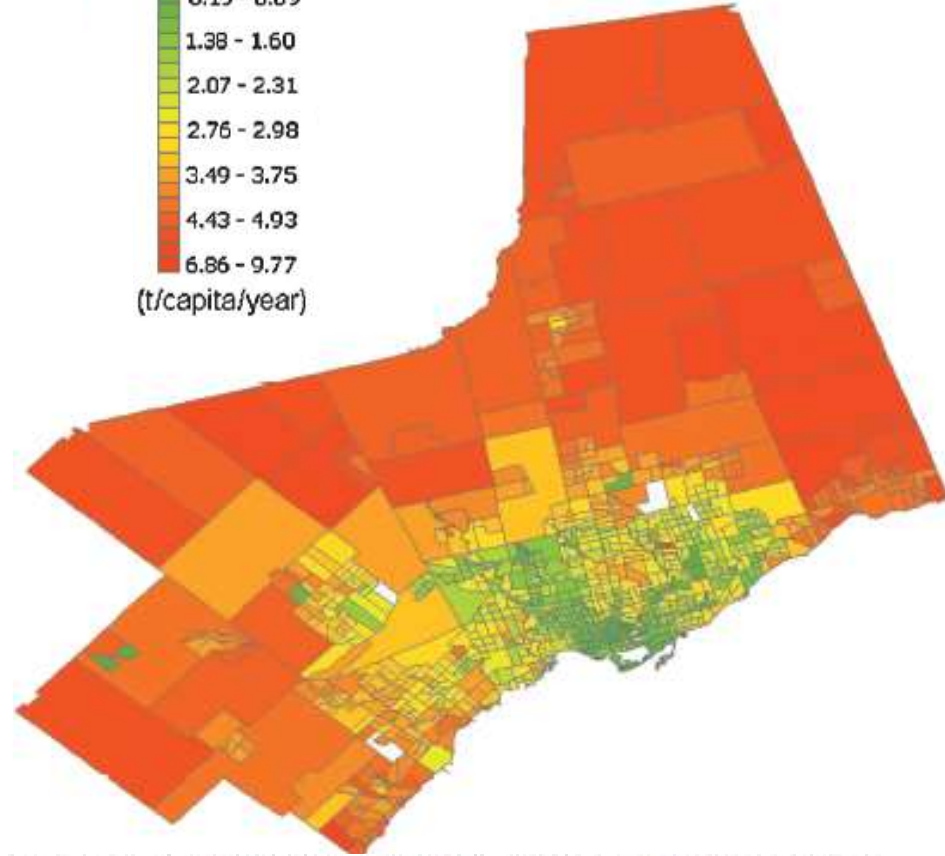
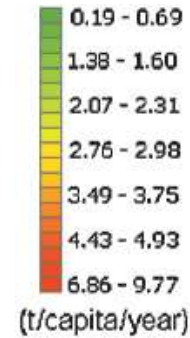
- utilisation de l'énergie
- chauffage (temperature)
- comptage des véhicules
- statistiques sur les déchets
- production industrielle
- ... plusieurs autres



Secteur: résidentiel



Toronto, Canada



Secteur: transport

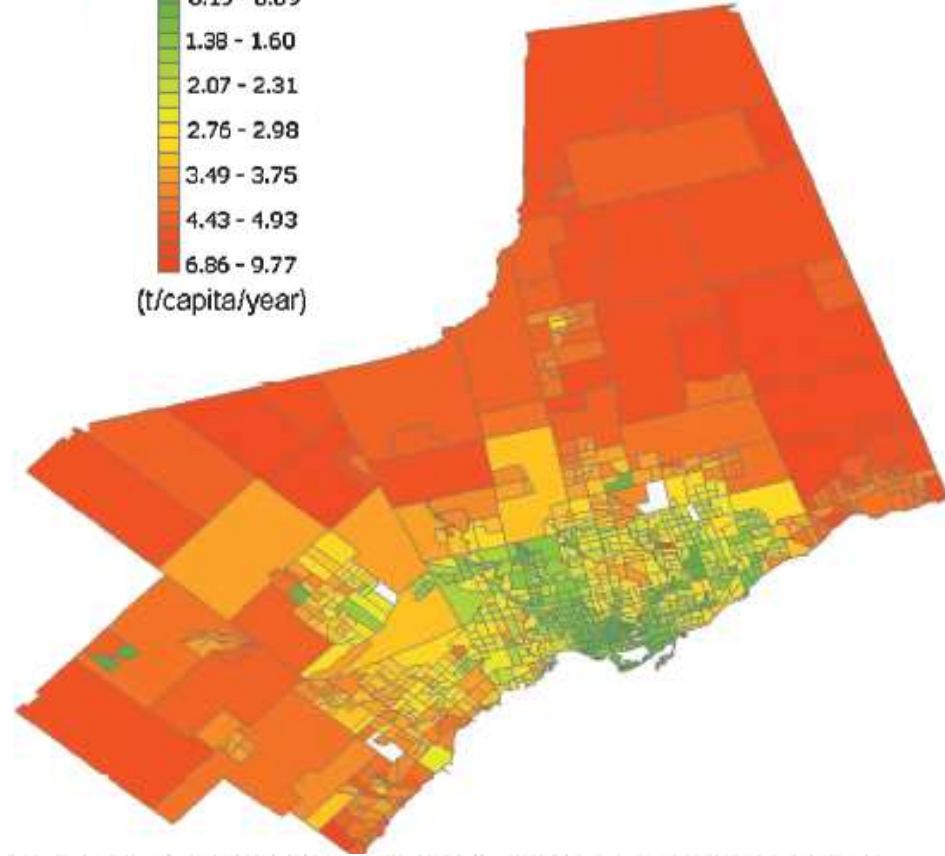
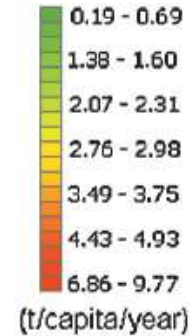
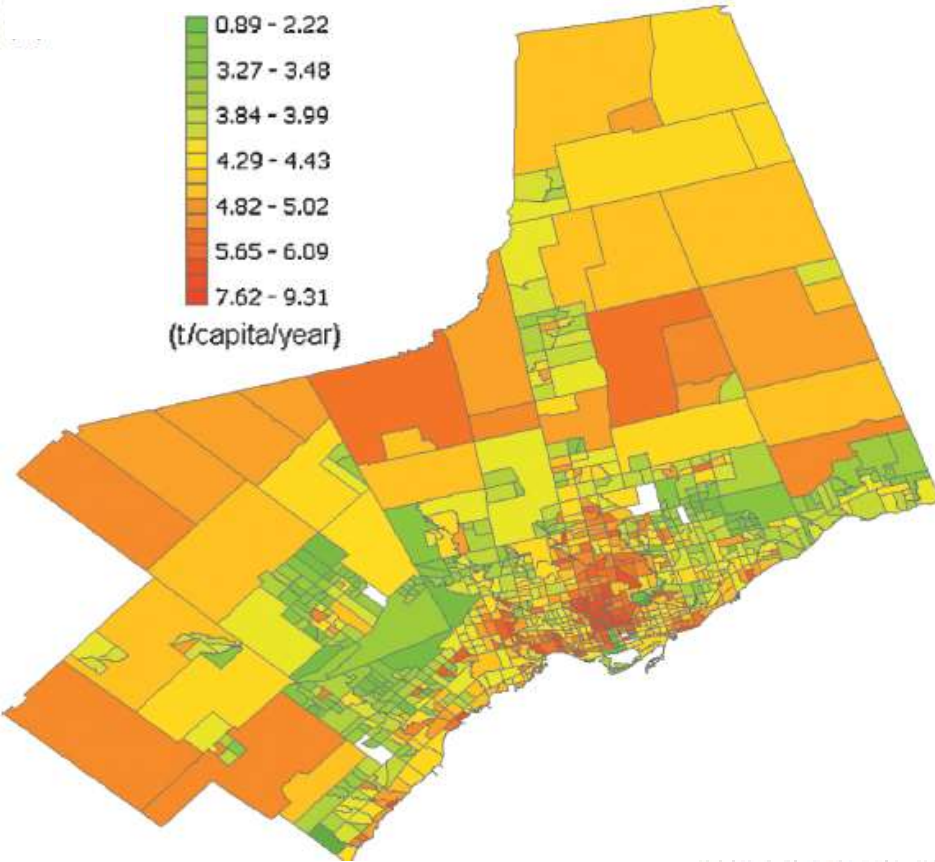
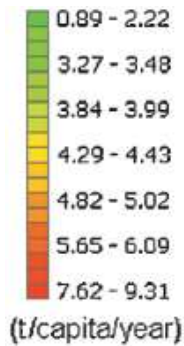
VandeWeghe and Kennedy, Spatial Analysis of Residential GHGs in Toronto Area



Secteur: résidentiel

Toronto, Canada

Secteur: transport



VandeWeghe and Kennedy, Spatial Analysis of Residential GHGs in Toronto Area

➤ **Les émissions par habitat peuvent différer largement dans différents quartier**



Variations temporelle des émissions



Variations temporelle des émissions

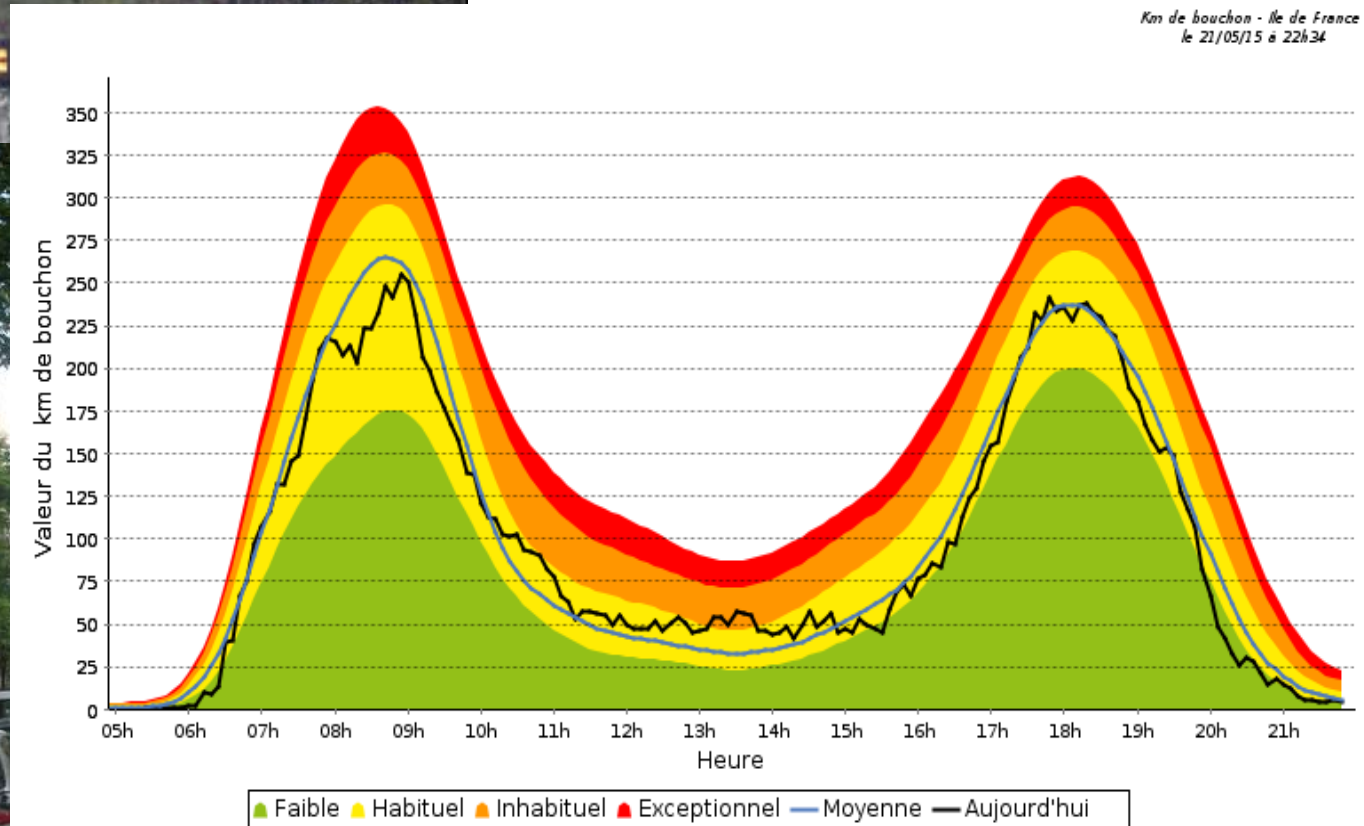
Paris...



.. encore Paris...



Variations temporelle des émissions



Variations temporelle des émissions

Paris...



... aussi Paris ...



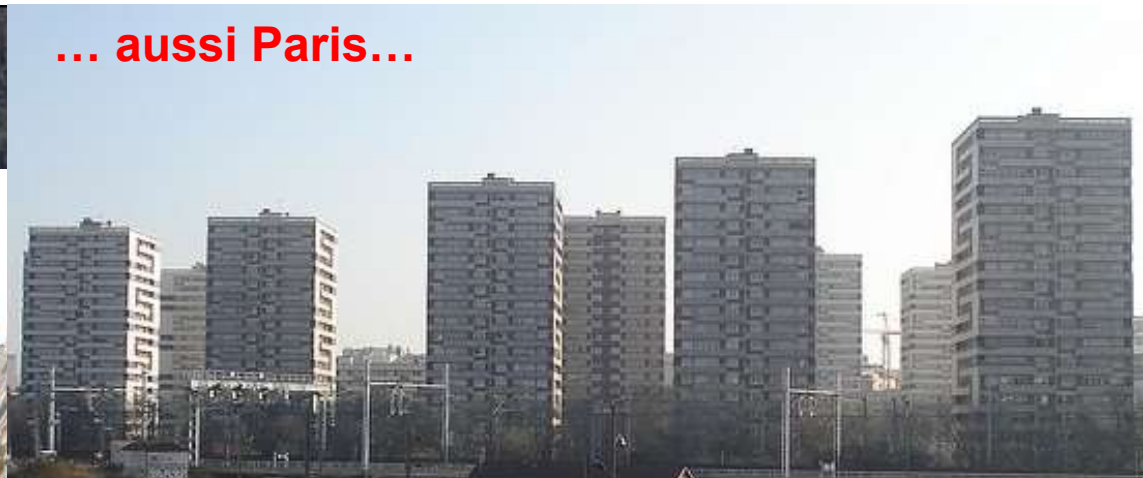
.. encore Paris...



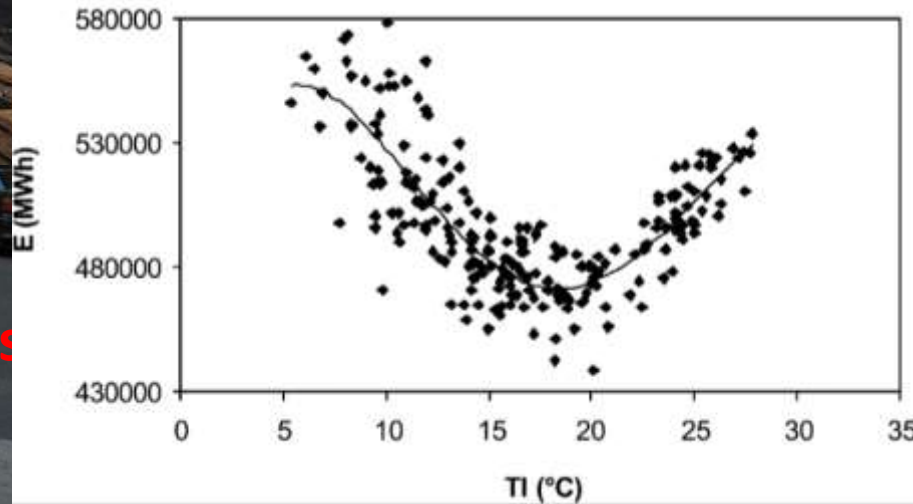
Variations temporelle des émissions



... aussi Paris...



Usage d'énergie en Europe du sud-ouest



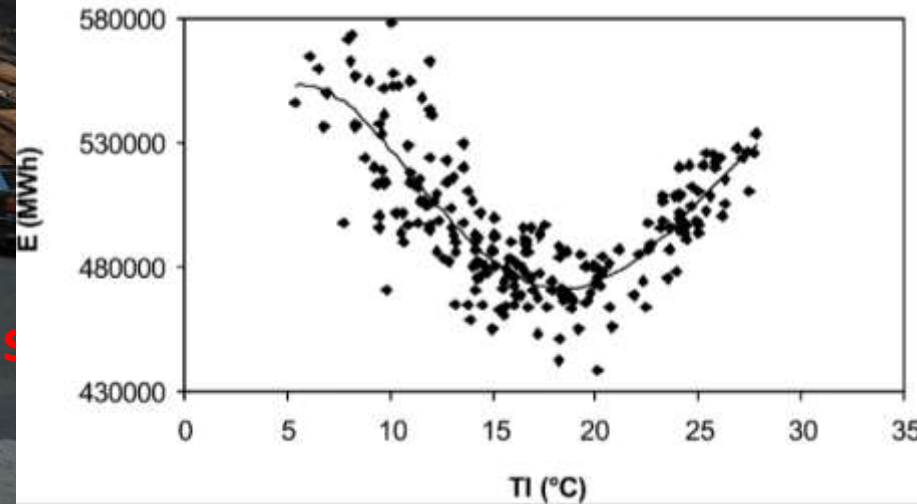
Variations temporelle des émissions

Paris...

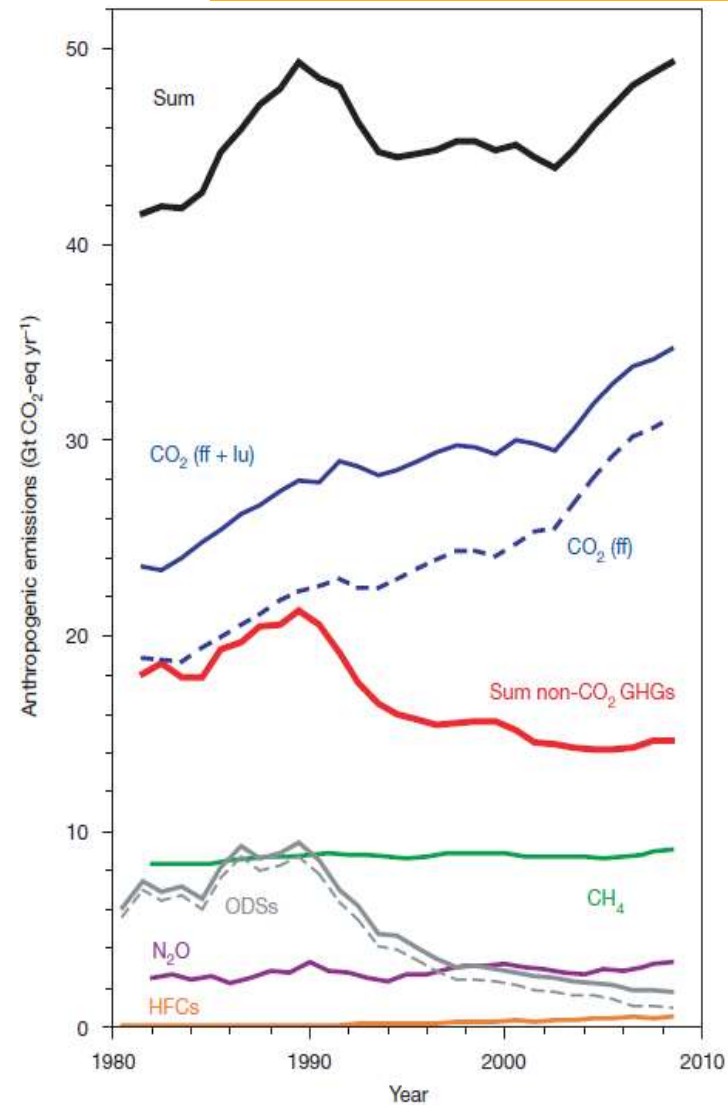
... aussi Paris...

- Fortes variations des émissions au cours de la journée
- Facteurs externe: quantifiables et/ou prévisible contre "chaotique"

.. encore Paris

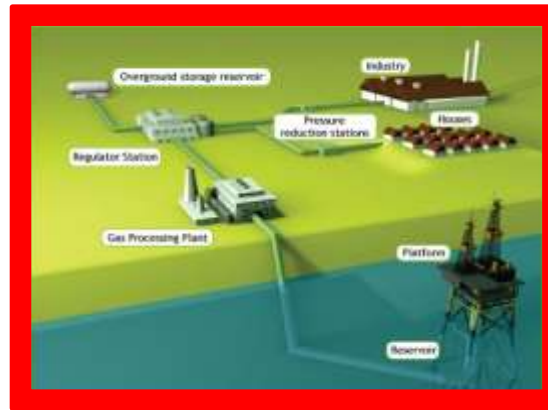
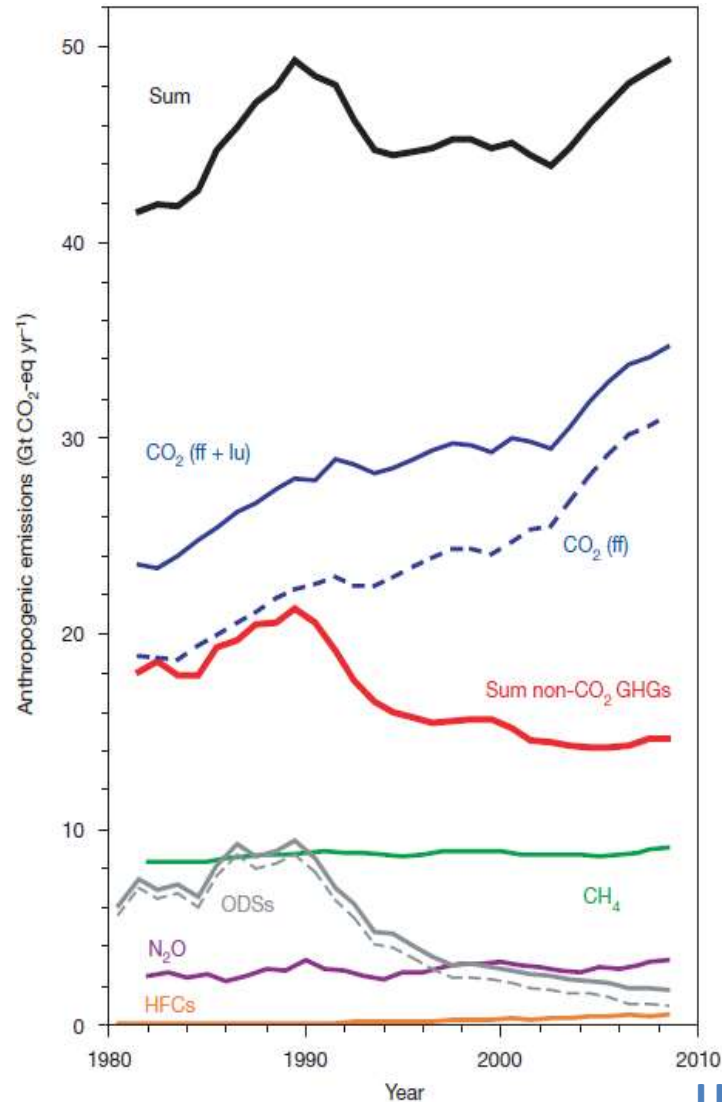


Source fugitives de GES - méthane



Source fugitives de GES - méthane

Émissions de CH₄ provenant de sources industrielles



Distribution de gaz naturelle



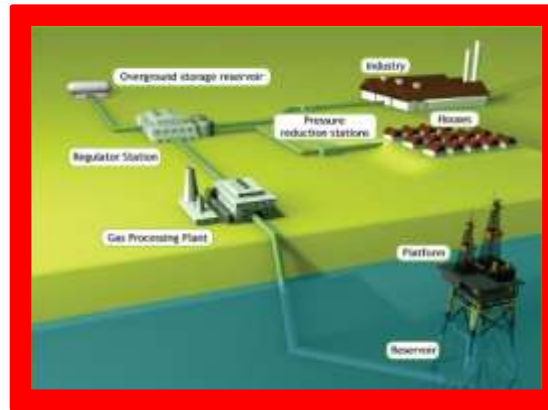
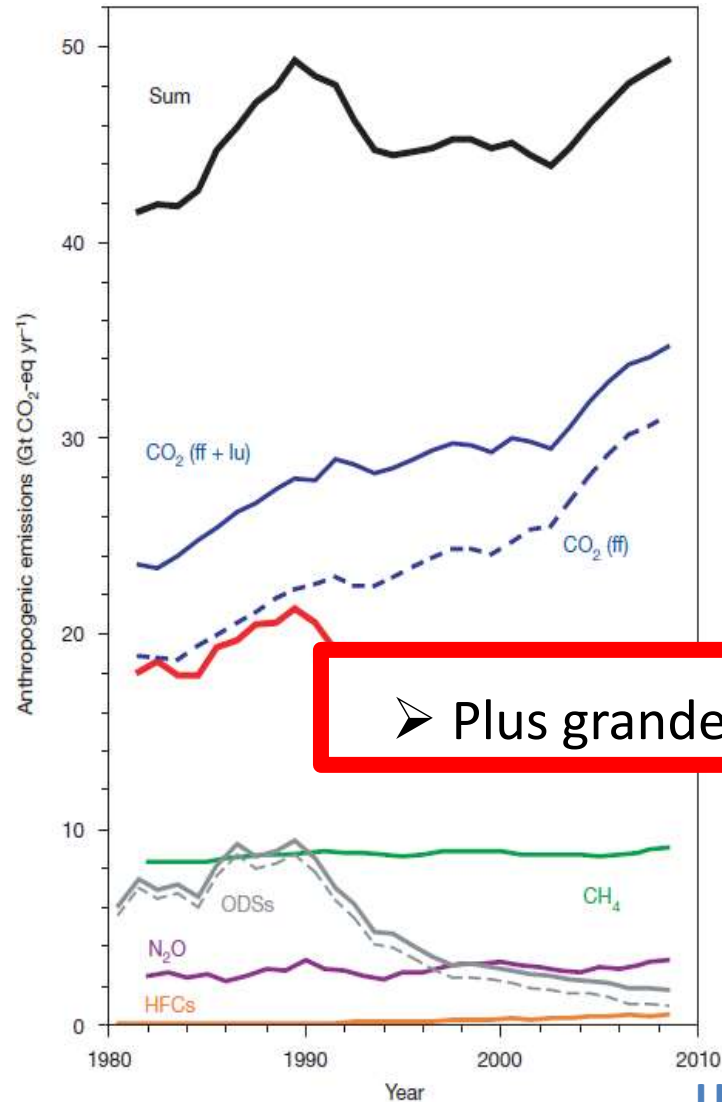
Extraction du pétrol et du gaz



Usine d'épuration des eaux usées



Émissions de CH₄ provenant de sources industrielles



Distribution de gaz naturelle



Extraction du pétrol et du gaz

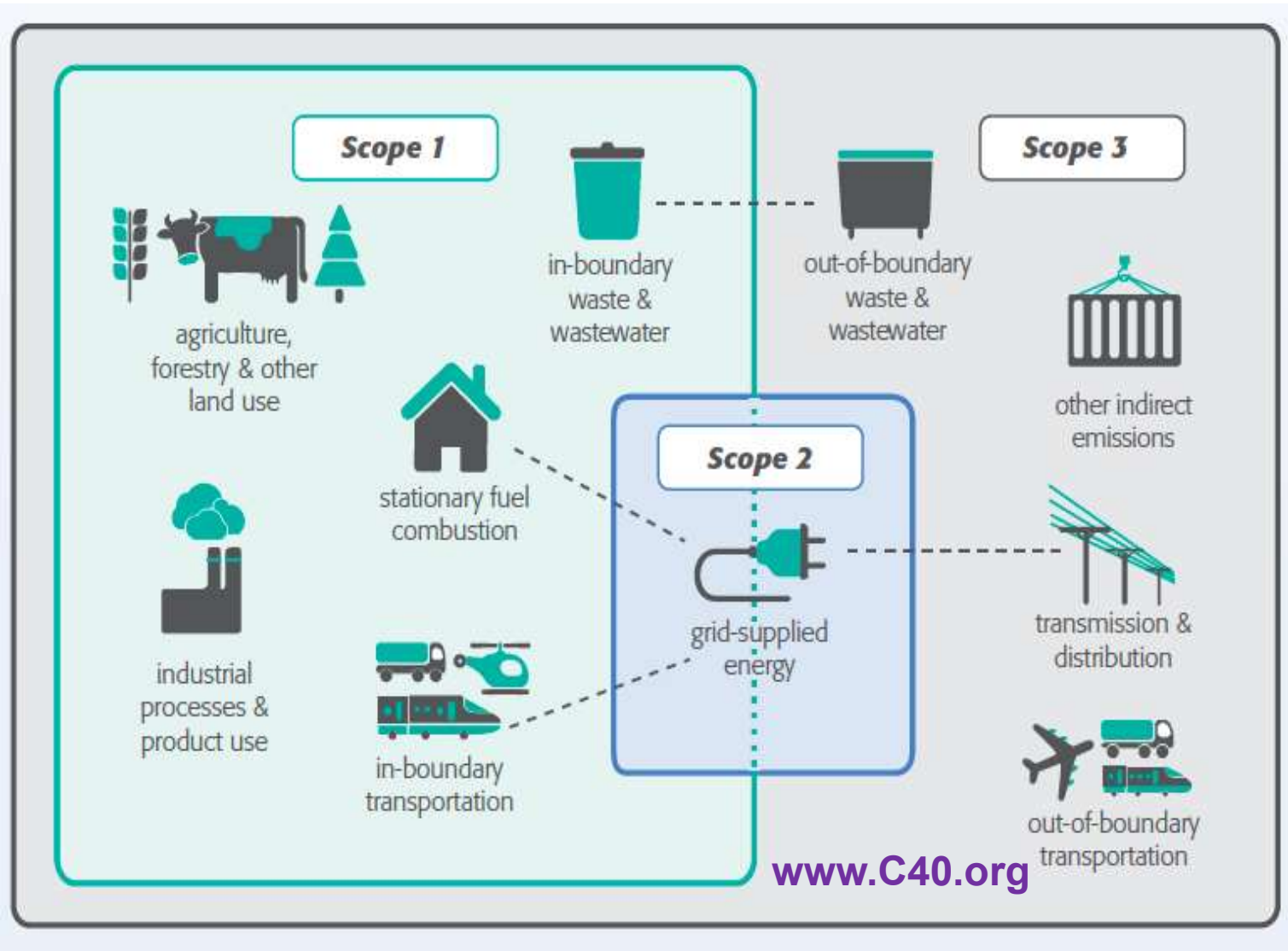
➤ Plus grande incertitude des émissions fugitives



Usine d'épuration des eaux usées



Definition des limites d'émissions urbaines

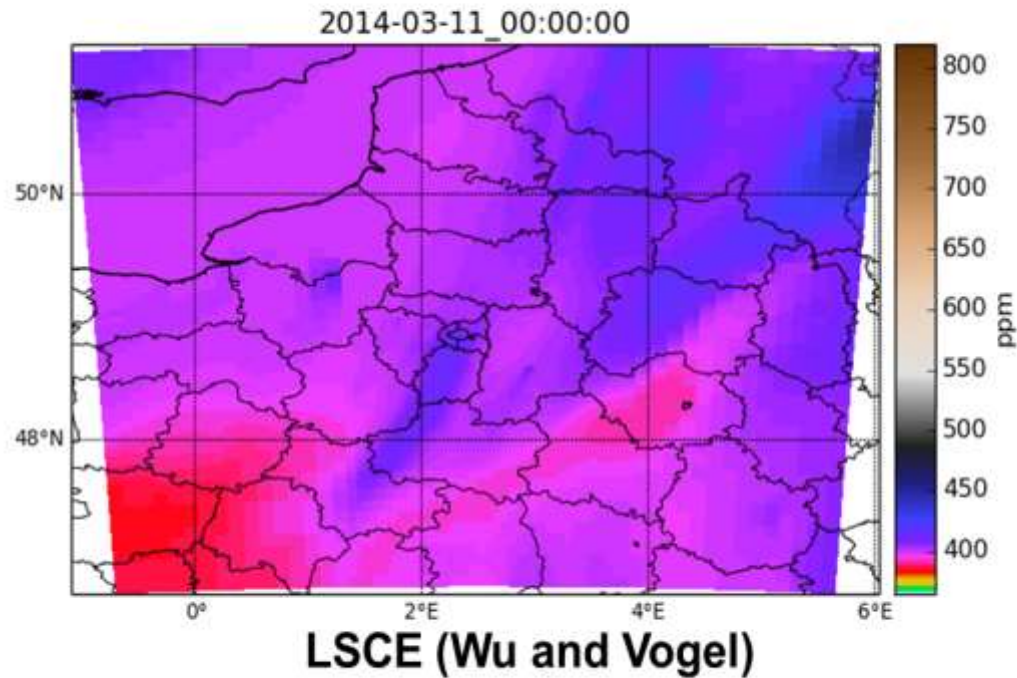
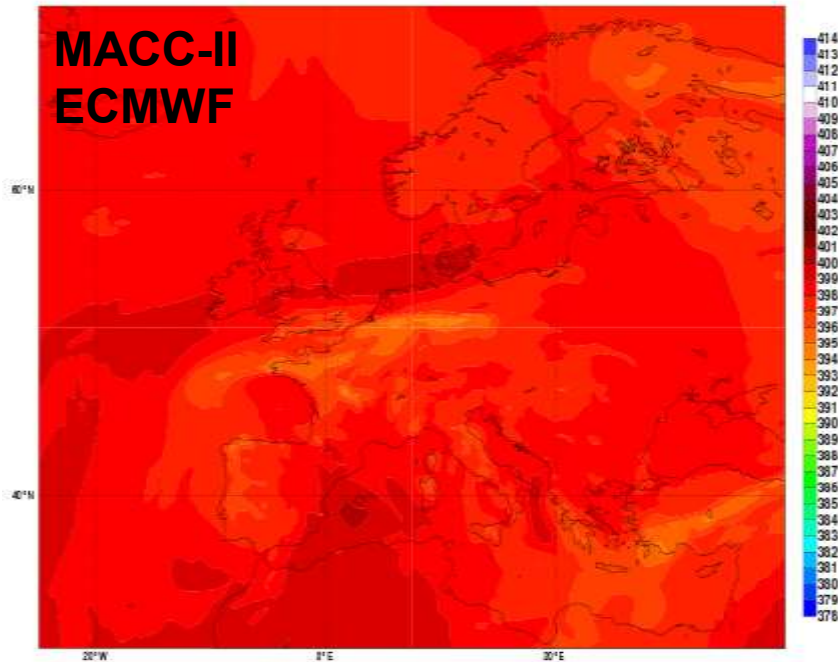


- Introduction
- Statistiques des émissions de GES
- **Observations des émissions de GES**
- L'avenir de GES dans les grandes zones urbaines



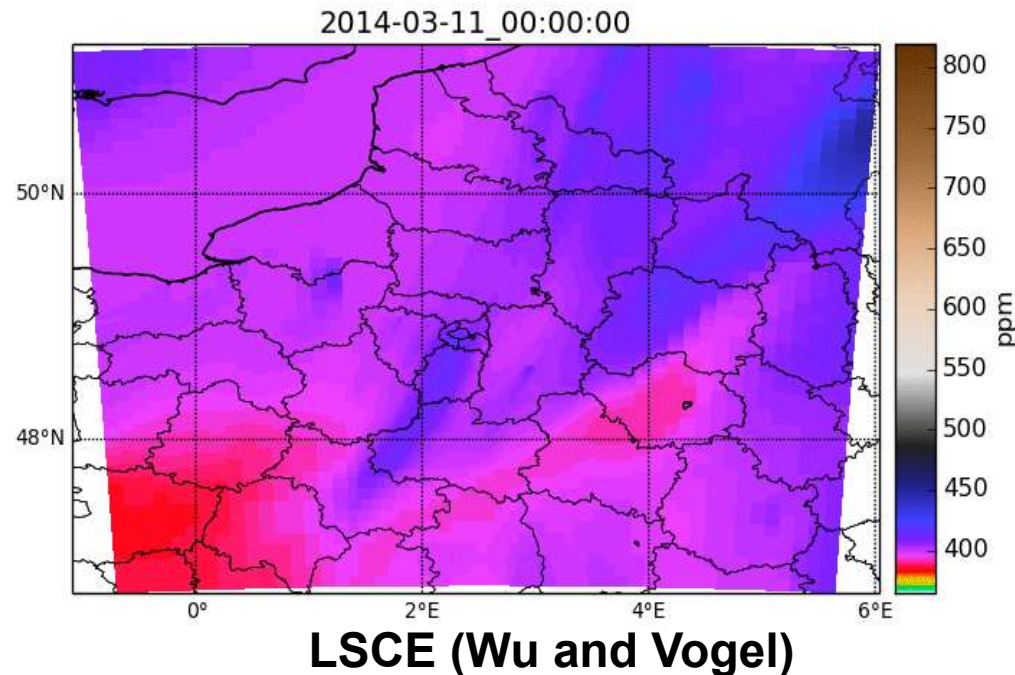
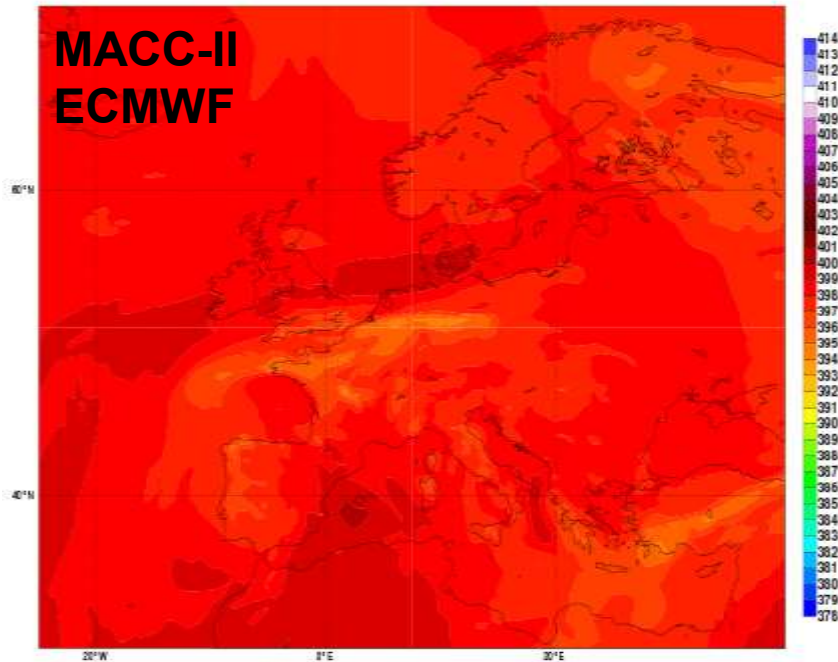
Emissions: impact sur le CO₂ dans l'atmosphère

Wednesday 15 April 2015 00UTC MACC-II Forecast t+018 VT: Wednesday 15 April 2015 18UTC
Mean column CO2 dry molar fraction [ppm]



Emissions: impact sur le CO₂ dans l'atmosphère

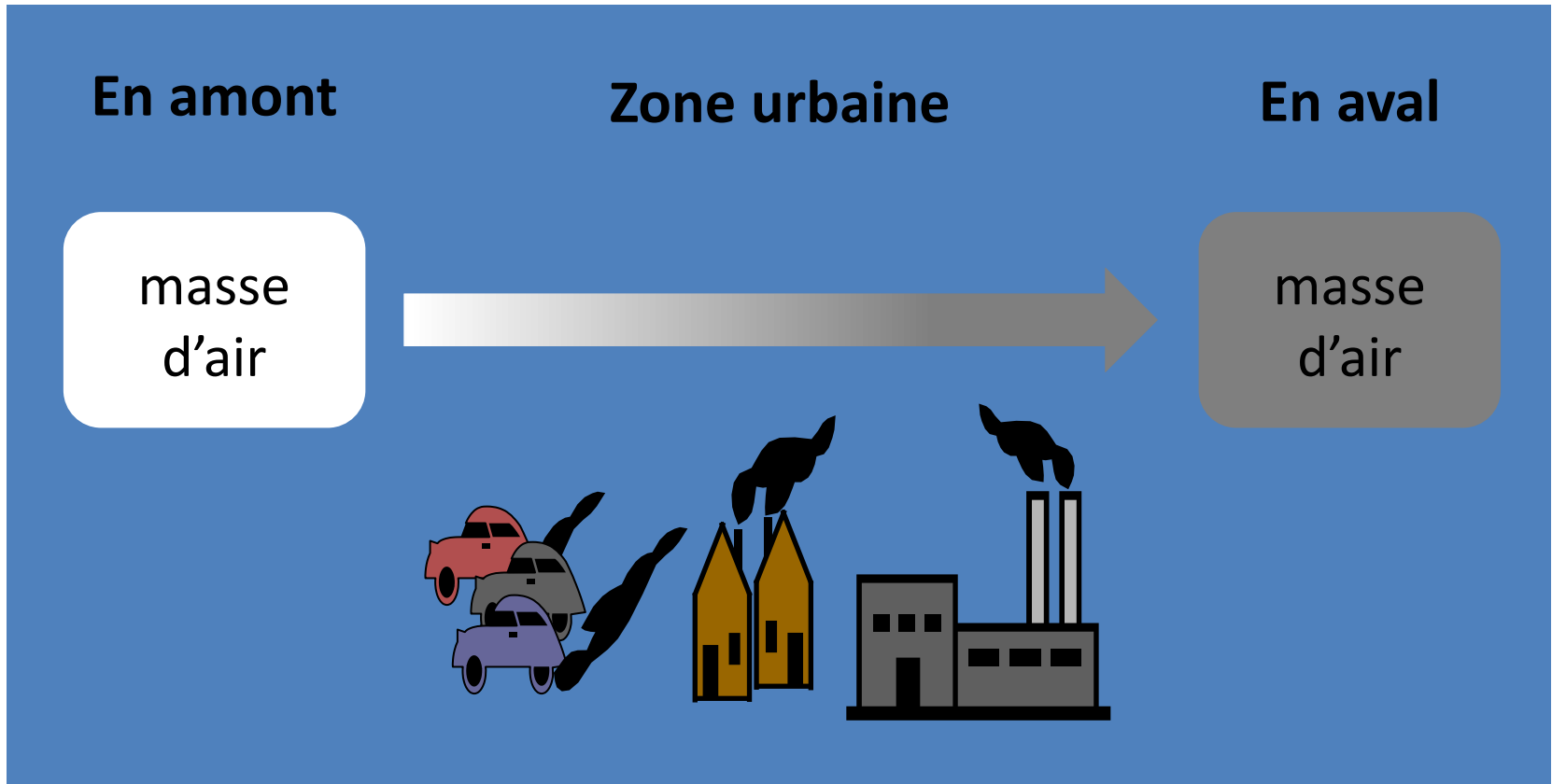
Wednesday 15 April 2015 00UTC MACC-III Forecast t+018 VT: Wednesday 15 April 2015 18UTC
Mean column CO2 dry molar fraction [ppm]



- impact visible dans l'atmosphère - plus visible à l'échelle locale
- facteurs dominants: émissions et météorologie



Observation atmosphérique des émissions dans les villes





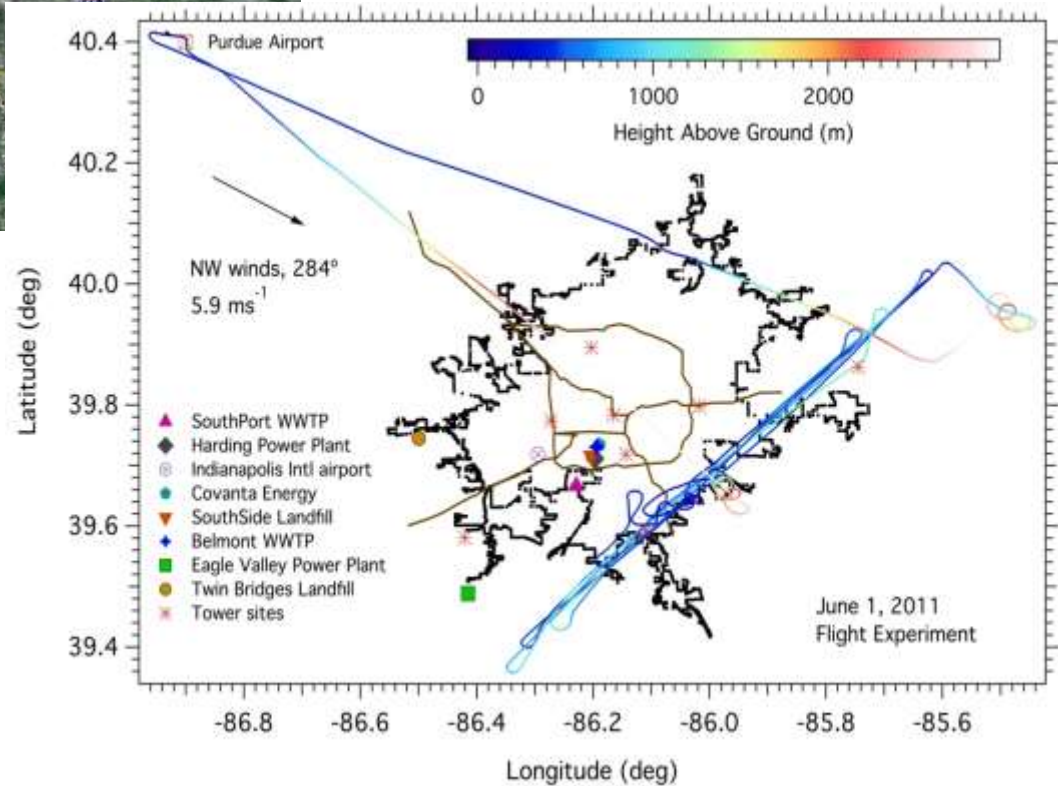
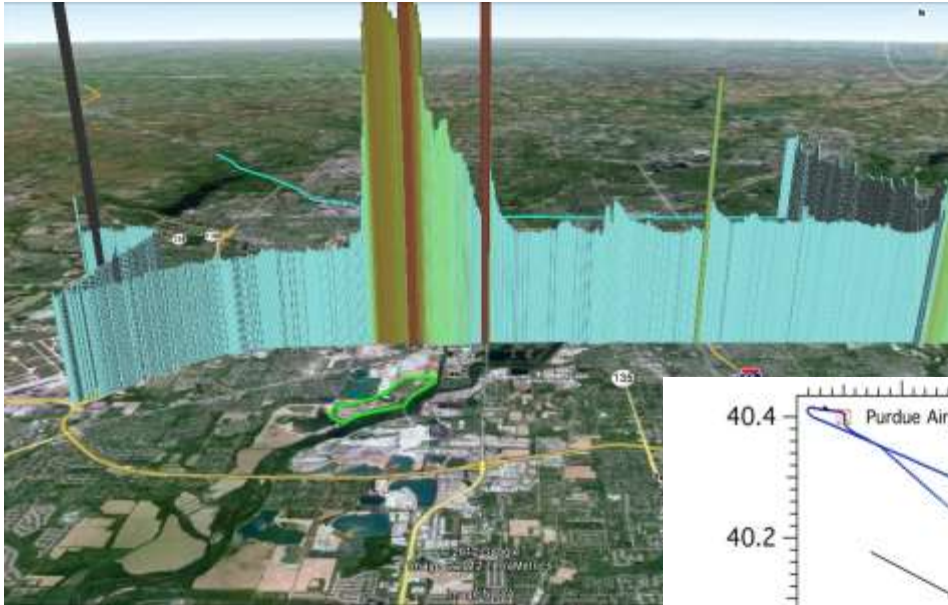
Colonne total – aéroporté – au sol/tour – campagnes mobiles – tour de flux



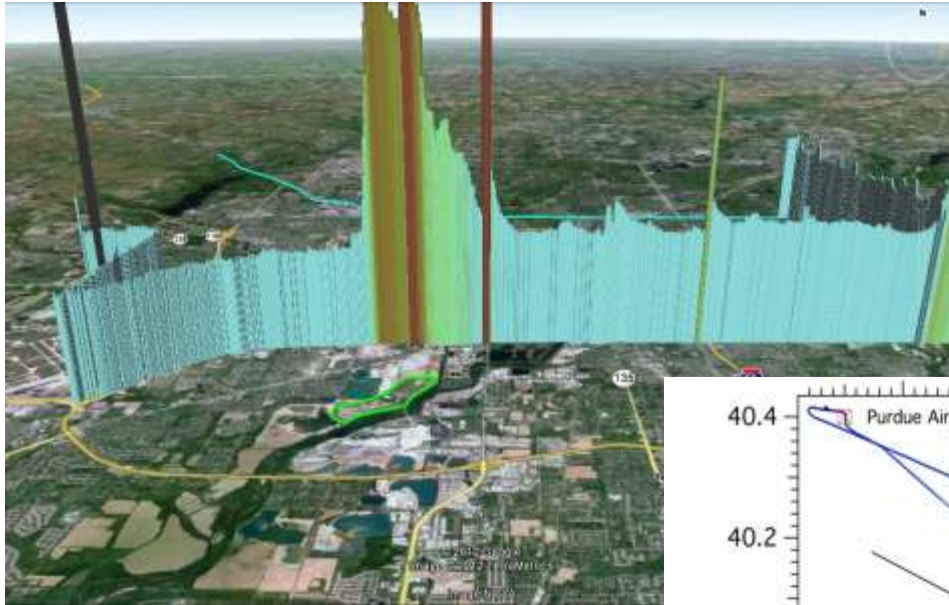
Observation de GES (aéroporté)

Indianapolis, E.-U.

Cambaliza et al. 2011/2015

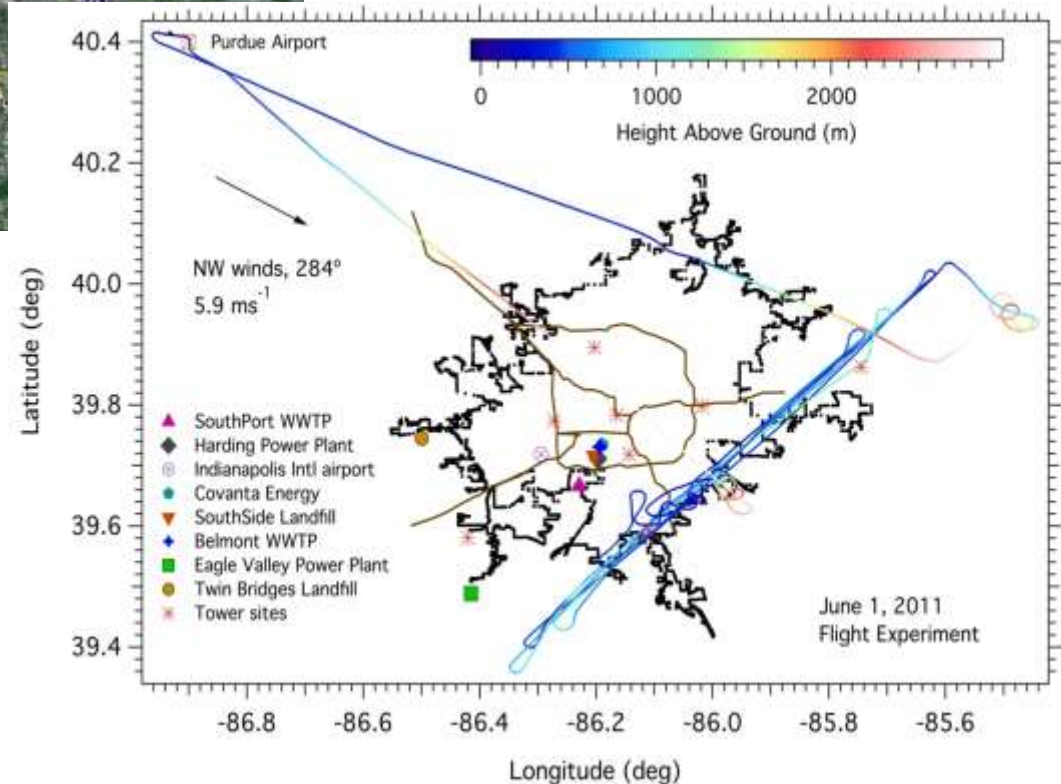


Observation de GES (aéroporté)



Indianapolis, E.-U.

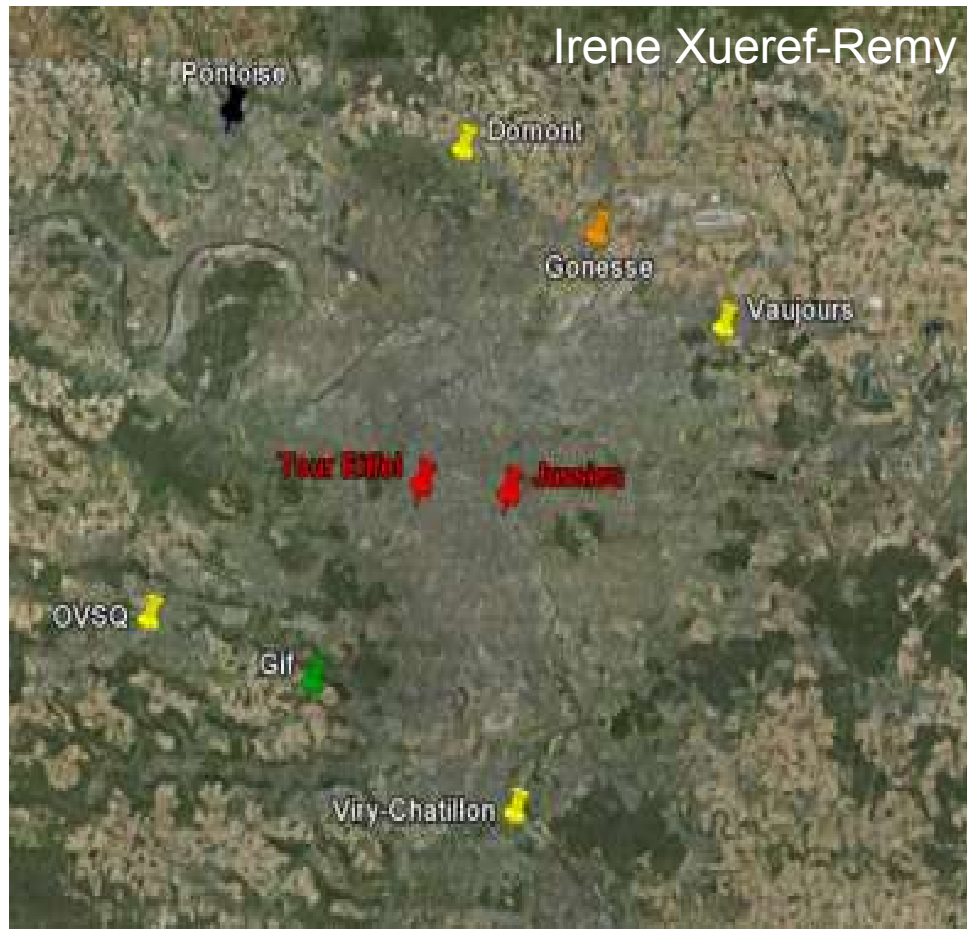
Cambaliza et al. 2011/2015



- Coûteux et permits
- Bonne couverture spatial
- Differentes hauteurs
- Campagnes courtes



Observation atmosphérique des émissions de Paris



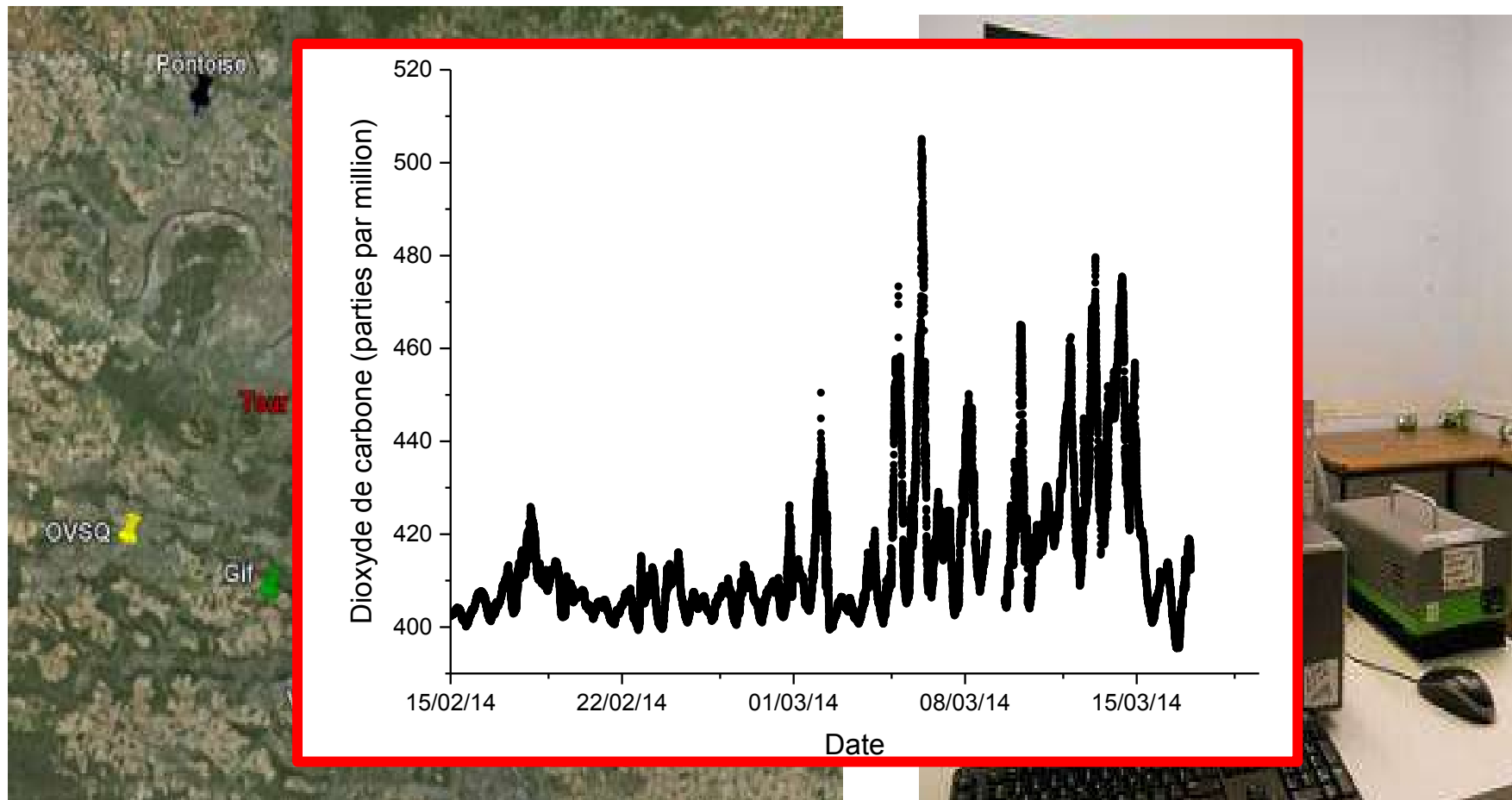
Réseau de surveillance de concentration



Spectromètre laser infrarouge



Observation atmosphérique des émissions de Paris



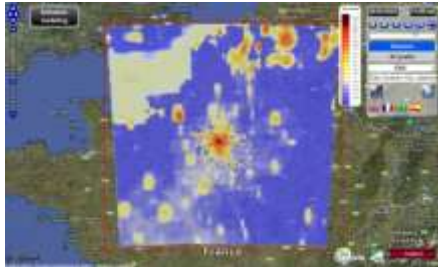
Réseau de surveillance de concentration

Spectromètre laser infrarouge



Fusion de données statistiques et observations

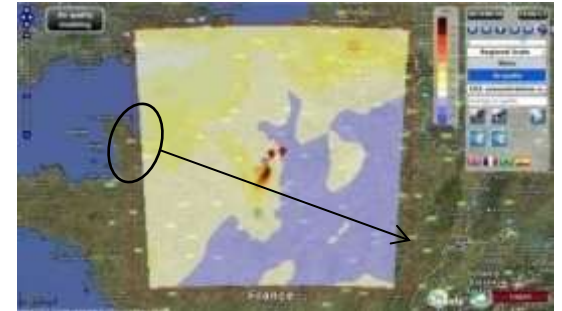
Statistique des émissions



Modèle de transport
atmosphérique et
réactions chimiques

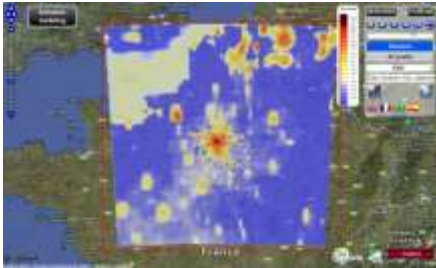


Cartographie des concentrations



Fusion de données statistiques et observations

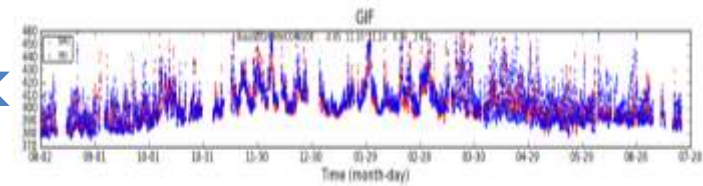
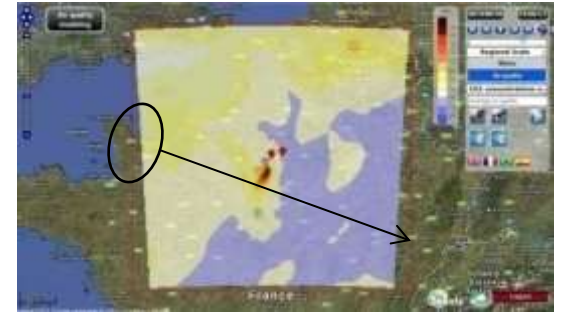
Statistique des émissions



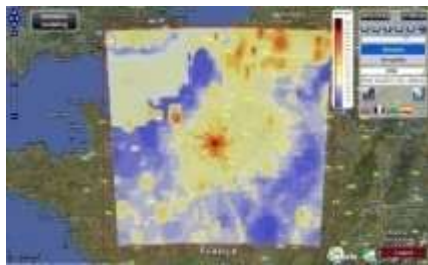
Modèle de transport
atmosphérique et
réactions chimiques



Cartographie des concentrations



Modélisation
inverses



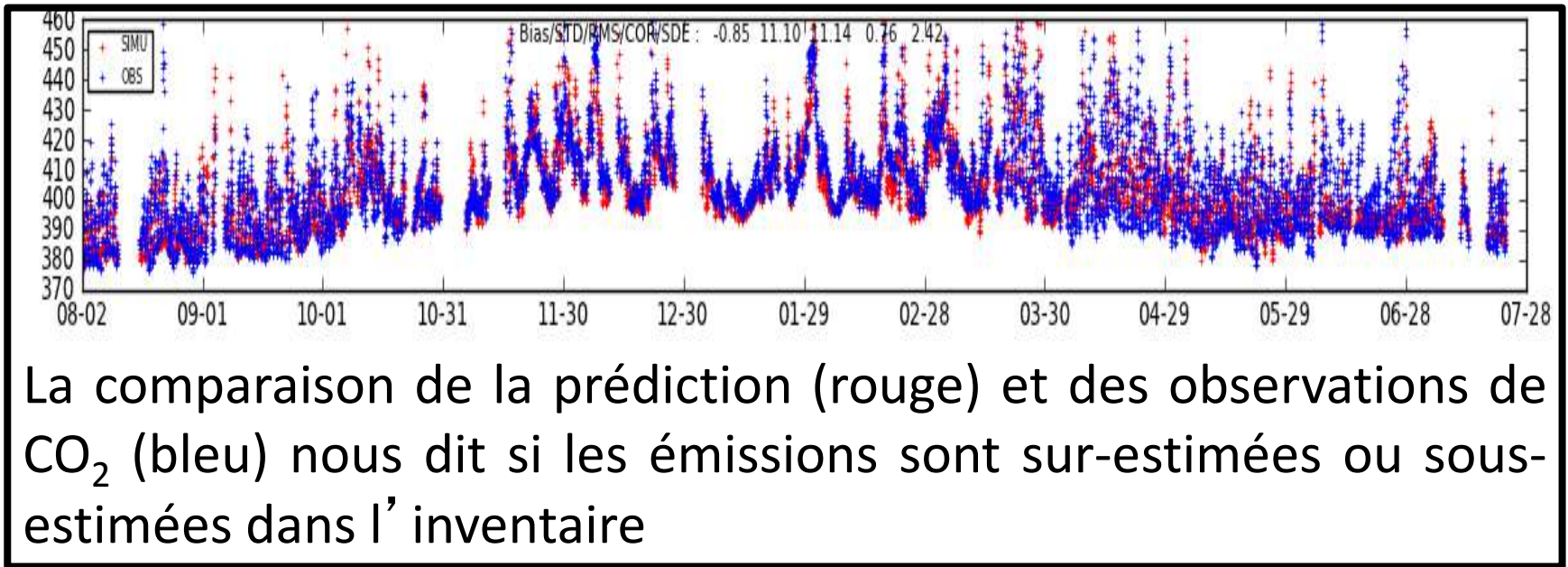
Emissions optimisées

Probabilistic calcul

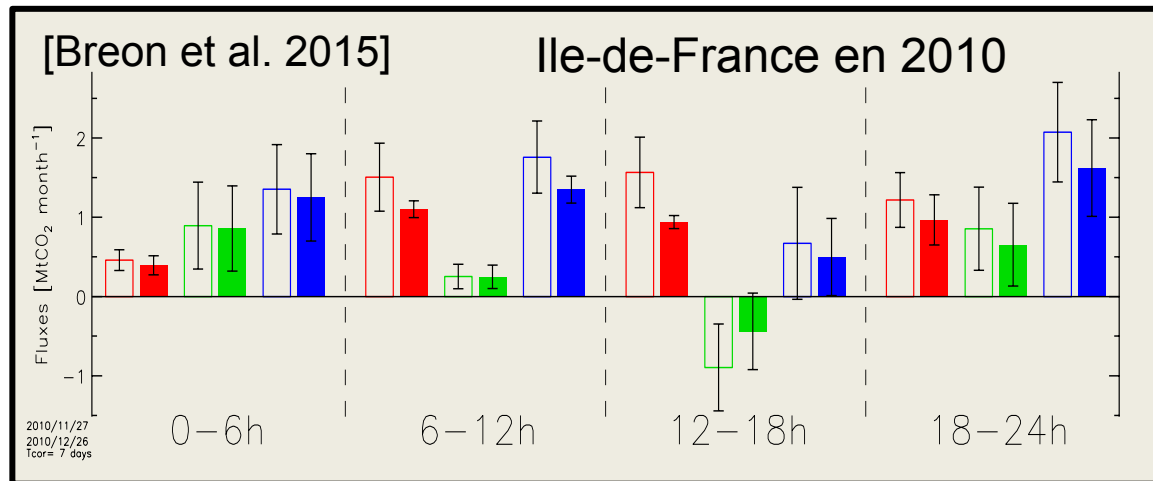
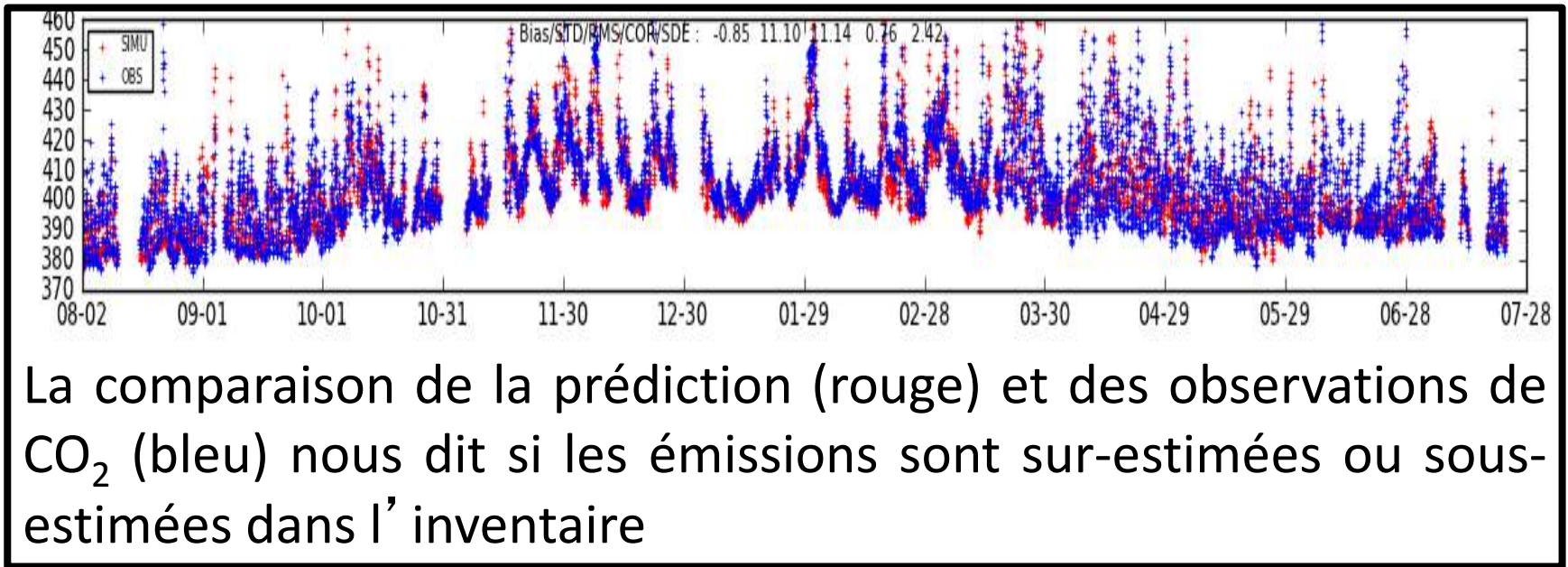
Comparaison des concentrations me
surées et modélisées



Fusion de données statistiques et observations



Fusion de données statistiques et observations





Colonne total – aéroporté – au sol/tour – campagnes mobiles – tour de flux





BONUS: répartition des sources

Colonne total – aéroporté – au sol/tour – campagnes mobiles – tour de flux





<http://www.toronto.ca/environment/>

LIVEGREEN TORONTO AWARDS

WASTE WIZARD

Change is in the Air

TORONTO'S GREENHOUSE GAS AND SMOG EMISSION REDUCTION TARGETS

TORONTO'S REDUCTION TARGETS FOR GREENHOUSE GAS EMISSIONS, FROM THE 1990 LEVELS OF APPROXIMATELY 22 MILLION TONNES PER YEAR FOR THE TORONTO URBAN AREA, ARE:

- 6% BY 2012 (THE "KYOTO TARGET")
- 30% BY 2020
- 80% BY 2050

THE REDUCTION TARGET FOR LOCALLY GENERATED SMOG CAUSING POLLUTANTS IS 20%, FROM 2004 LEVELS, BY 2012 FOR THE TORONTO URBAN AREA.



- >100 Million \$ - renovations de maisons et chauffage (2007)
- 800 Million \$ - nouvelle bus transport en commun - hybride (2005-2009)
- Expansion des pistes cyclable 300km -> 1000km (2012)
- Fermeture des centrales a charbon



Observation de GES – BONUS: isotopes du carbone

fond + combustible fossile + biologique = total



gaz naturel



gazole



charbon



Observation de GES – BONUS: isotopes du carbone

fond + combustible fossile + biologique = total



gaz naturel

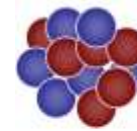


gazole



charbon

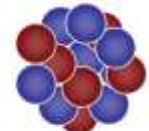
Carbon-13



carbon-12
98.9%
6 protons
6 neutrons



carbon-13
1.1%
6 protons
7 neutrons



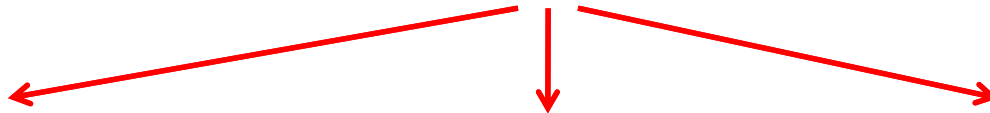
carbon-14
<0.1%
6 protons
8 neutrons

$$\delta^{13}C_{sample} = \left(\frac{R_{sample}}{R_{std}} - 1 \right) \cdot 1000\text{‰}$$



Observation de GES – BONUS: isotopes du carbone

fond + combustible fossile + biologique = total



gaz naturel



gazole



charbon

Carbon-13

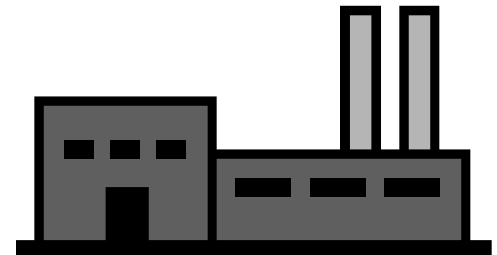
-44‰ to -48‰



-27‰ to -29‰



-22‰ to -25‰





La pollution en France vient-elle d'Allemagne ?

Le Monde.fr | 18.03.2014 à 11h14 • Mis à jour le 20.03.2014 à 09h19 |



J.L.Bonne



Le Monde

La pollution en France vient-elle d'Allemagne ?

Le Monde.fr | 18.03.2014 à 11h14 • Mis à jour le 20.03.2014 à 09h19 |

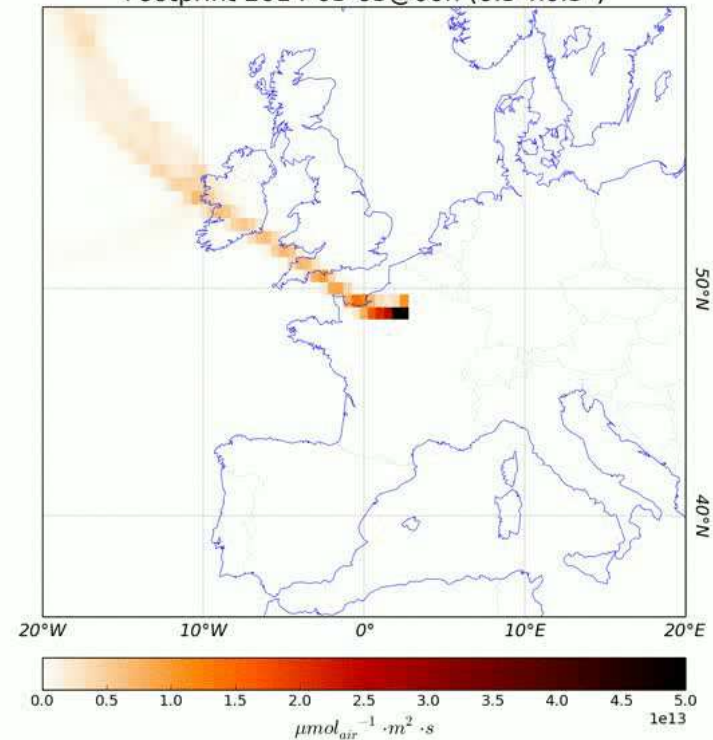
Par Audrey Garric (@auregarric)

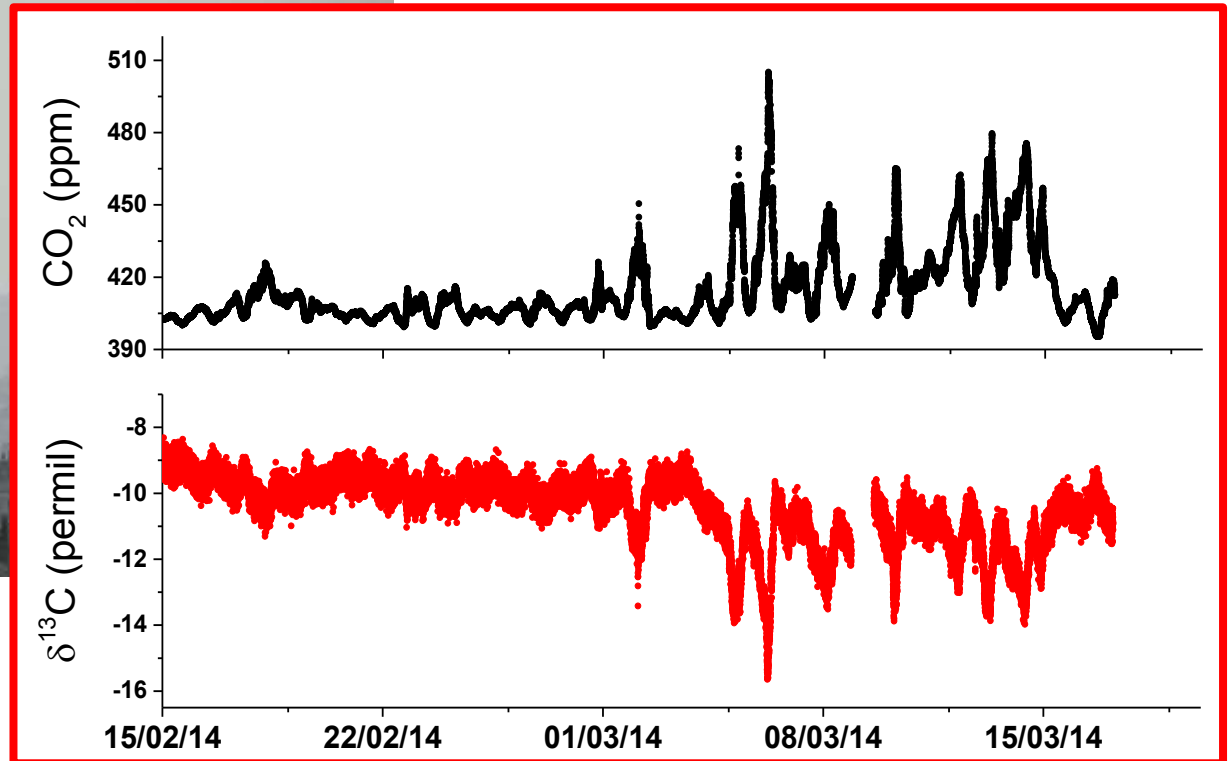


Le nuage de pollution à Paris, jeudi 13 mars. | AP/Christophe Ena

C'est une petite musique qui commence à se faire entendre çà et là : l'épisode de pollution aux particules fines que connaît la France ne devrait pas grand-chose aux automobilistes hexagonaux, mais serait avant tout dû à... l'Allemagne

Footprint 2014-03-05@00h (0.5°x0.5°)

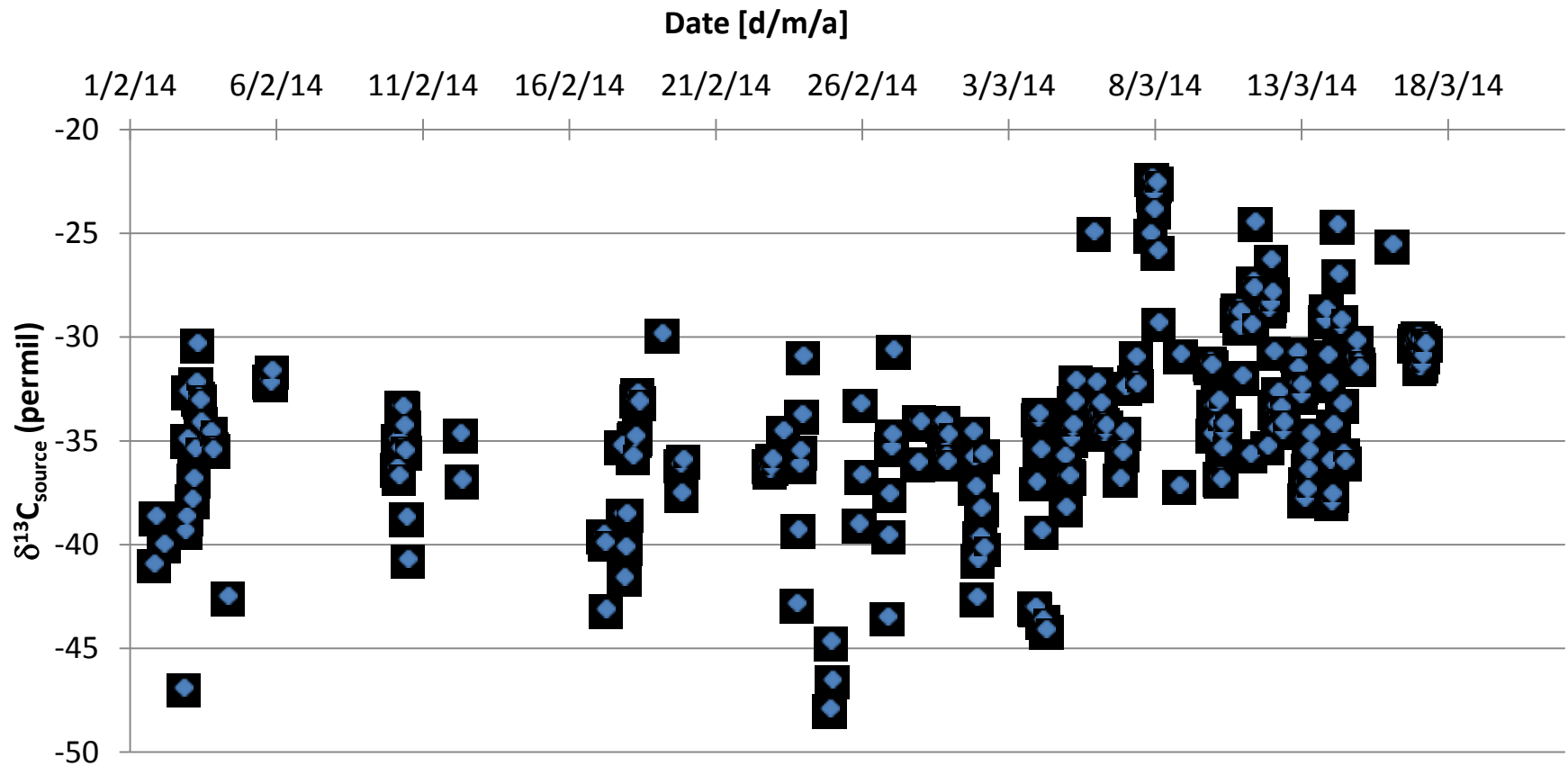




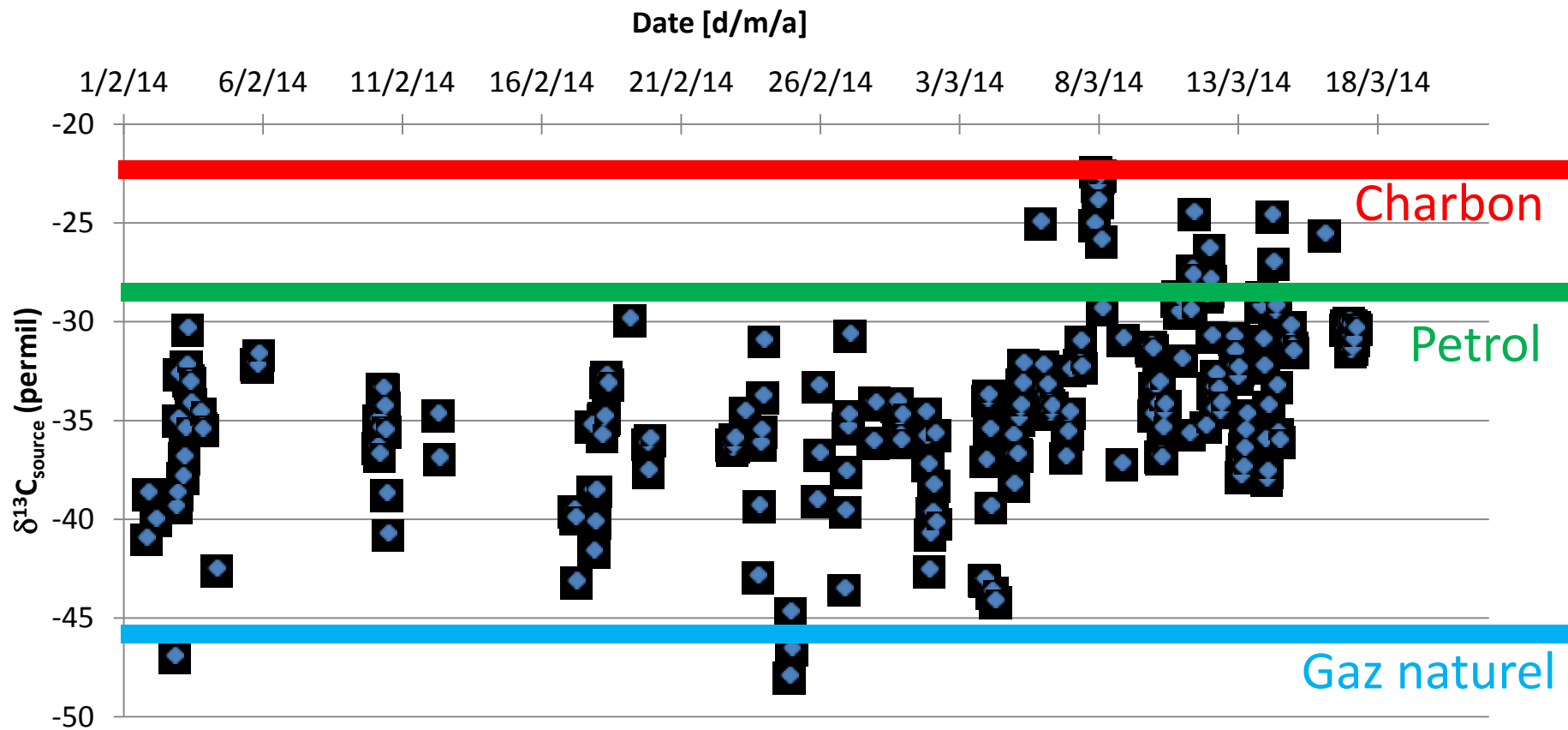
- Signaux forts et clairs pour CO₂ et $\delta^{13}\text{C}$
- Bonne anticorrelation des données



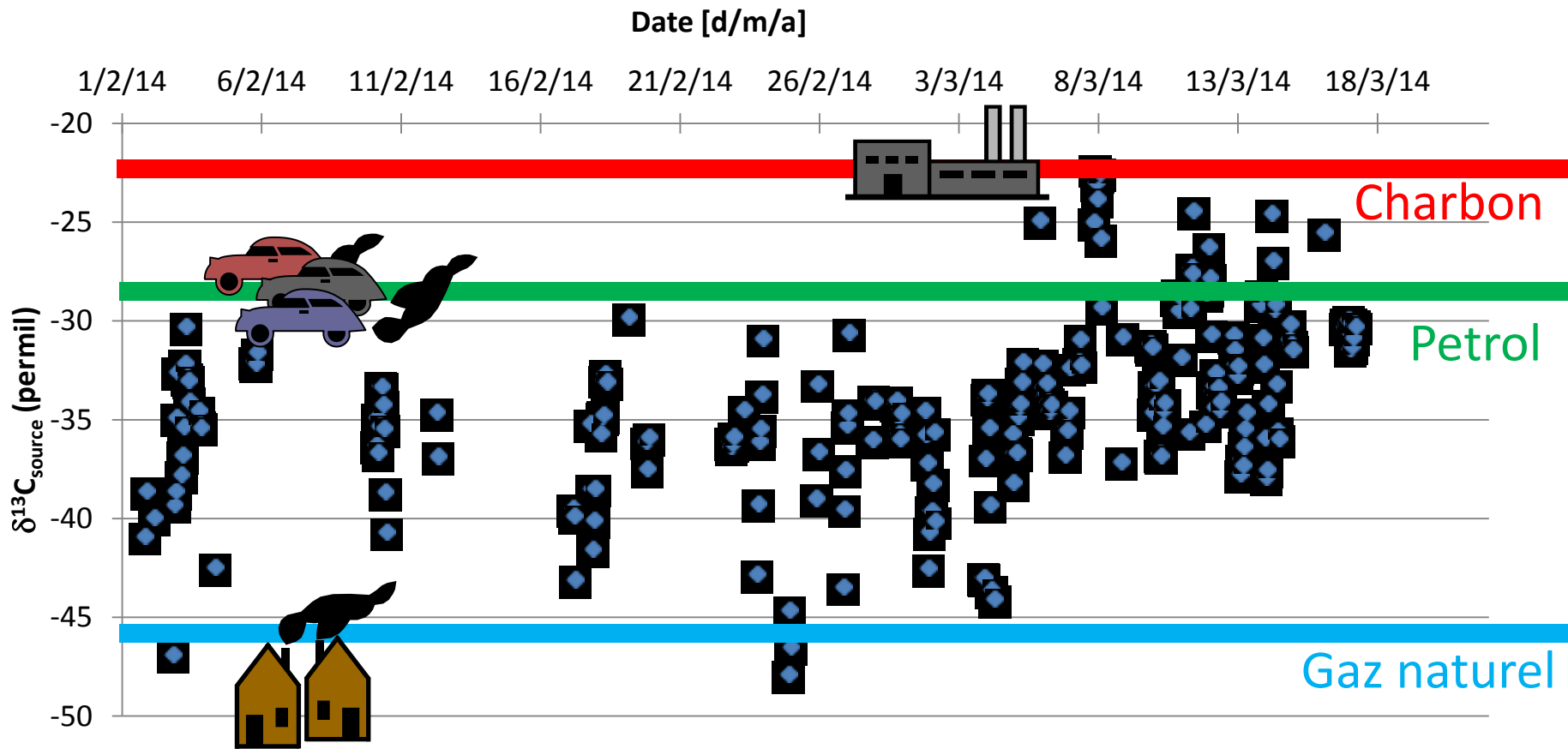
Contribution des sources



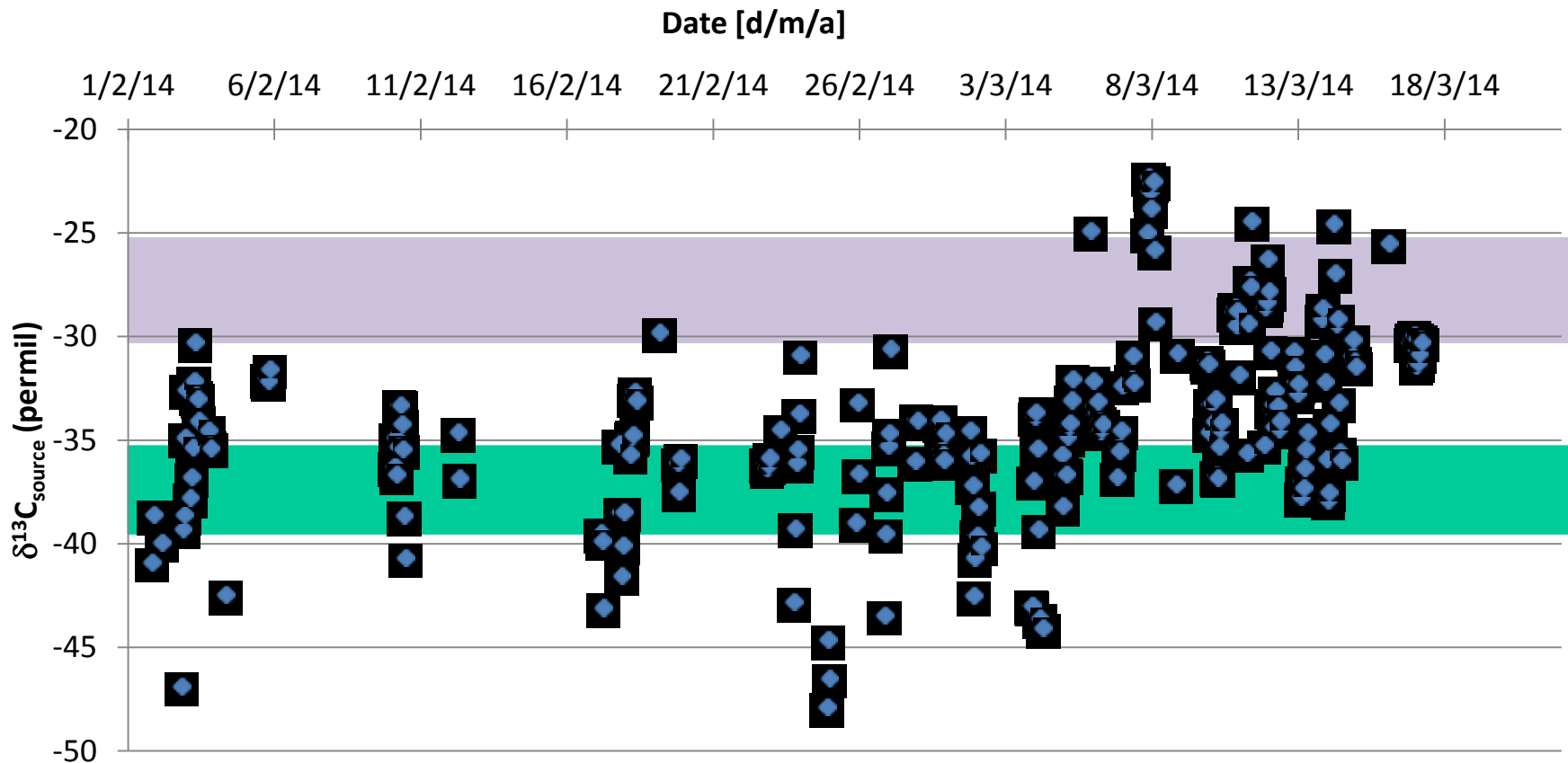
Contribution des sources



Contribution des sources



Contribution des sources



Signature moyenne d'Allemagne (sud-ouest): (Kaul, 2007): -26‰ to -31‰

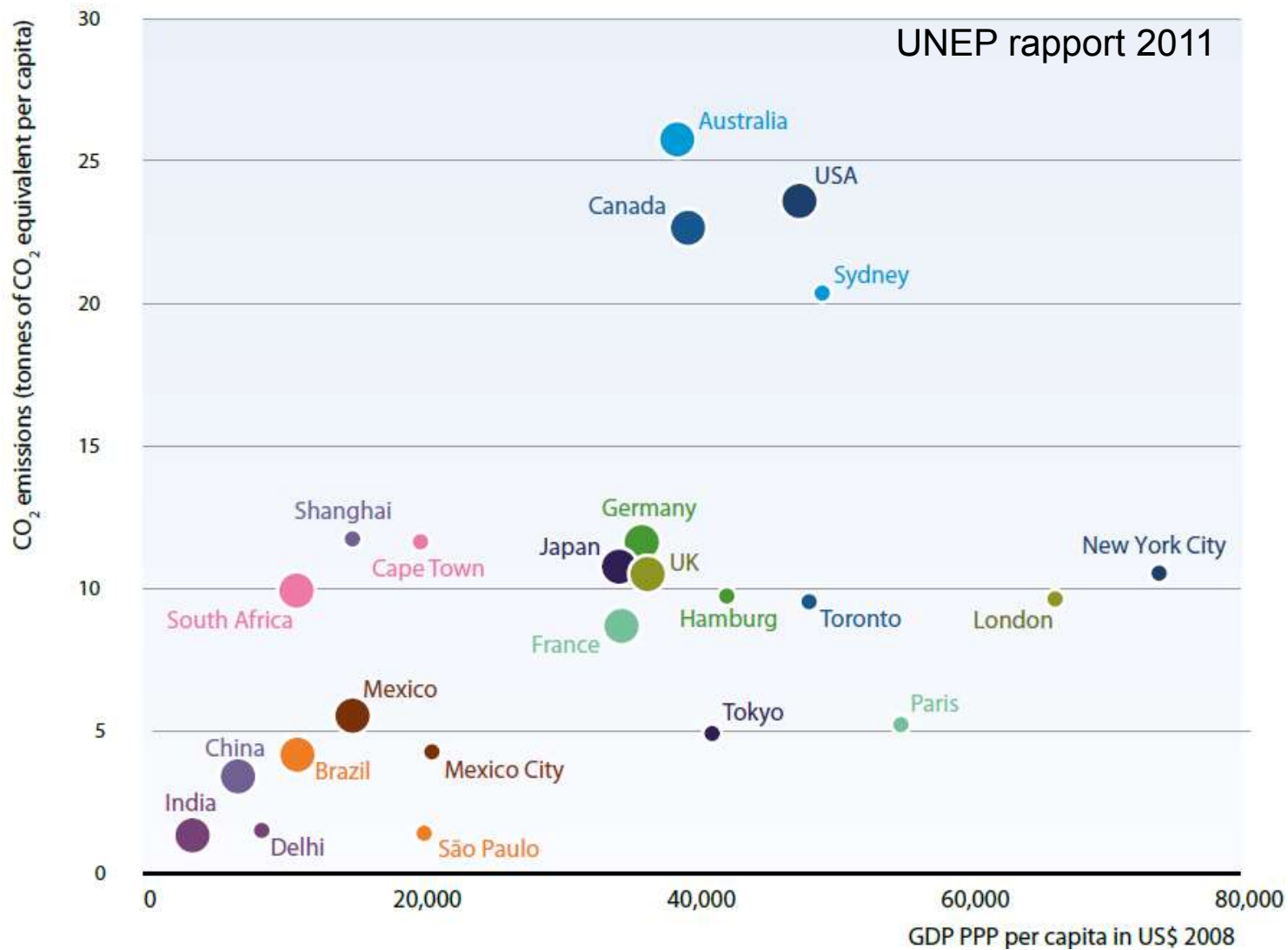
Signature de Paris en hiver 2010 (Lopez et al. 2013): -36‰ to -39‰



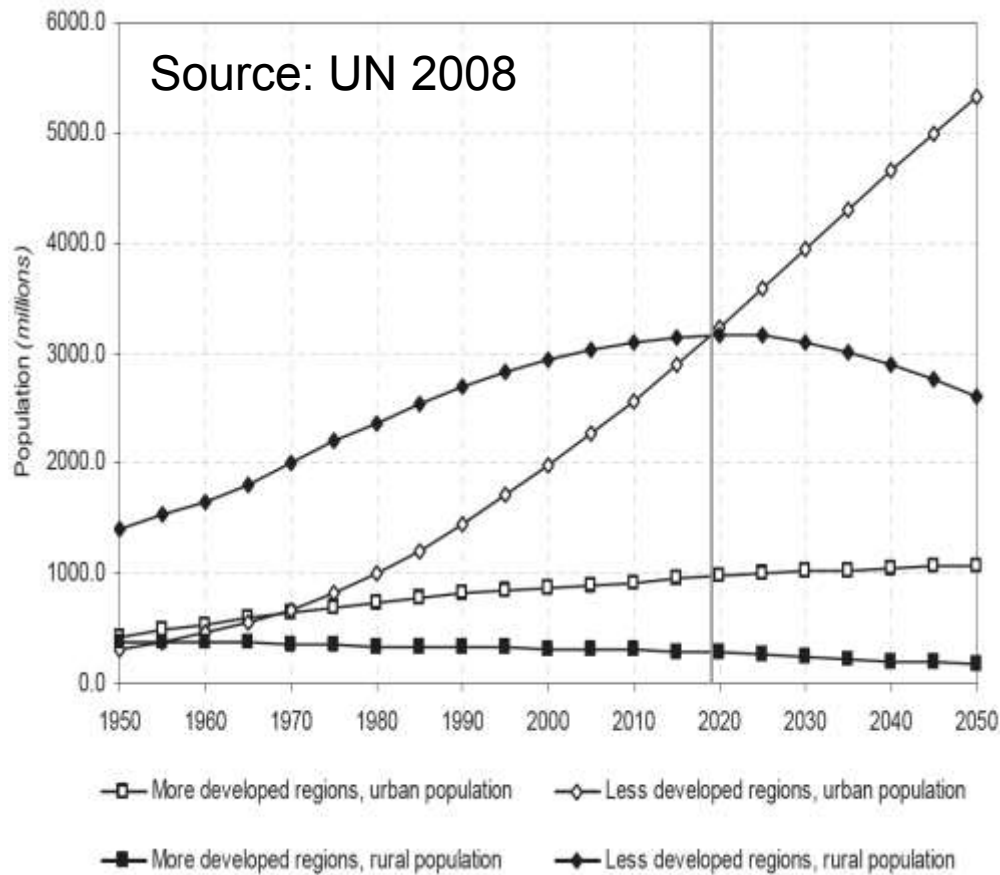
- Introduction
- Statistiques des émissions de GES
- Observations des émissions de GES
- **L'avenir de GES dans les grandes zones urbaines**



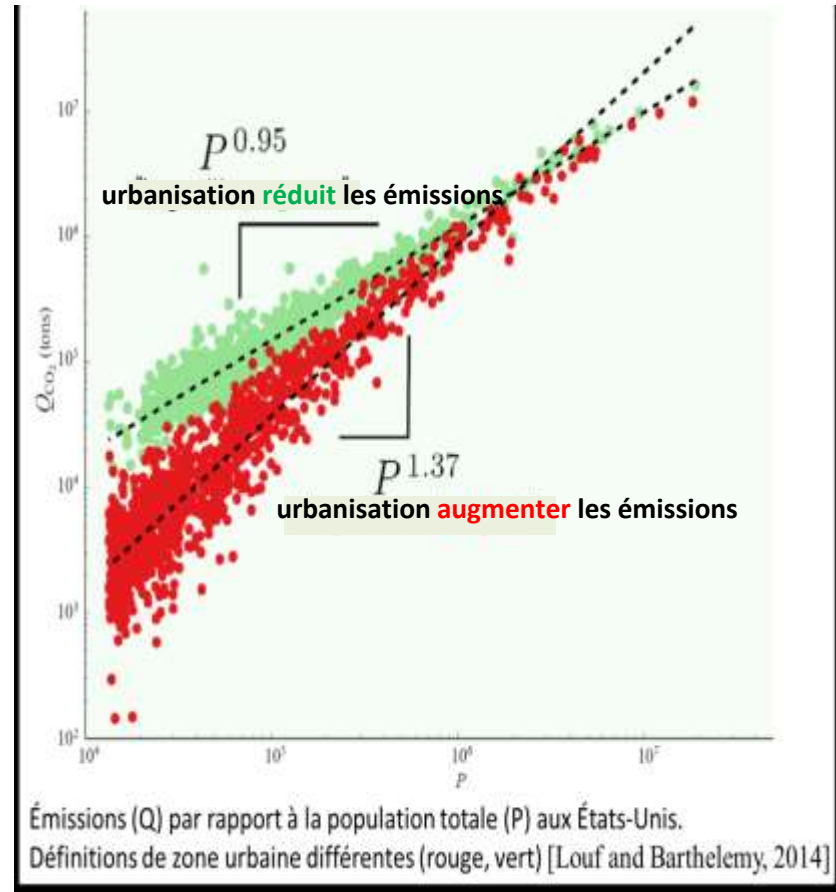
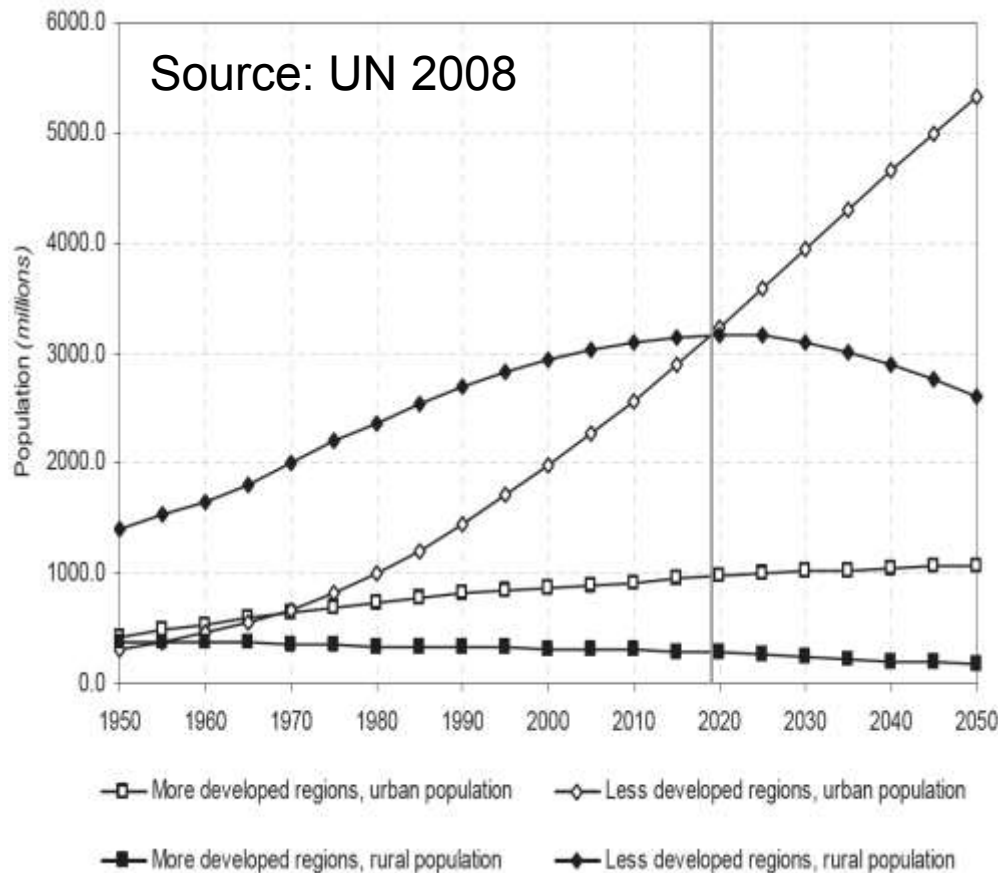
Les émissions urbaines de CO₂ maintenant



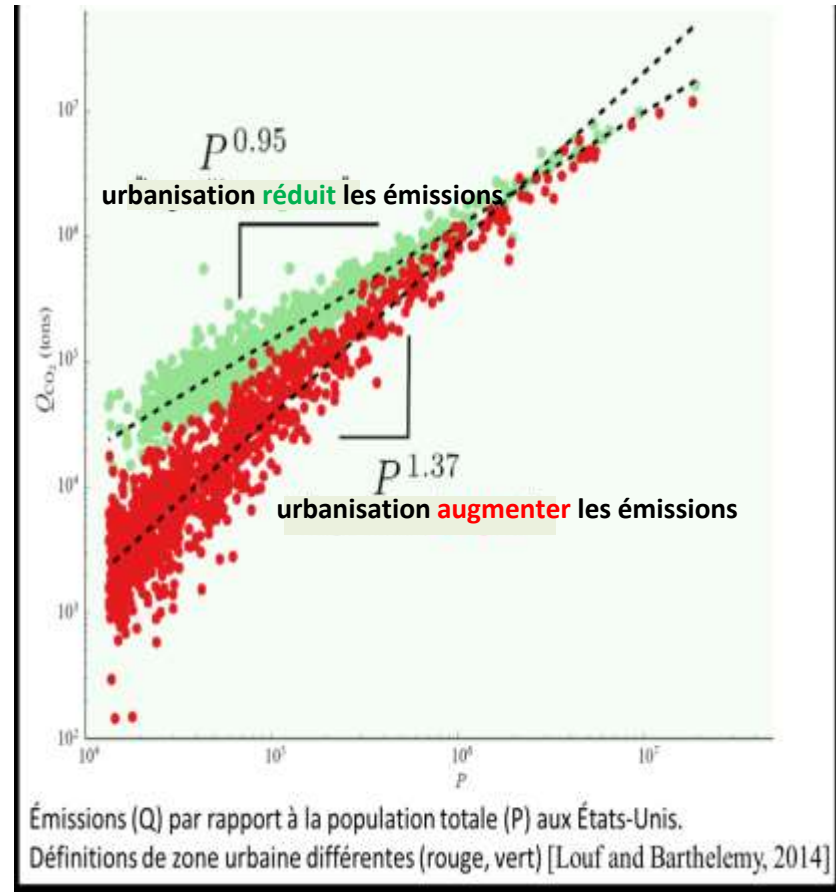
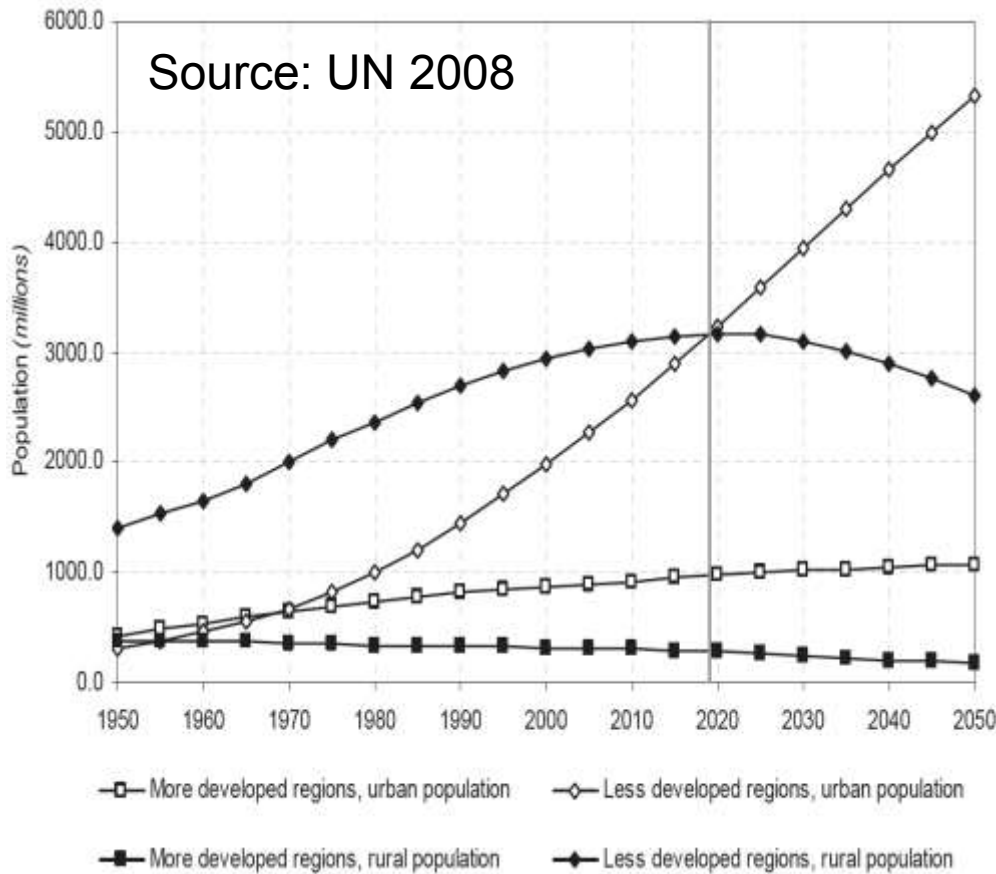
Les émissions urbaines de CO₂ à l'avenir



Les émissions urbaines de CO₂ à l'avenir



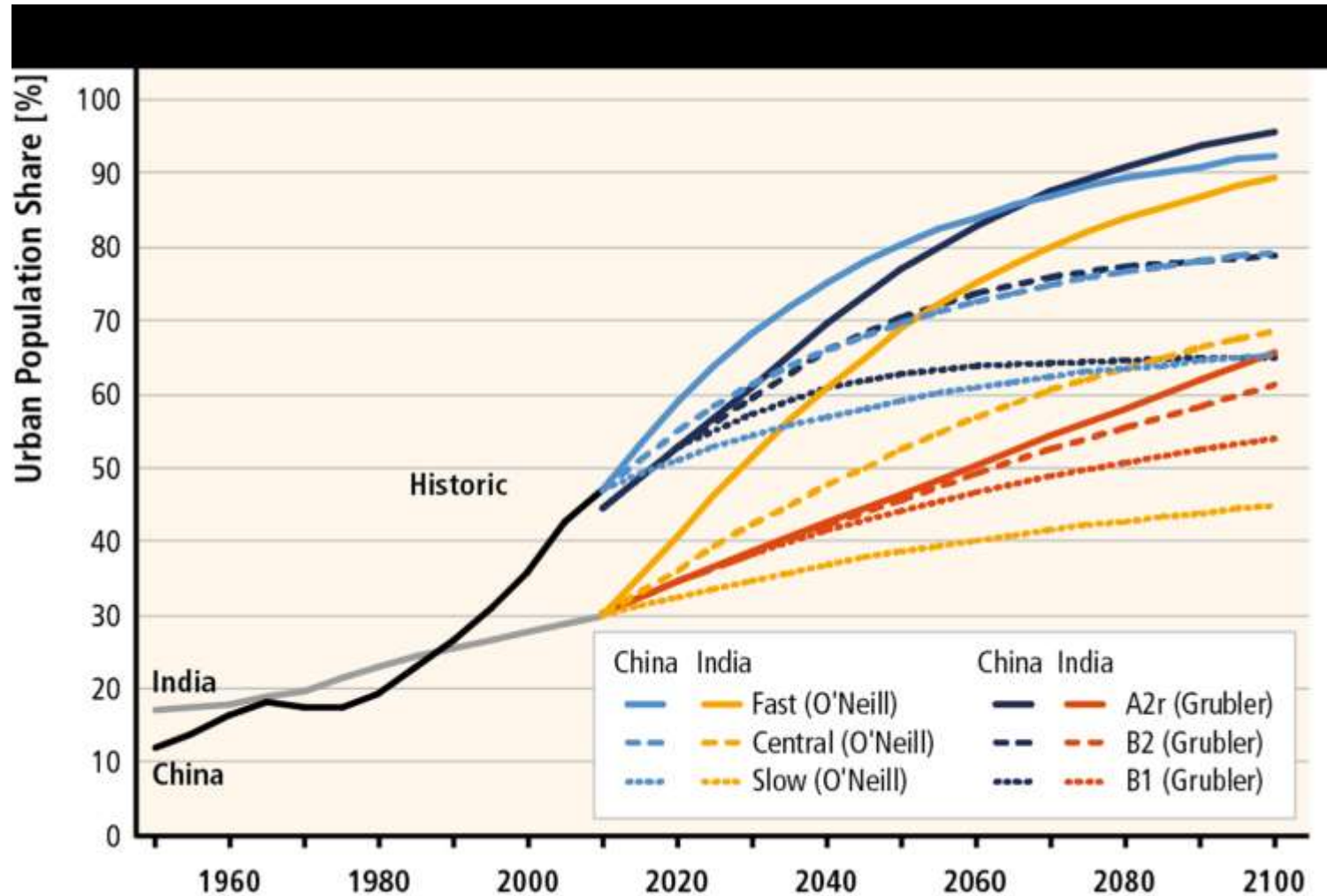
Les émissions urbaines de CO₂ à l'avenir



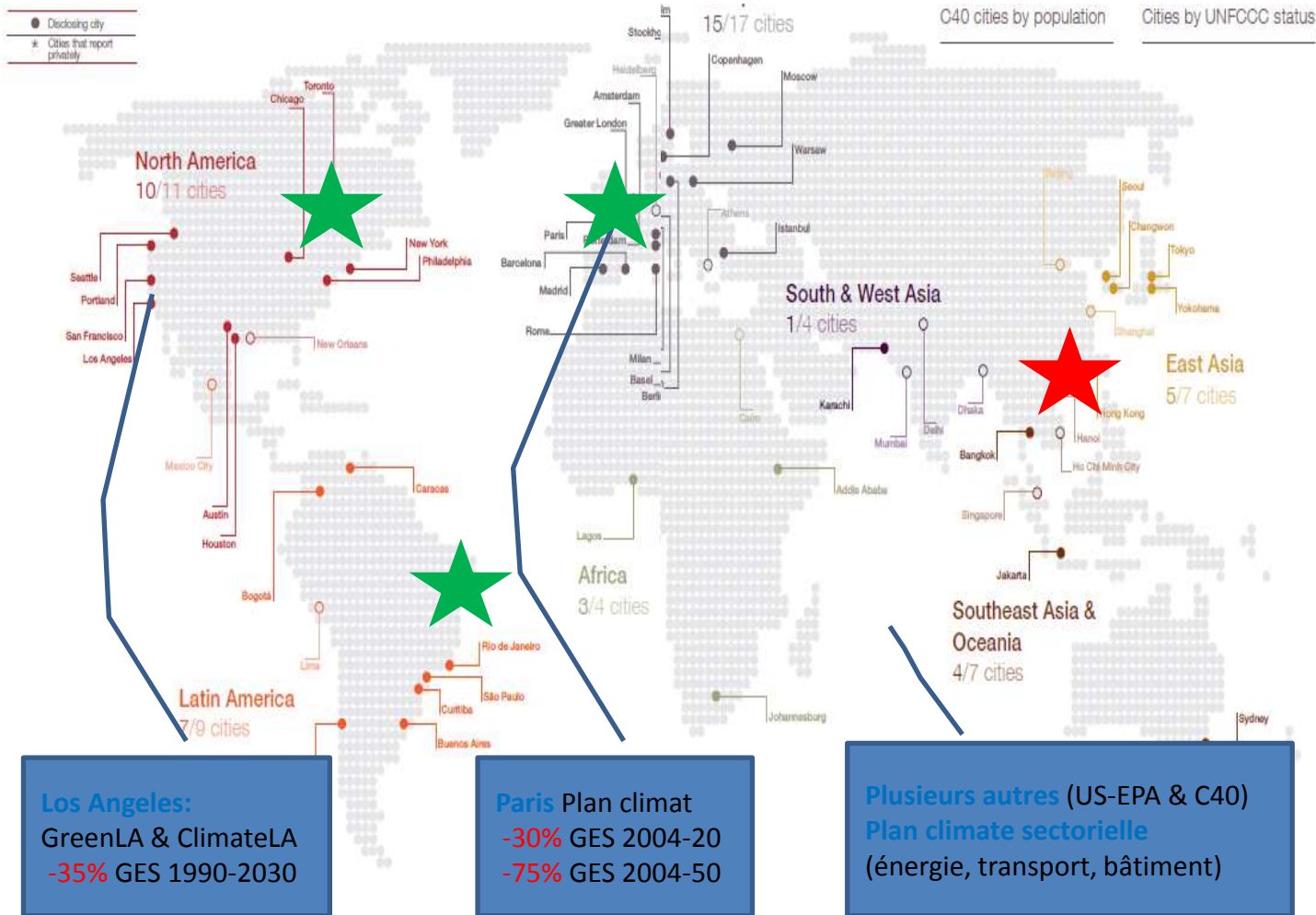
- Nous sommes sûrs que la population urbaine va augmenter à l'avenir
- Nous ne sommes pas sûr de l'évolution des émissions de GES des villes



Les émissions urbaines de CO₂ à l'avenir



Réseaux des villes – vers un impact global



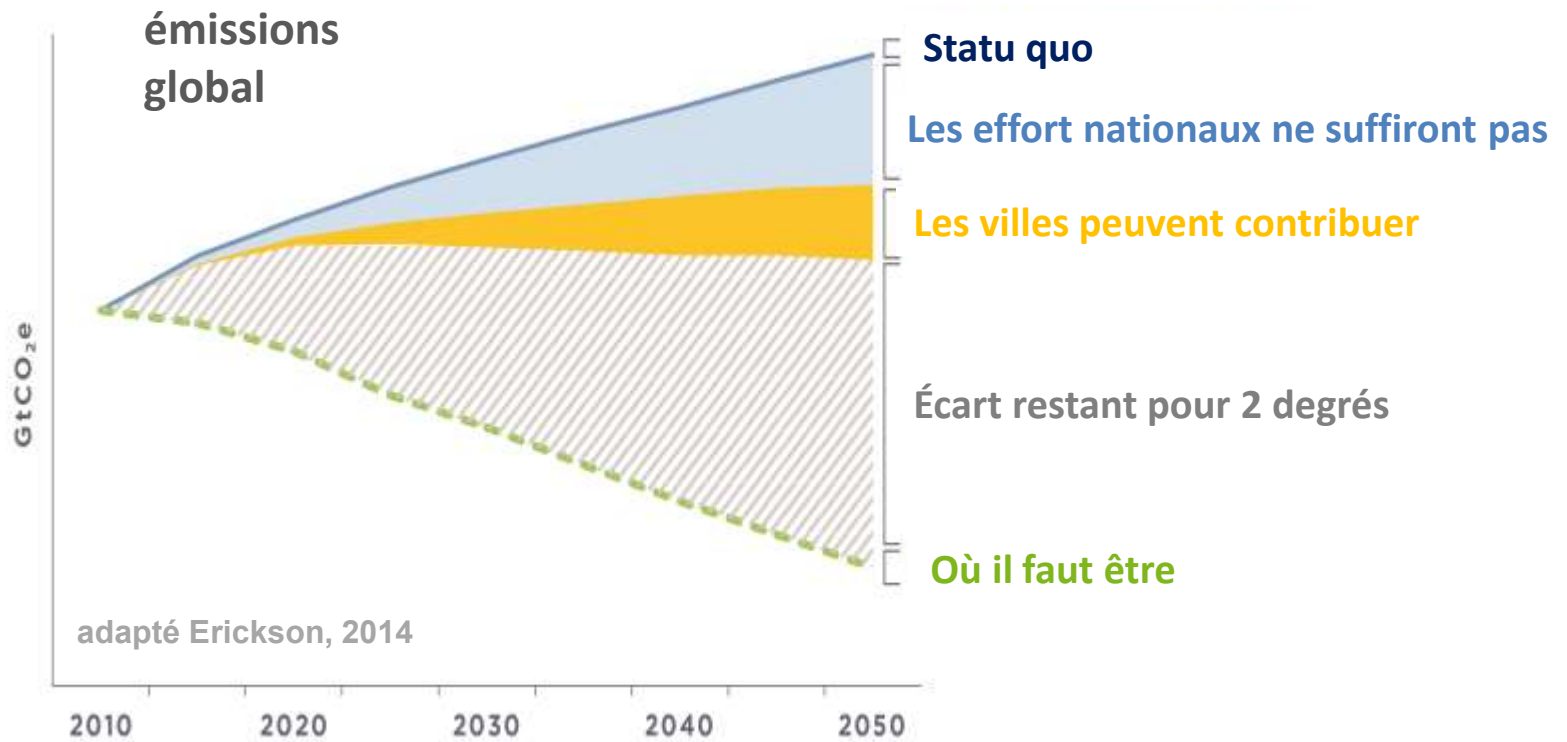
**C40
CITIES**
CLIMATE LEADERSHIP GROUP

ICLEI
Local
Governments
for Sustainability

**Covenant
of Mayors**
Committed to local
sustainable energy

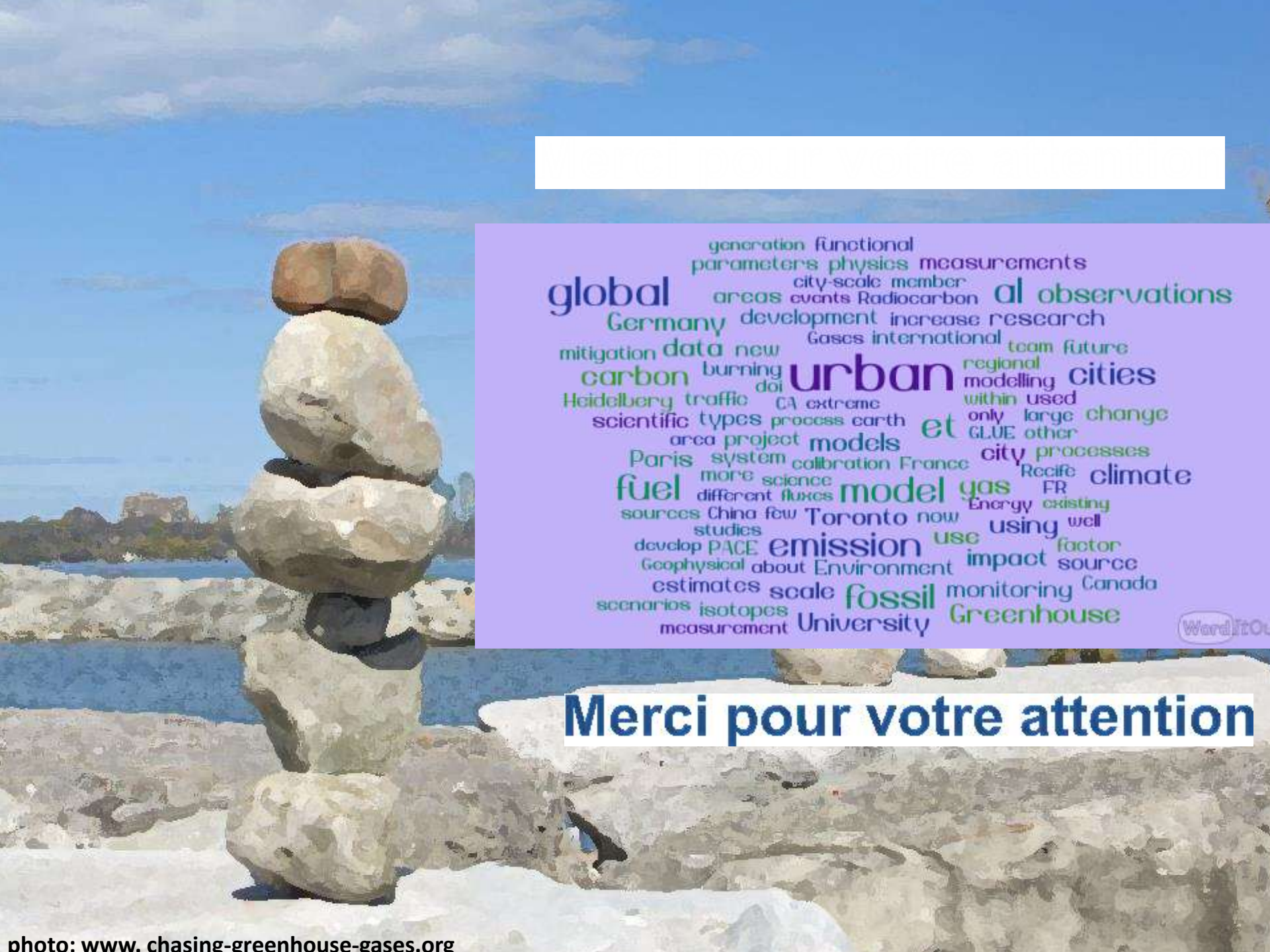


Les émissions urbaines de CO₂ à l'avenir



- Les villes ont un grand potentiel pour aider à réduire les émissions de GES
- Des efforts sont nécessaires pour exploiter pleinement ce potentiel





Merci pour votre attention