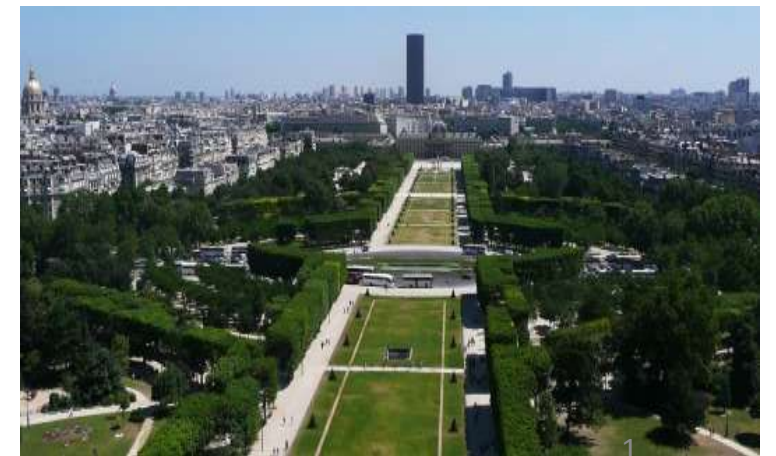


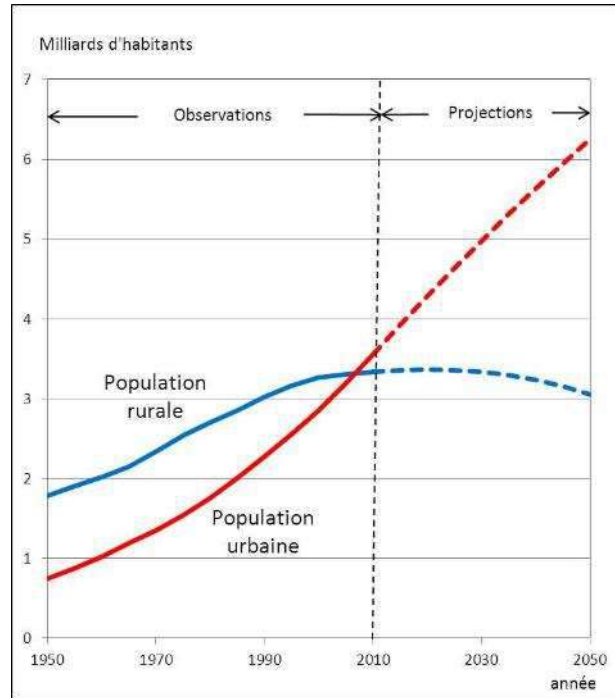
Évaluation des effets de la pression urbaine sur la concentration en éléments traces des sols de la région Île-de-France

Ludovic Foti



La ville : principal milieu de vie d'aujourd'hui et de demain

- **Plus de la moitié de la population mondiale (6,3 milliards d'ici 2050)** (Seto et al., 2014 ; Nations Unies, 2015 ; Vasenev, 2017).

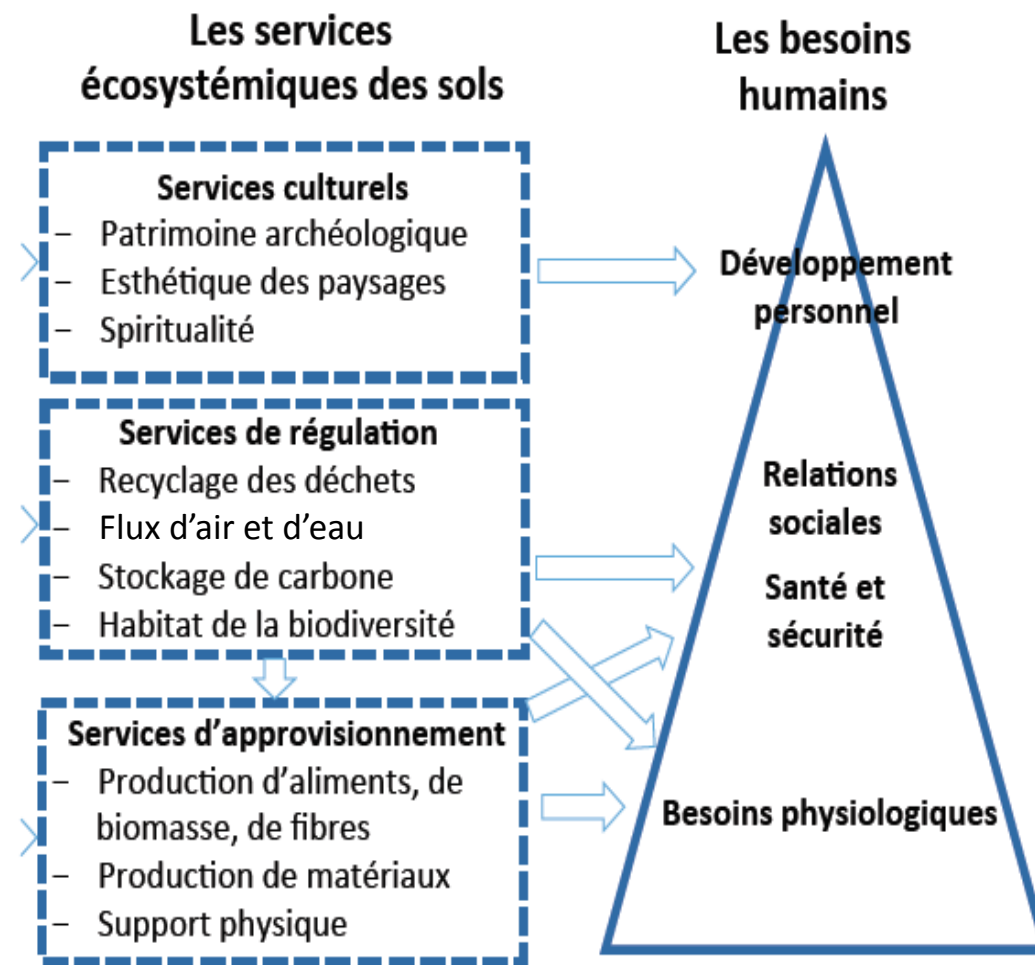


- **Influence considérable sur le reste de la planète** (Gregg et al., 2003 ; Kaye et al., 2006 ; Grimm et al., 2008 ; Lorenz & Lal, 2009 ; Kaushal et al., 2014 ; Bai et al., 2015 ; Chambers et al., 2016).



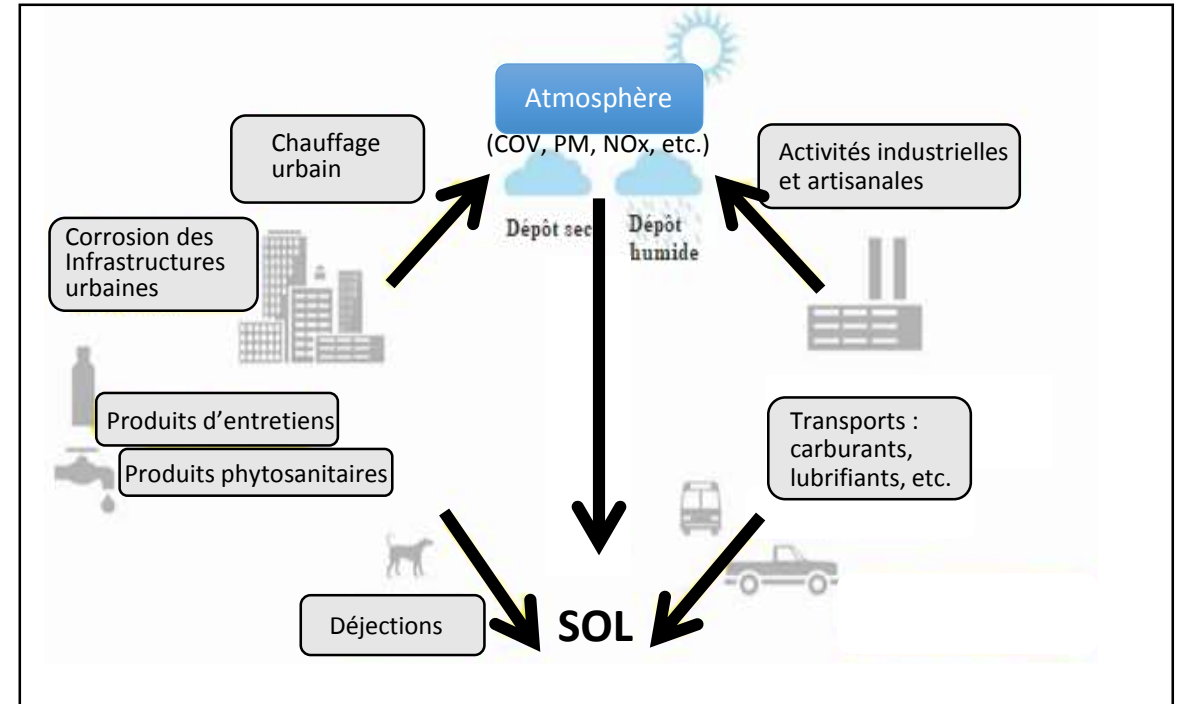
Le sol : élément essentiel de la qualité de vie des citoyens

- **Composante cruciale des villes :**
 - contribuent à de **nombreux services écosystémiques** (Stroganova et al., 1997 ; Chiesura, 2004),
- **Qualité des sols en ville = enjeu majeur pour la qualité de vie des citoyens et pour la durabilité des villes de demain** (Pickett & Cadenasso 2008 ; European Commission, 2013).



Impact de la pression urbaine sur la qualité des sols

- **Les sols urbains différent des sols naturels** (De Kimpe & Morel, 2000 ; Wong et al., 2006 ; Pouyat et al., 2008, 2010 ; Rossiter, 2007 ; Morel & Heinrich, 2008 ; Lorenz & Lal, 2009 ; Hazelton & Murphy, 2011 ; Vasenev et al., 2013) :
- subissent de plus grandes pressions anthropiques.
- **Les pressions urbaines changent leurs caractéristiques et affectent leur qualité** (Scharenbroch et al., 2005).



Origines, sources et degrés de contamination et de pollution en éléments traces dans les sols de la région

« Trace element concentrations along a gradient of urban pressure in forest and lawn soils of the Paris region (France) - Publié dans Science of the Total Environment, 2017, vol. 598, p. 938-948 »

B Boron 10.811 $1s^2 2s^2 2p^1$	C Carbon 12.0111 $1s^2 2s^2 2p^2$	N Nitrogen 14.0067 $1s^2 2s^2 2p^3$	O Oxygen 15.999 $1s^2 2s^2 2p^4$	F Fluorine 18.998 $1s^2 2s^2 2p^5$	Ne Neon 20.180 $1s^2 2s^2 2p^6$
13 Al Aluminum 26.9815 $(Ne) 3s^2 3p^1$	14 Si Silicon 28.086 $(Ne) 3s^2 3p^2$	15 P Phosphorus 30.9738 $(Ne) 3s^2 3p^3$	16 S Sulfur 32.064 $(Ne) 3s^2 3p^4$	17 Cl Chlorine 35.453 $(Ne) 3s^2 3p^5$	18 Ar Argon 39.948 $(Ne) 3s^2 3p^6$
31 Ga Gallium 69.72 $(Ar) 3d^{10} 4s^2 4p^1$	32 Ge Germanium 72.59 $(Ar) 3d^{10} 4s^2 4p^2$	33 As Arsenic 74.922 $(Ar) 3d^{10} 4s^2 4p^3$	34 Se Selenium 78.96 $(Ar) 3d^{10} 4s^2 4p^4$	35 Br Bromine 79.904 $(Ar) 3d^{10} 4s^2 4p^5$	36 Kr Krypton 83.80 $(Ar) 3d^{10} 4s^2 4p^6$
49 In Indium 114.82 $(Kr) 4d^{10} 5s^2 5p^1$	50 Sn Tin 118.69 $(Kr) 4d^{10} 5s^2 5p^2$	51 Sb Antimony 121.76 $(Kr) 4d^{10} 5s^2 5p^3$	52 Te Tellurium 127.60 $(Kr) 4d^{10} 5s^2 5p^4$	53 I Iodine 126.904 $(Kr) 4d^{10} 5s^2 5p^5$	54 Xe Xenon 131.29 $(Kr) 4d^{10} 5s^2 5p^6$
83 Bi Bismuth 208.98 $(Xe) 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^3$	84 Po Polonium 209 $(Xe) 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^4$	85 At Astatine 210 $(Xe) 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^5$	86 Rn Radon 222 $(Xe) 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^6$		

Objet d'étude



Parc de la Villette (Paris)

SOLS D'ESPACES VERTS PUBLICS

Les types d'usage de sols choisis

Bois :

- restructurés par les êtres humains,
- couverture forestière minimale continue de 20 hectares,
- principalement composés d'espèces à feuilles caduques.

Bois de Vincennes (Paris)

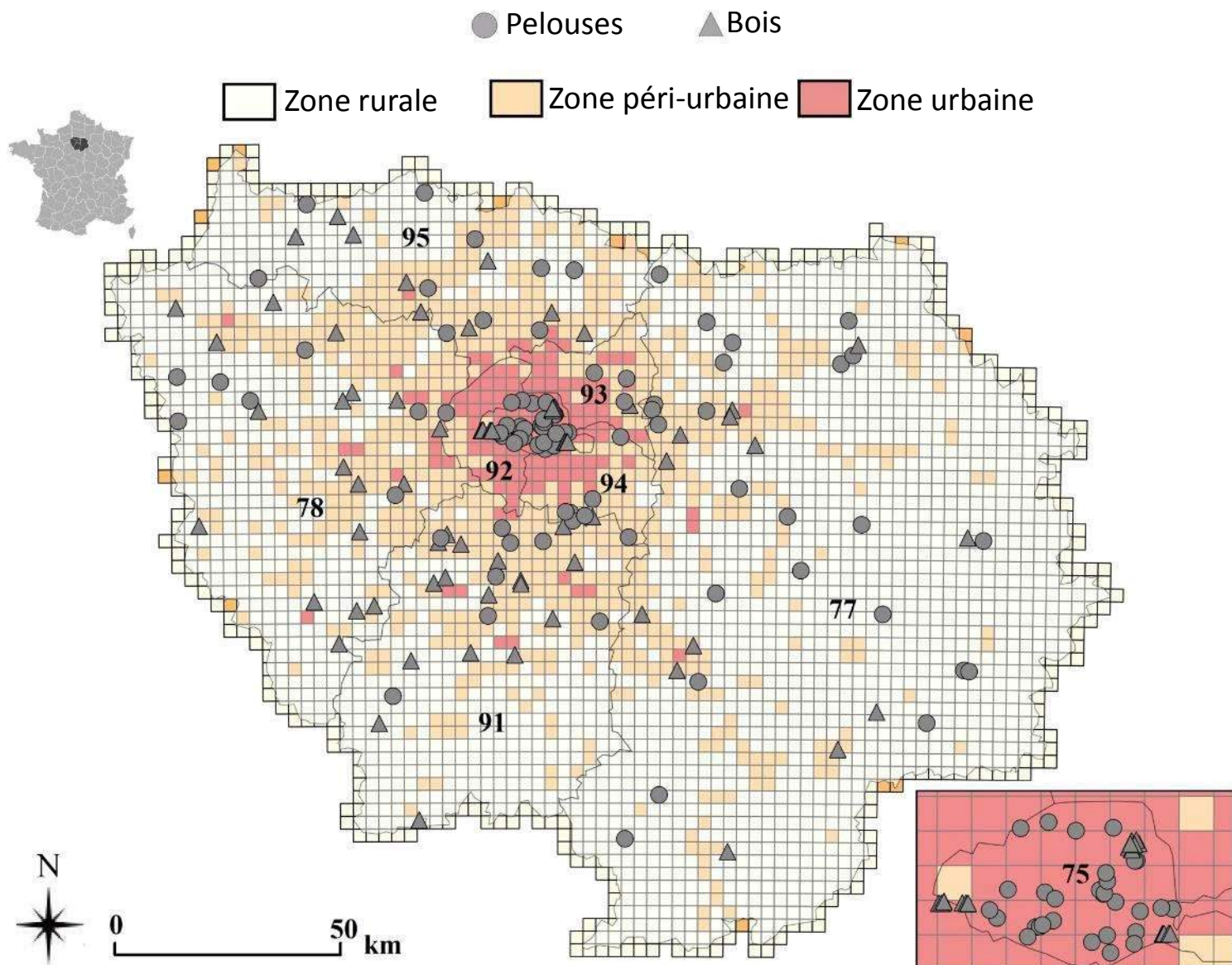
<http://www.tltparisienne.com>

Pelouses :

- dominés par des espèces herbacées,
- créés et entretenus par les êtres humains à des fins esthétiques et récréatives.

Parc Monceau (Paris)

Plan d'échantillonnage



- **Construit à partir 2 indices :**

- 1 indice socio-démographique,
- 1 indice d'îlot de chaleur,
- résolution 2 km x 2 km.

→ Zone rurale, péri-urbaine et urbaine

- **Dans chaque zone :**

- 30 échantillons pour chaque type d'usage de sol (n = 60 par zone, n total = 180),
- automne 2015,
- tarière manuelle sur profondeur 0-10 cm,
- 3 échantillons par site = 1 échantillon composite (NF ISO 11464).

Acquisition des données

180
échantillons
composites

Méthodes
standards

(NF EN + NF
ISO)



Variables	Codes	Units
Arsenic	As	mg kg ⁻¹
Cadmium	Cd	
Chrome	Cr	
Cuivre	Cu	
Plomb	Pb	
Zinc	Zn	
Fer	Fe	

Acquisition des données

180
échantillons
composites

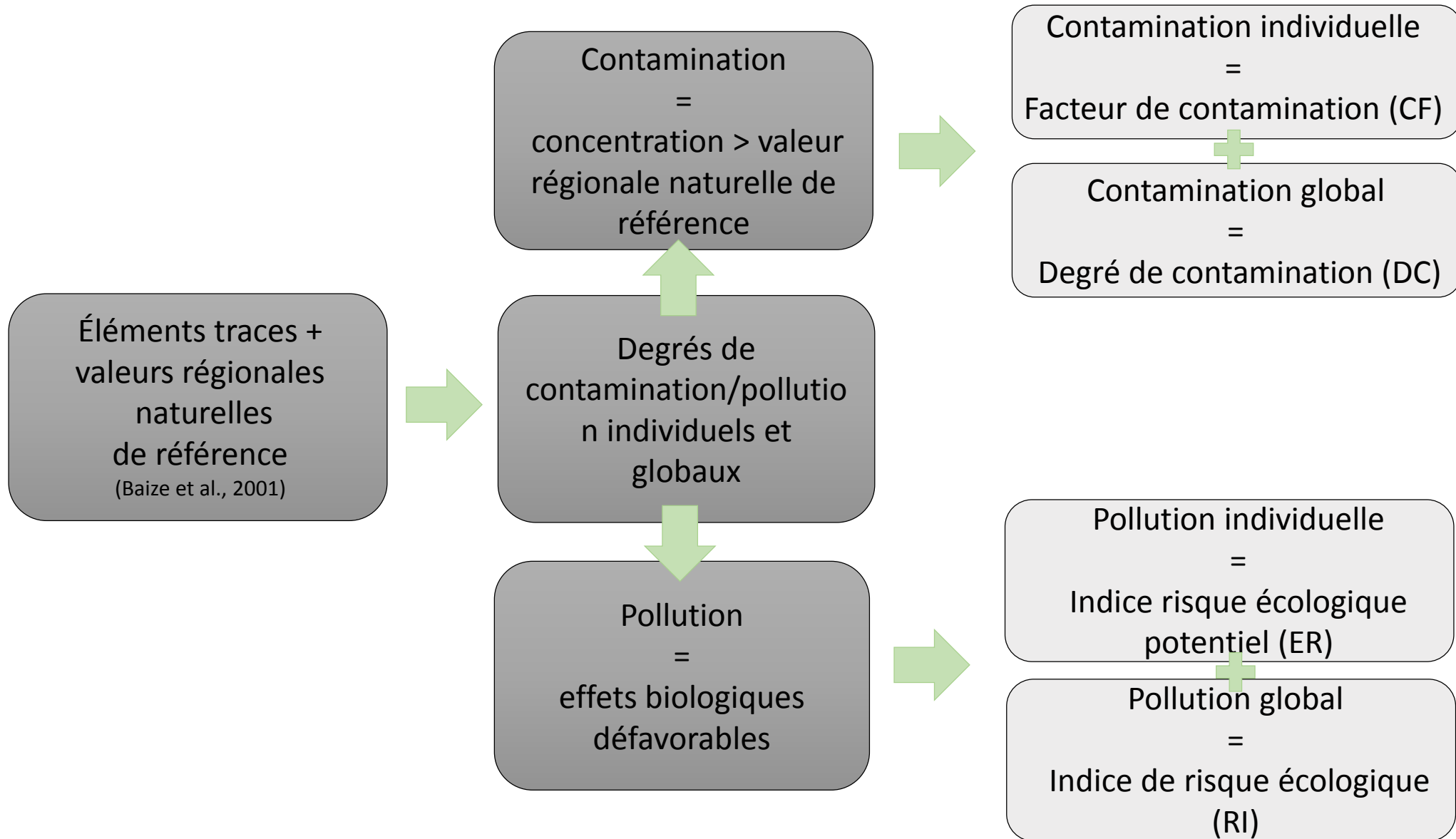
Méthodes
standards

Élément de référence

↓
Origine fortement liée à la roche mère
(Reimann & de Caritat, 2005)

Variables	Codes	Units
Arsenic	As	mg kg ⁻¹
Cadmium	Cd	
Chrome	Cr	
Cuivre	Cu	
Plomb	Pb	
Zinc	Zn	
Fer	Fe	

Acquisition des données



Origines et sources des éléments traces dans les sols de la région de Paris



?

AXES	1	2	3
% variance expliquée	39 %	32 %	11 %
As	0.47	0.65	-0.43
Cd	0.57	0.01	0.71
Cr	-0.23	0.83	-0.26
Cu	0.86	0.25	0.17
Fe	0.08	0.89	-0.25
Ni	0.46	0.75	0.17
Pb	0.88	-0.06	-0.03
Zn	0.87	0.11	0.19

Origines et sources des éléments traces dans les sols de la région de Paris

- Les 3 premiers axes extraient **82 % de la variance totale** :
- Le Fer (Fe) est uniquement corrélé aux 2^{ème} axe = **axe identifié comme origine naturelle** en éléments traces.
- **Les autres axes** sont identifiés comme origine anthropique.

AXES	source anthropique	source naturelle	source anthropique
% variance expliquée	39 %	32 %	11 %
As	0.47	0.65	-0.43
Cd	0.57	0.01	0.71
Cr	-0.23	0.83	-0.26
Cu	0.86	0.25	0.17
Fe	0.08	0.89	-0.25
Ni	0.46	0.75	0.17
Pb	0.88	-0.06	-0.03
Zn	0.87	0.11	0.19

0,50 = seuil de significativité

Origines et sources des éléments traces dans les sols de la région de Paris

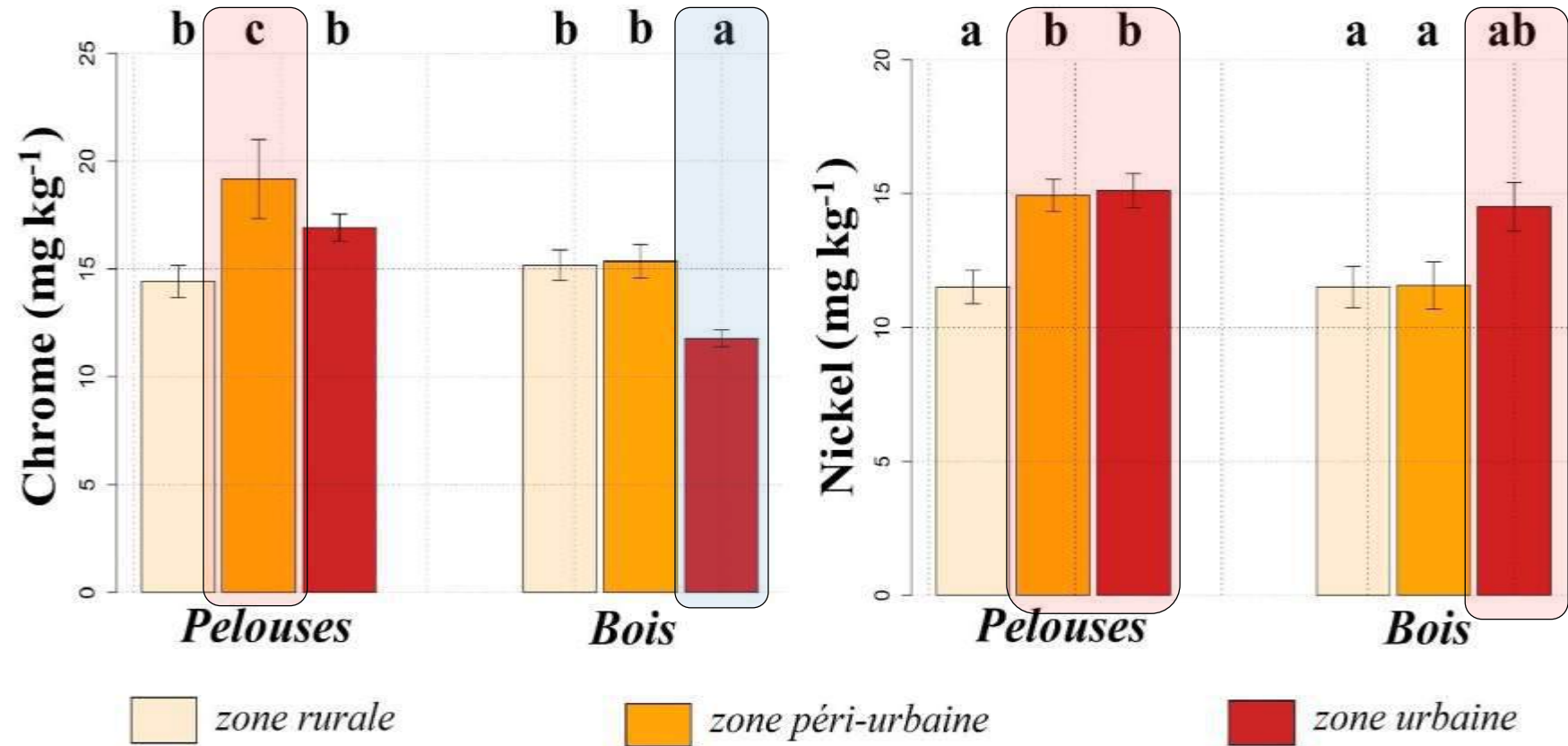
- Les 3 premiers axes extraient **82 % de la variance totale** :
- **As, Cr et Ni** sont uniquement corrélés au 2^{ème} axe = **origine naturelle (1 source commune)**,
- **Cd, Cu, Pb et Zn** sont corrélés au 1^{ème} axe = **origine anthropique (1 source commune)**.
- **Cd** est également corrélé à l'axe 3 = **2 sources anthropiques différentes**.

AXES	Source anthropique	Source naturelle	Source anthropique
% variance expliquée	39 %	32 %	11 %
As	0.47	0.65	-0.43
Cd	0.57	0.01	0.71
Cr	-0.23	0.83	-0.26
Cu	0.86	0.25	0.17
Fe	0.08	0.89	-0.25
Ni	0.46	0.75	0.17
Pb	0.88	-0.06	-0.03
Zn	0.87	0.11	0.19

0,50 = seuil de significativité

Comparaison concentrations éléments traces entre type d'usage de sols et les 3 catégories de pressions urbaines

CONCENTRATIONS EN ÉLÉMENTS TRACES D'ORIGINE NATURELLE

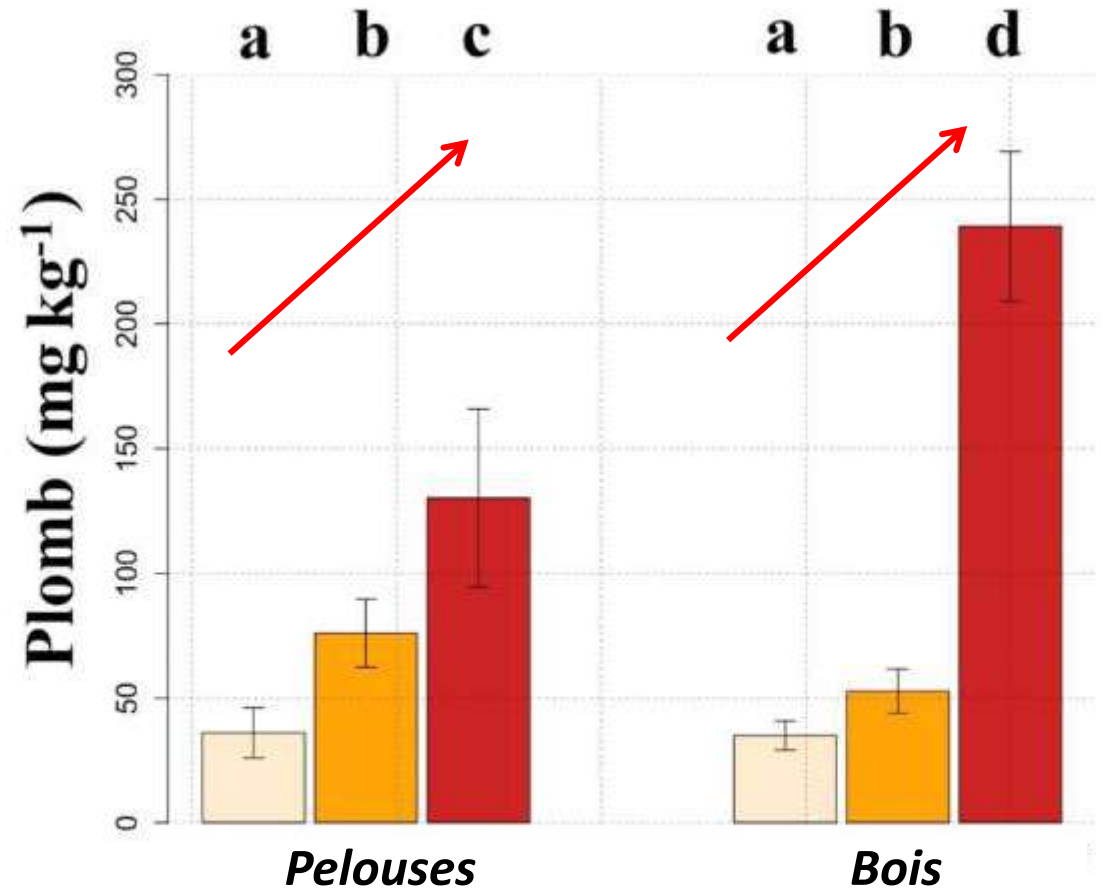


- éléments traces d'origine naturelle = **pas de *pattern* spécifique.**
- **Ex : chrome vs. nickel,**
- Cr = ↑concentration pelouses péri-urbaine, et ↓concentration bois zone urbaine,
- Ni = ↑concentration pelouses péri-urbaine et urbaine + bois zone urbaine.

Comparaison concentrations élément traces entre type d'usage de sols et les 3 catégories de pressions urbaines

CONCENTRATIONS EN ÉLÉMENTS TRACES ANTHROPIQUES

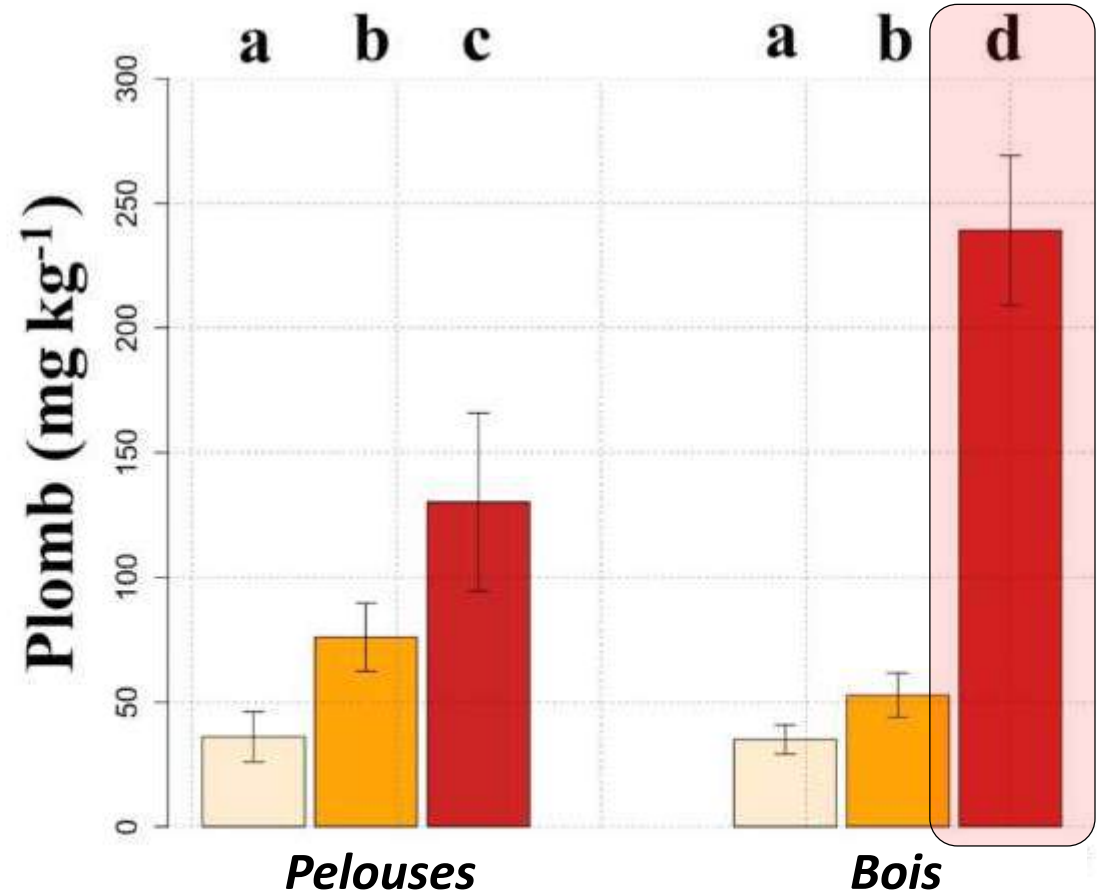
- ↗ de la zone rurale à la zone urbaine.



Comparaison concentrations élément traces entre type d'usage de sols et les 3 catégories de pressions urbaines

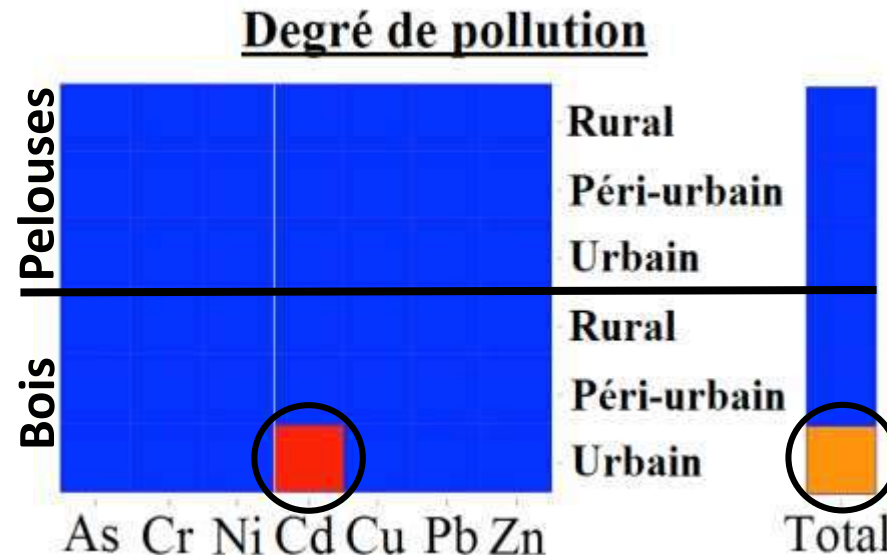
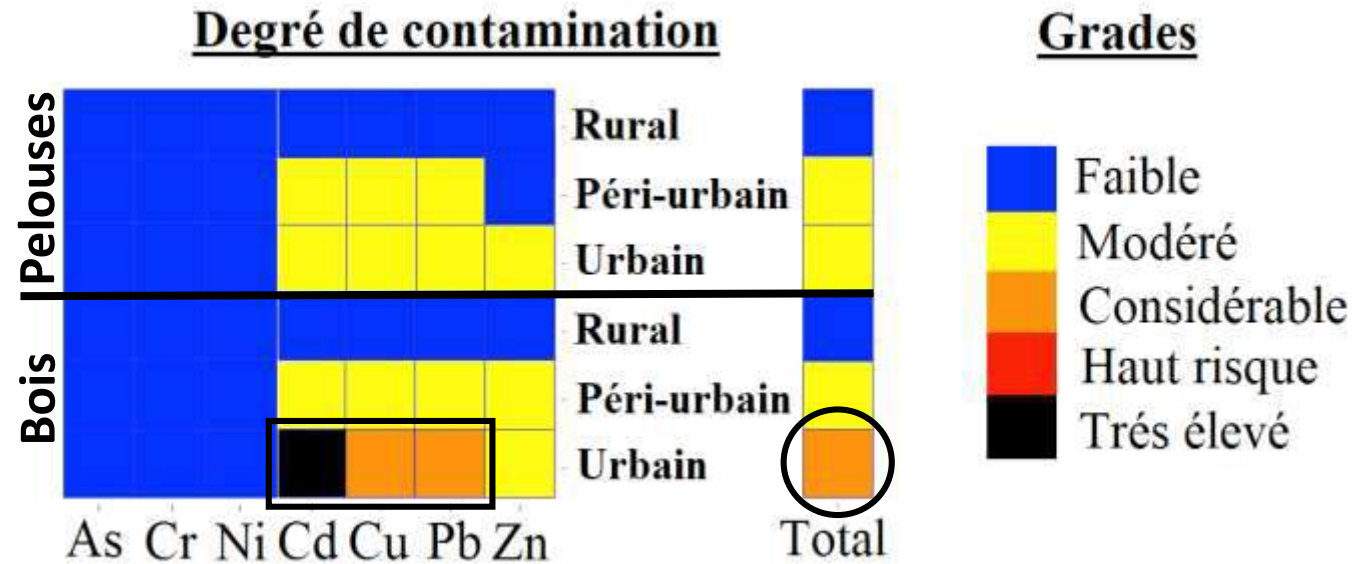
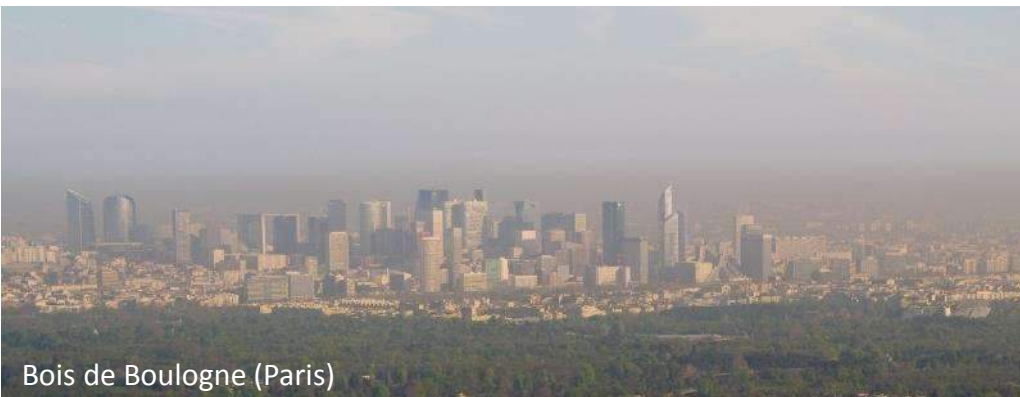
CONCENTRATIONS EN ÉLÉMENTS TRACES ANTHROPIQUES

- ↗ de la zone rurale à la zone urbaine.
- Concentrations ↑ dans sols bois zone urbaine en comparaison des autres classes de sols.



Degrés de contamination/pollution individuels et globaux entre type d'usage de sols et les 3 catégories de pressions urbaines

- Degré de contamination :
 - **Faible** pour As, Cr et Ni (origine naturelle),
 - ↗ **des zones rurale à urbaine** pour Cd, Cu, Pb et Zn (origine anthropique),
- Degré de contamination total ↗ **des zones rurale à urbaine.**
- Les sols des bois de la zone urbaine **sont plus contaminés et plus pollués.**



Synthèse

- **Les concentrations en éléments traces anthropiques (Cd, Cu, Pb, Zn) augmentent de la zone rurale à la zone urbaine :**
 - circulation routière (source principale) (Ajmone-Marsan & Biasioli, 2010 ; Natali et al., 2016),
 - cimenteries (source secondaire en Cd) (Rovira et al., 2014).
 - la plupart équivalentes ou supérieures aux valeurs de référence réglementaires (AFNOR, 1998).
- **Sols bois zone urbaine plus contaminés et pollués que ceux des pelouses de cette zone :**
 - irrigation eaux usées (DEVE, pers. comm. ; Comber & Gunn, 1996 ; Sorme & Lagerkvist, 2002),
 - plus anciens (plus exposés aux eaux usées et conditions urbaines) (Beaudet-Vidal et al., 1998).



Synthèse

- **Mesures conseillées:**
 - mise en place d'un programme de surveillance des sols,
 - contrôle/réduction des activités à l'origine des dépôts en éléments traces anthropiques,
 - attention particulière pour les sols des bois de la zone urbaine,
 - agriculture urbaine uniquement si le niveau de contamination/pollution des sols est déjà évalué.
- **Nécessité d'étudier les différentes formes chimiques des éléments traces pour :**
 - évaluer leur biodisponibilité,
 - mieux comprendre les mécanismes à l'origine de leur accumulation.



natureparif

île de France

Merci pour votre attention

UEES Paris



ludovic.foti@gmail.com