



**HAL**  
open science

## Les contaminants des sols : priorités, projets, stratégies ?

Claudy C. Jolivet

### ► To cite this version:

Claudy C. Jolivet. Les contaminants des sols : priorités, projets, stratégies ?. Conférence d'Orientation du GIS Sol, Jun 2010, Paris, France. 34 p. hal-02815051

**HAL Id: hal-02815051**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02815051>**

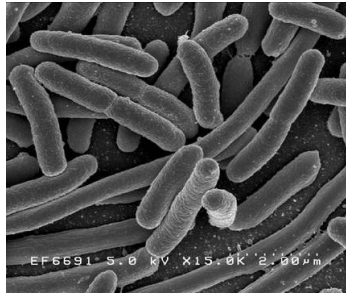
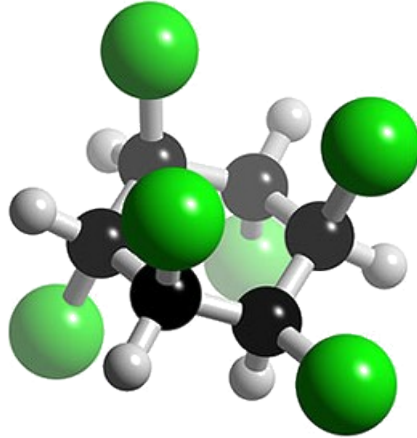
Submitted on 6 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Les contaminants des sols : priorités, projets, stratégies ?



**Claudy Jolivet**  
**US 1106 InfoSol Inra Orléans**  
**[claudy.jolivet@orleans.inra.fr](mailto:claudy.jolivet@orleans.inra.fr)**





# Les contaminants des sols

---

Selon la Convention internationale OSPAR<sup>1</sup>, un contaminant de l'environnement est :

« *Toute substance décelée dans un lieu où elle ne se trouve pas normalement* »

Un sol est dit *pollué* quand il contient un ou plusieurs polluant(s) ou contaminant(s) susceptibles de causer des *altération biologiques, physiques et chimiques* de l'écosystème constitué par le sol.

<sup>1</sup> Convention pour la protection de l'environnement marin de l'Atlantique du Nord-Est



# Les contaminants potentiels des sols

---

- **éléments traces** : As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, Zn, etc.
- **contaminants organiques** : HAP, PCB, dioxines, furanes, pesticides, etc.
- **radioéléments** : Cs, Sr, I, Cl, etc.
- **pathogènes** : microorganismes, prions, parasites, etc.
- **contaminants émergents** : perturbateurs endocriniens (phtalates, bisphénol A, polybromés, alkylphénols, hormones...), transgènes, nanoparticules, etc.



# Caractéristiques de la contamination des sols



- anthropique vs pédogéochimique
- locale vs diffuse
- industrielle, agricole, urbaine, routière
- chimique, physique, biologique
- historique : accumulation vs transfert



# Des contaminants et des sols !





## Questions posées

---

Quel est l'état des sols français ?

Les programmes menés par le Gis Sol permettent-ils de répondre au besoin d'évaluation de la contamination des sols ?

Quels sont les contaminants qui ne sont pas recherchés et qui devraient être suivis ?



# Les contaminants mesurés dans les programmes du Gis Sol

---

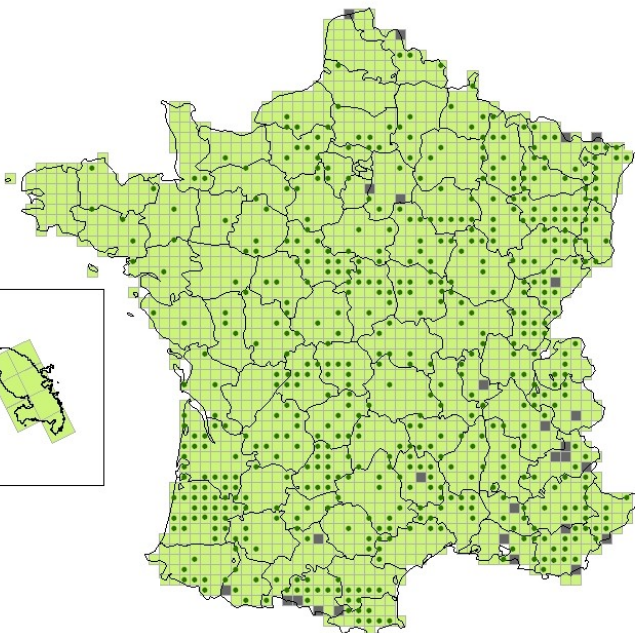
- **éléments traces** : As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, Zn, etc.
- **contaminants organiques** : HAP, PCB, dioxines, furanes, pesticides, etc.
- **radioéléments** : Cs, Sr, I, Cl, etc.
- **pathogènes** : microorganismes, prions, parasites, etc.
- **contaminants émergents** : perturbateurs endocriniens (phtalates, bisphénol A, polybromés, alkylphénols, hormones...), transgènes, nanoparticules, etc.





# Les sources de données : RMQS et BDETM

**RMQS : 2 200 sites**  
**167 200 déterminations**

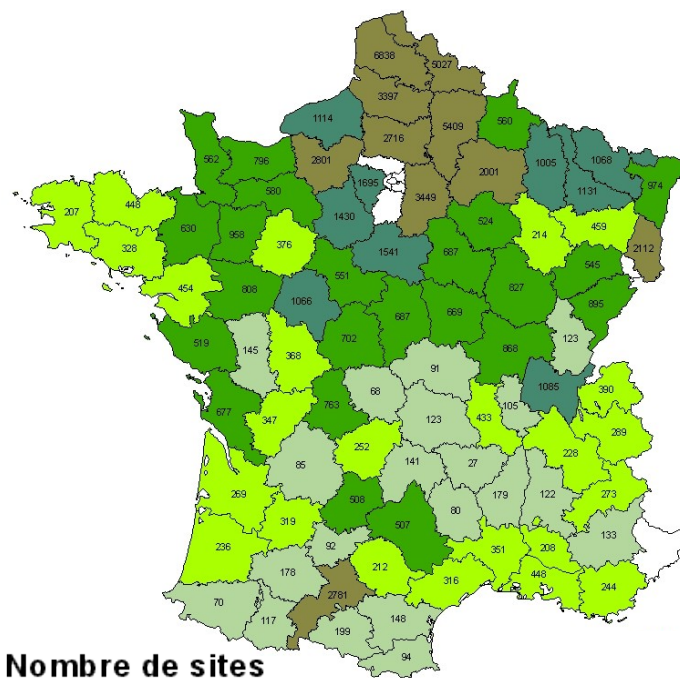


## Etat d'avancement






-  Prélevé
-  Prélèvement impossible

**1<sup>ère</sup> campagne :**  
**2000 - 2009**

**BDETM : 74 000 échantillons**  
**520 000 déterminations**



## Nombre de sites

-  < 200
-  201 - 500
-  501 - 1000
-  1001 - 2000
-  2001 - 6838

**2 campagnes :**  
**1998 et 2008**



# Les éléments traces

- Quels sont les niveaux actuels dans les sols ?
- Peut-on cartographier des gradients de contamination diffuse ?
- Peut-on détecter des anomalies ponctuelles ?
- Est-on capable de définir des valeurs seuils ?
- Peut-on identifier leur origine ?



Galène (Pb)

Tableau périodique des éléments



# Caractériser les niveaux actuels : indice de charge multimétallique

"Classes nationales"

de teneurs naturelles en ETM (Fonds Pédogéochimiques Naturels).

mais pas pour les niveaux de contamination

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
--	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Cadmium	< 0,25	0,25 - 0,35	0,35 - 0,50	0,50 - 1,00	1,00 - 2,00	> 2,00
Chrome	< 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100	100 - 150	> 150
Cuivre	< 10	10 - 20	20 - 30	30 - 50	50 - 100	> 100
Nickel	< 15	15 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 100	> 100
Plomb	< 20	20 - 35	35 - 50	50 - 80	80 - 200	>200
Zinc	< 30	30 - 60	60 - 100	100 - 150	150 - 300	> 300

couleur      bleu                      vert                      jaune                      orange                      rouge                      rouge foncé  
ou violet

si teneur < seuil de quantification - couleur = gris

**BDETM**

Couche de surface

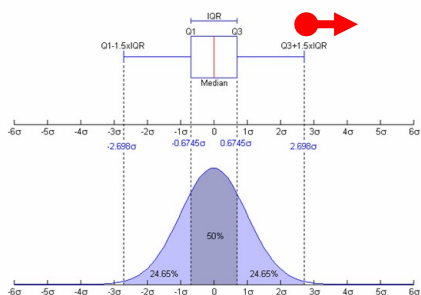
Teneurs totales

**ICMM**

- 6 - 9
- 9 - 12
- 12 - 15
- 15 - 20
- 20 - 26
- 26 - 31

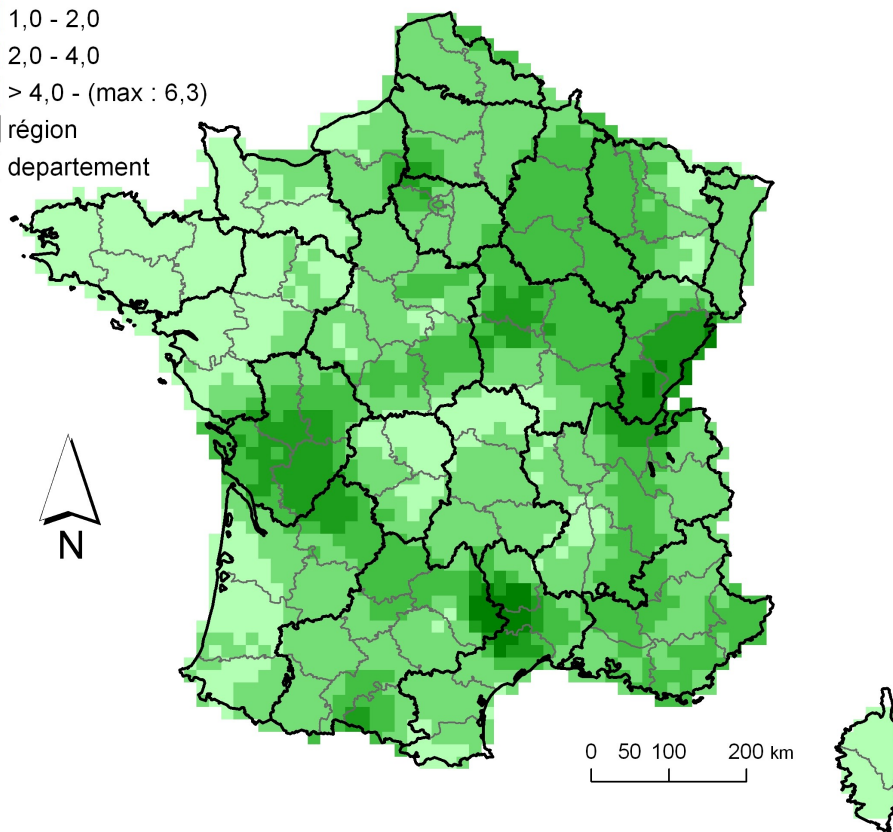
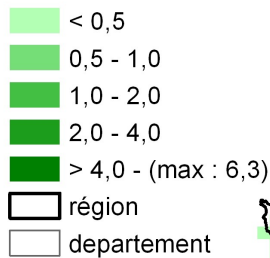


# Détecter les valeurs anomaliques : teneurs habituelles maximales



RMQS  
Cadmium total  
Surface (0-30 cm)  
Vibrisse supérieure

Teneurs habituelles maximales en Cadmium (mg/kg)

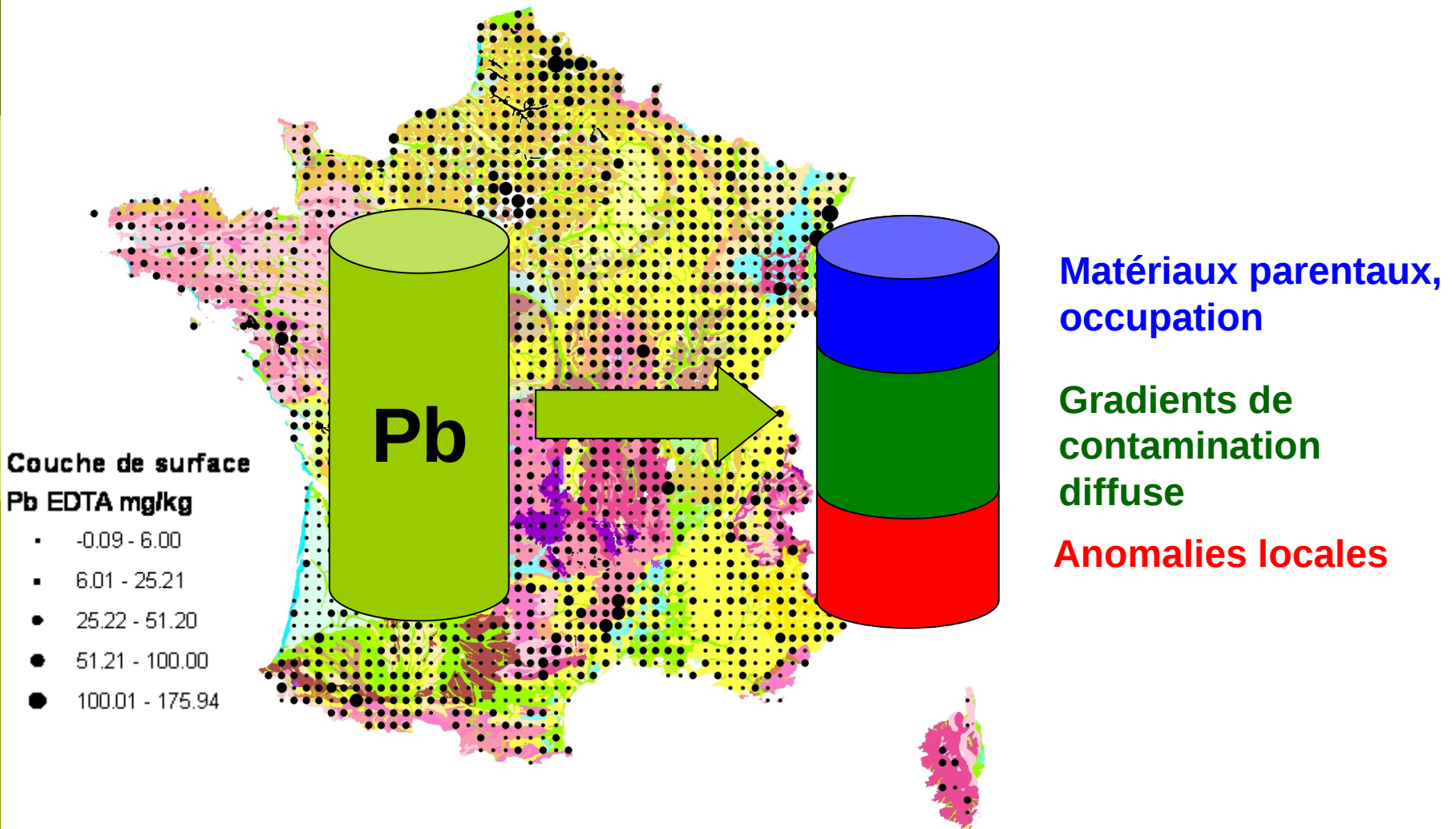


INDIQUASOL : Base de Données Indicateurs de la Qualité des Sols

<http://www.gissol.fr/programme/bdiqs/bdiqs.php>



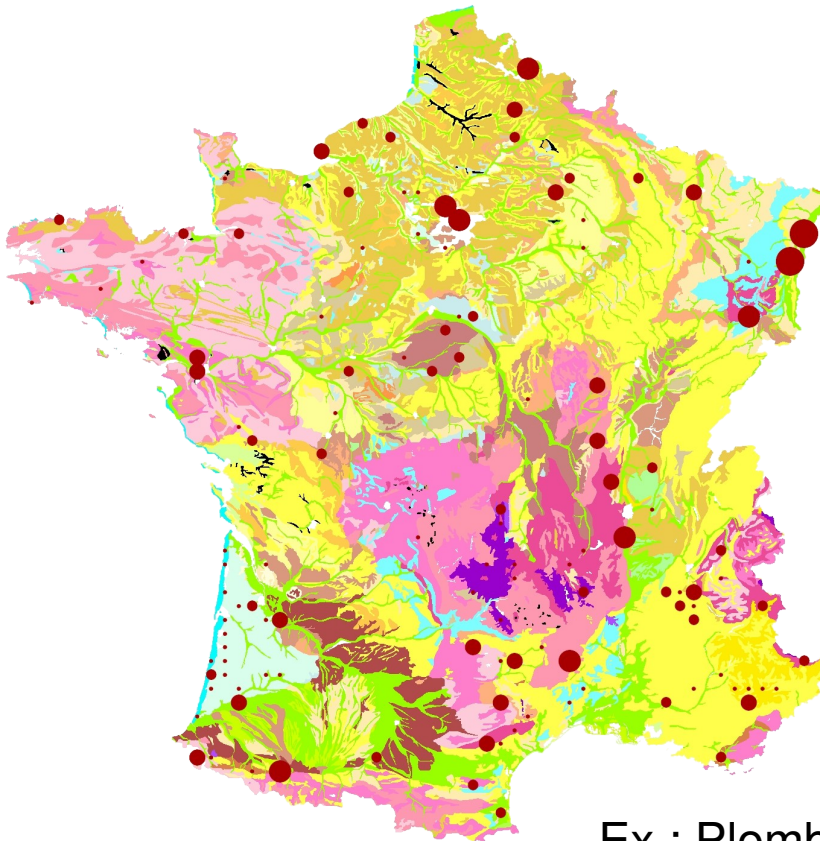
# Distinguer les origines : modèle linéaire mixte et géostat robustes



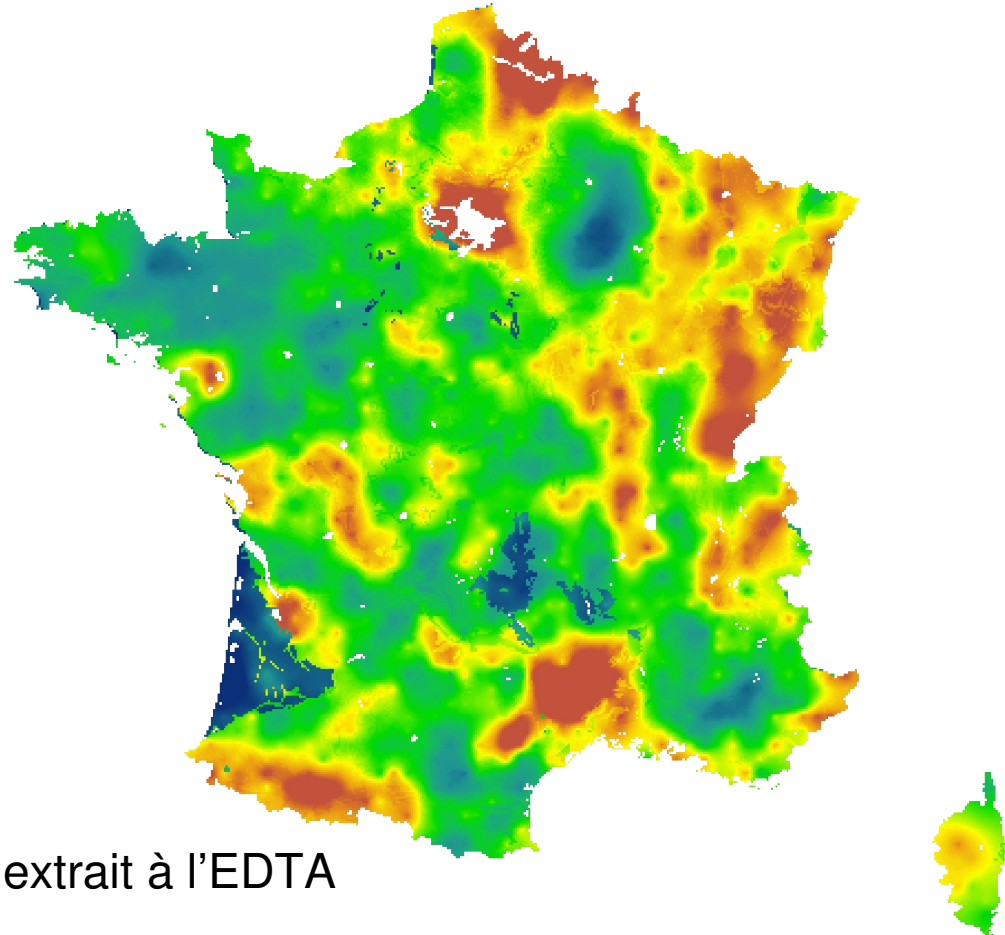


# Distinguer les origines : modèle linéaire mixte et géostat robuste

**Anomalies locales**



**Matériaux parentaux +  
contamination diffuse  
= bruit de fond**

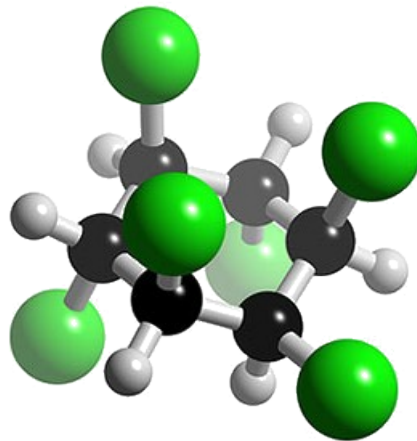


Ex : Plomb extrait à l'EDTA

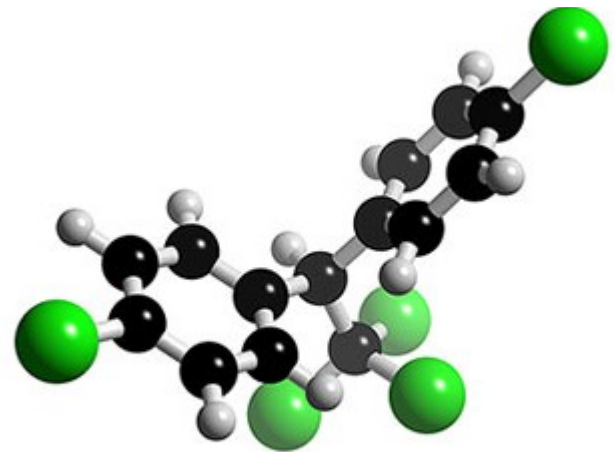


# Les polluants organiques persistants (POP)

Molécules présentant une toxicité reconnue, une forte persistance dans l'environnement, des propriétés de bioaccumulation et de transport à longue distance  
(Ademe)



Molécule de lindane :  $\gamma$  HCH HexachloroCycloHexane

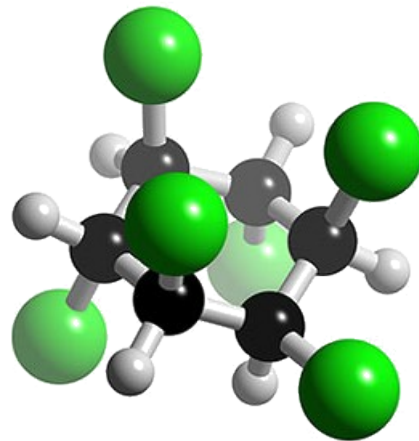


Molécule de DDT : DichloroDiphenylTrichloroéthane

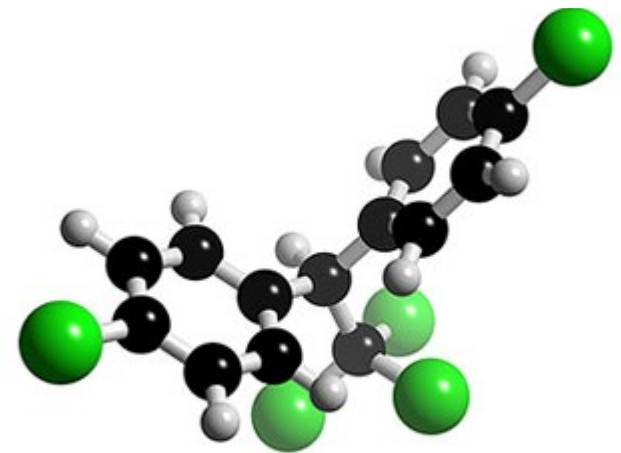


# Les polluants organiques persistants (POP)

- Les programmes de surveillance des sols sont-ils capables de les détecter ?
- Peut-on cartographier des gradients de contamination à l'échelle du territoire ?



Molécule de lindane :  $\gamma$  HCH HexachloroCycloHexane



Molécule de DDT : DichloroDiphenylTrichloroéthane





# Le projet POP-RMQS : 90 molécules analysées

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

**PCB** : PolyChloroBiphényles (ex : pyralène)

**PCDD et PCDF** : PolyChloroDibenzoDioxines et PolyChloroDibenzoFuranes (dioxines et furanes)

**Pesticides** :

- **OCP** : Pesticides OrganoChlorés : (ex. : DDT, lindane)

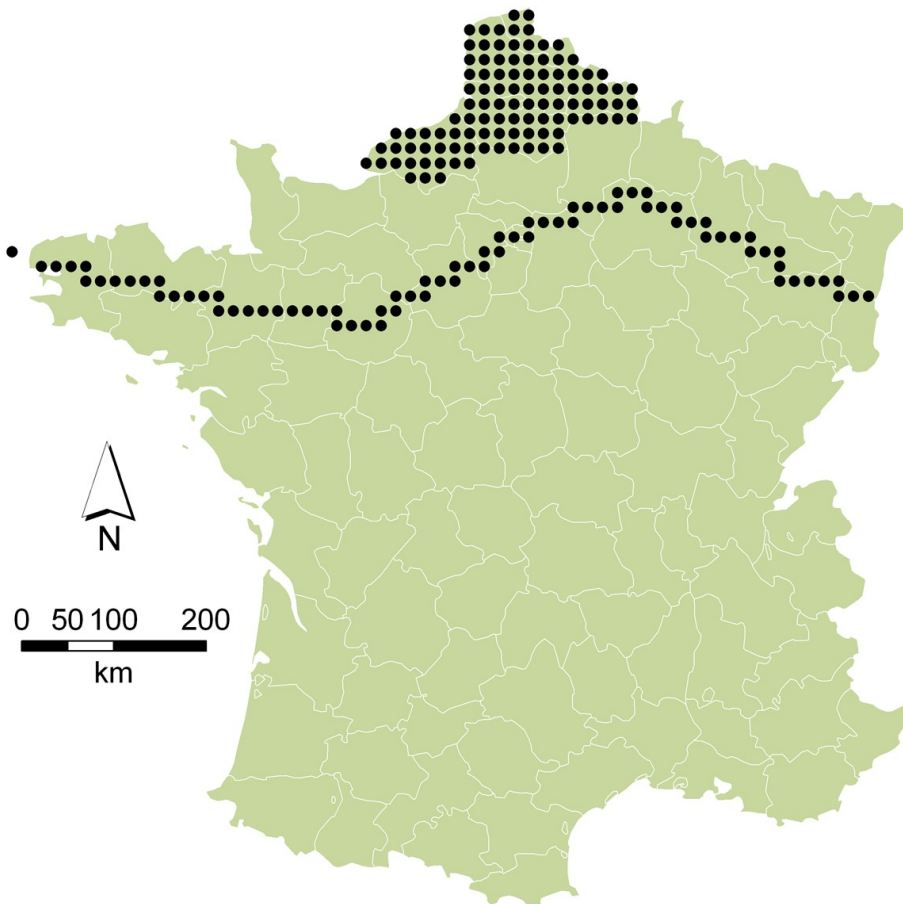
- **Herbicides** : Triazines (ex. : atrazine, simazine)

Urées substituées (ex. : diuron, monolinuron)





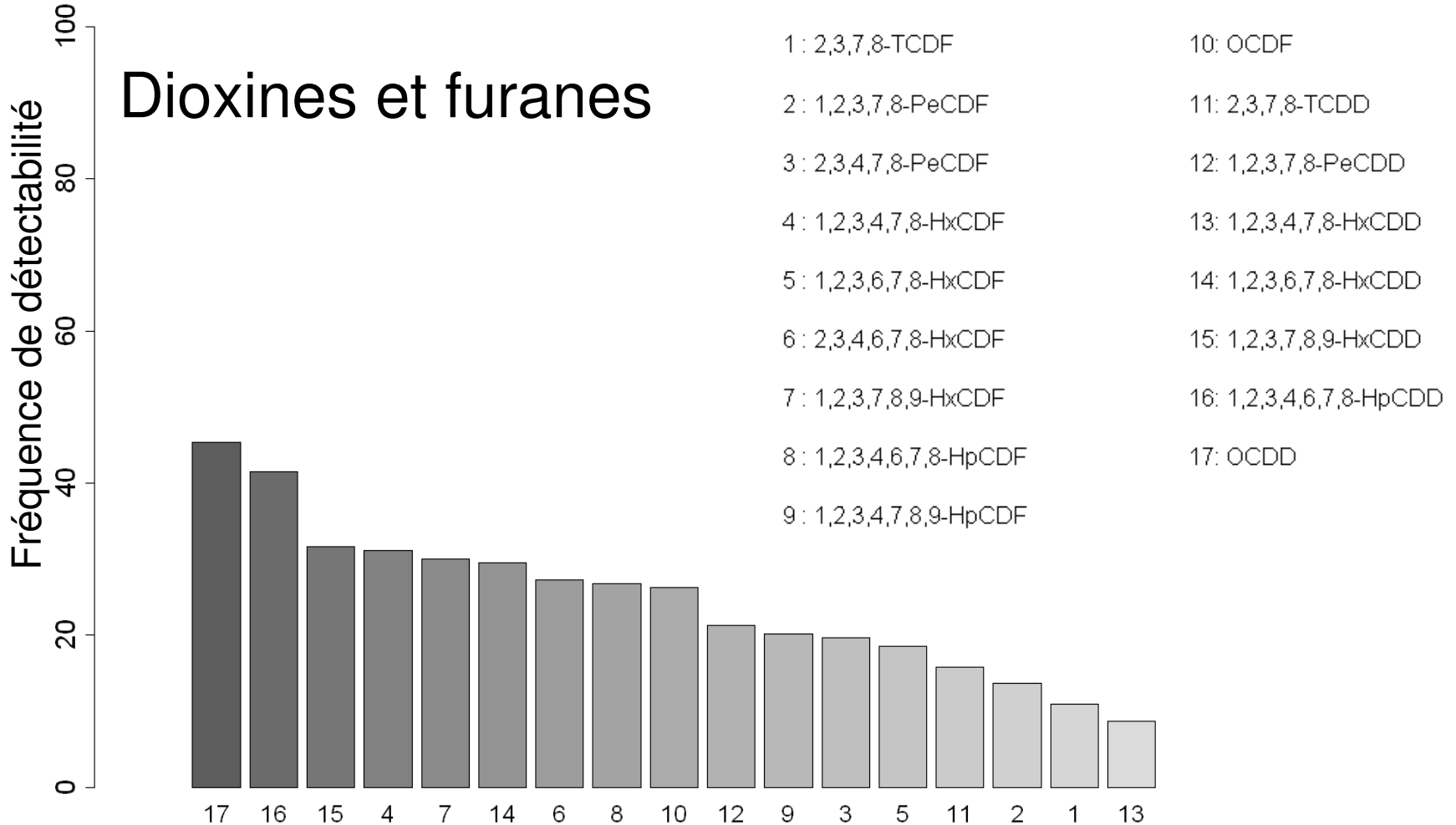
# Le projet POP-RMQS : 183 sites



- 105 sites répartis selon un gradient péri-urbain et agricole/industriel : Nord Pas de Calais, Somme et Seine Maritime
- 78 sites répartis selon un transect Ouest-Est recouvrant des stations de mesures de dépôts humides de pesticides

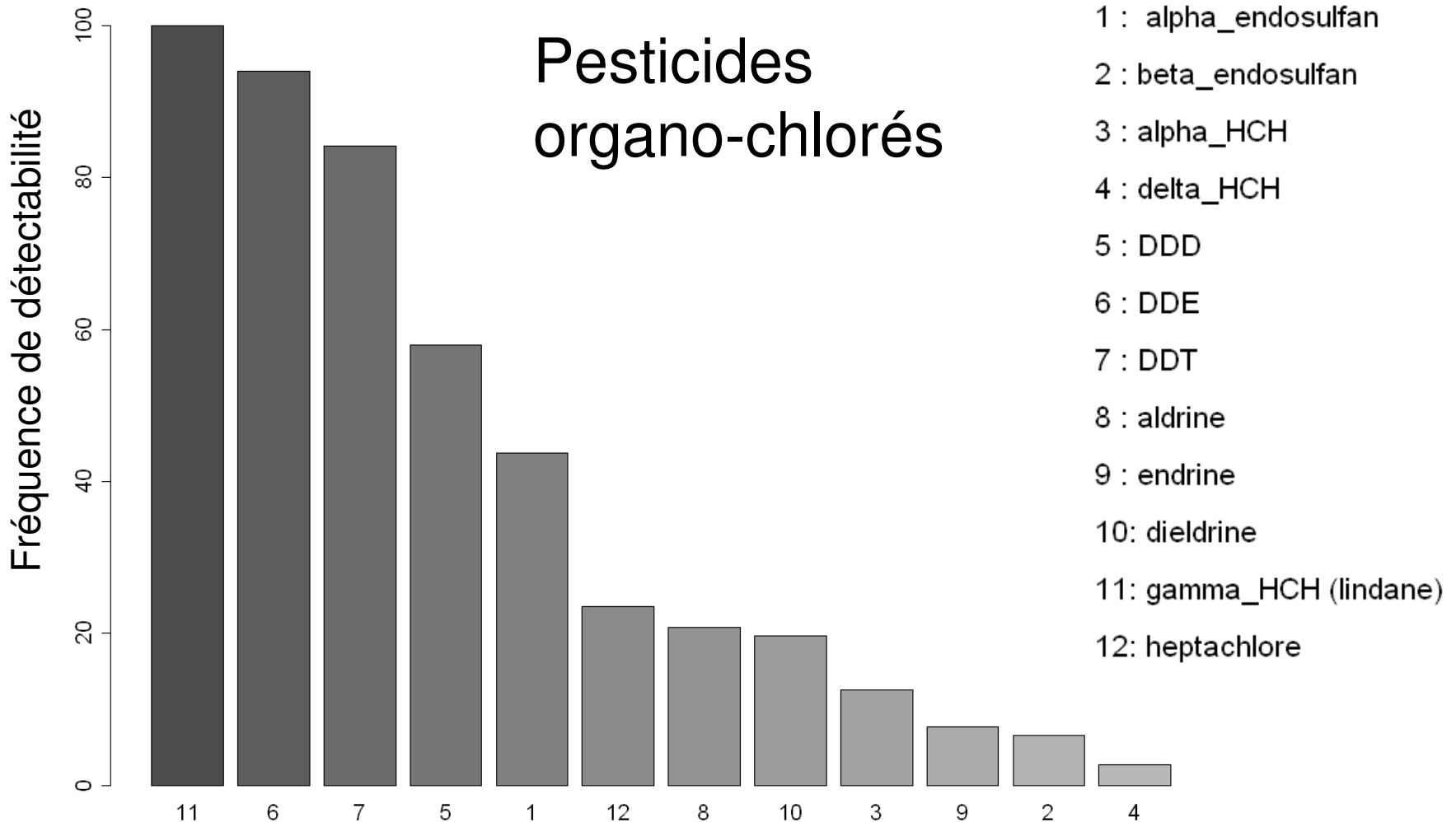


# Peut-on détecter des POP dans les sols du RMQS ?





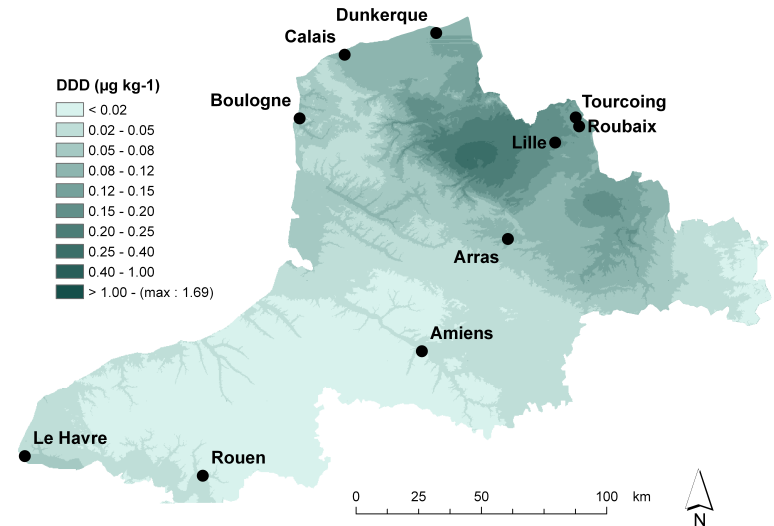
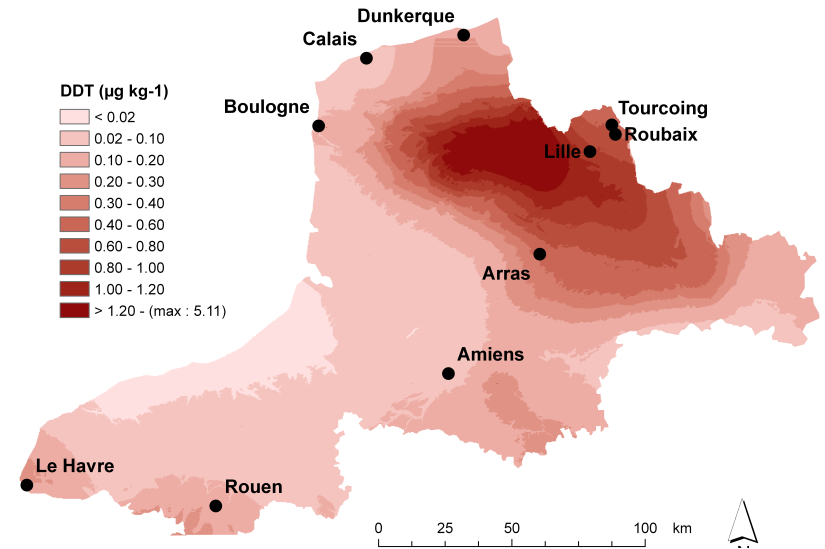
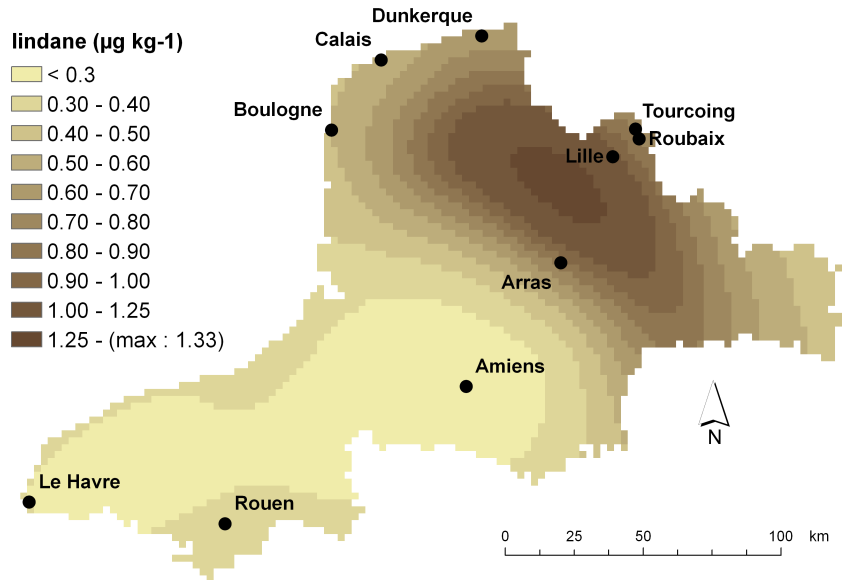
# Peut-on détecter des POP dans les sols du RMQS ?





# Peut-on cartographier des gradients de contamination ?

## Pesticides organo-chlorés





Analyse de la distribution géographique des OCP et HAP dans les sols de France sur la base d'un sous échantillonnage du RMQS



**550 sites RMQS (1/4)**

## 13 OCP

alpha HCH  
beta HCH  
lindane (gamma HCH)  
delta HCH  
DDT  
DDD  
DDE  
alpha endosulfan  
bêta endosulfan  
heptachlore  
aldrine  
endrine  
dieldrine

## 16 HAP

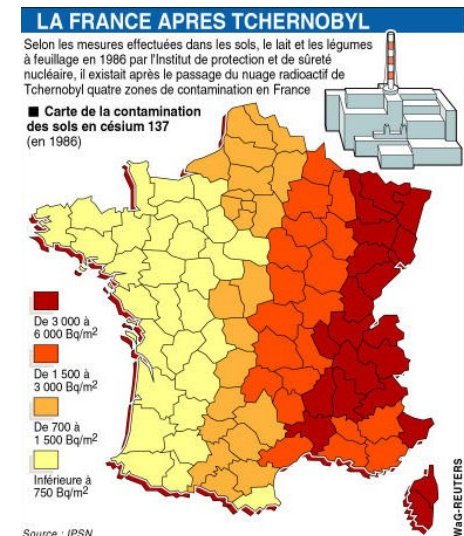
N  
a  
p  
h  
t  
a  
l  
è  
n  
e

Acénaphtylène



# Les radioéléments

- Les programmes de surveillance des sols sont-ils capables de les détecter ?
- Peut-on cartographier des gradients de contamination à l'échelle du territoire ?







# Projet RMQS-CHLORE 36

Caractérisation de la variabilité des teneurs en chlore organique et inorganique des sols

## 45 sites RMQS sélectionnés selon usage et propriétés pédologiques








Selection Projet ANDRA Chlore 36 - 18/11/2009  
© RMQS - GIS SOL - INRA Orléans

Occupation des sites

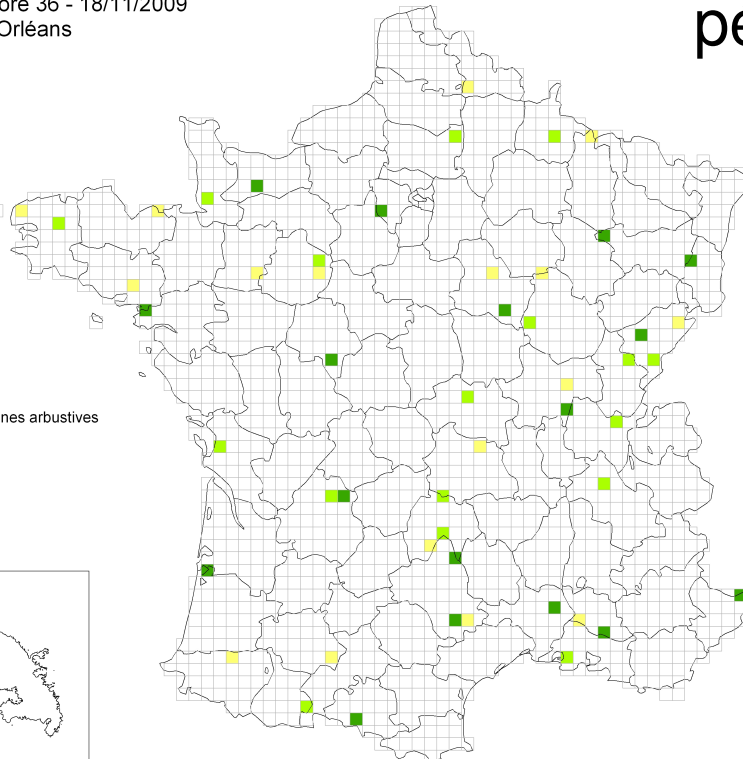
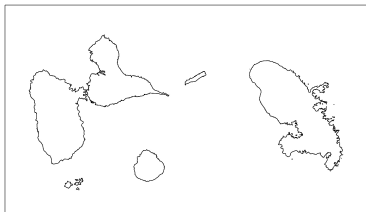
-  Cellules RMQS
-  Limites des départements

**Occupation des sites**

**Occupation niveau 1**

-  parcs et jardins
-  successions culturales
-  surfaces boisées
-  surfaces toujours en herbe
-  vignes vergers et cultures pérennes arbustives
-  milieux naturels particuliers
-  friches

Guadeloupe et Martinique



Le chlore 36 est un radioélément dont la persistance potentielle dans la biosphère est associée à la chlorination de la matière organique et à la dynamique de recyclage du chlore stable



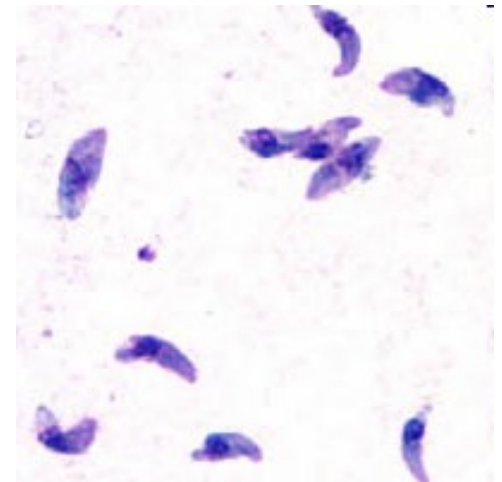
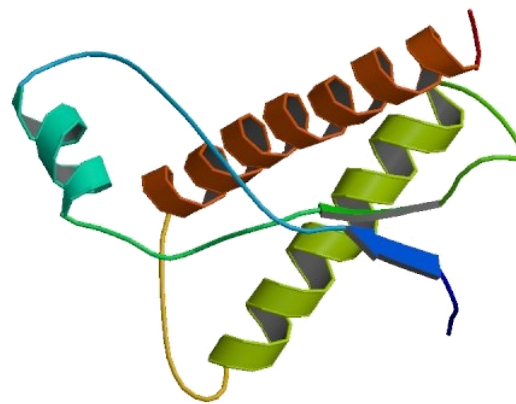
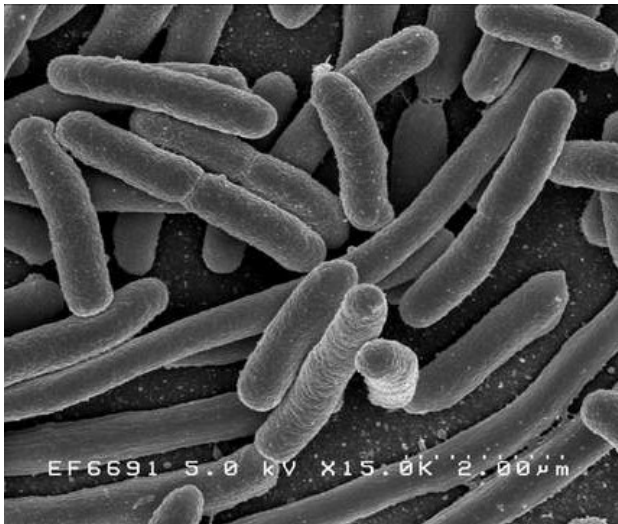




# Les pathogènes

Un **agent infectieux** (ou **agent pathogène**) est un agent biologique responsable d'une maladie infectieuse.

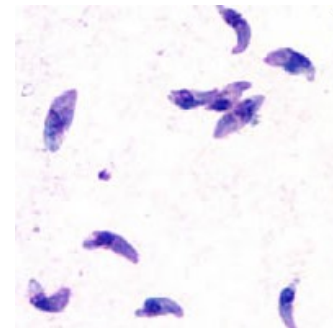
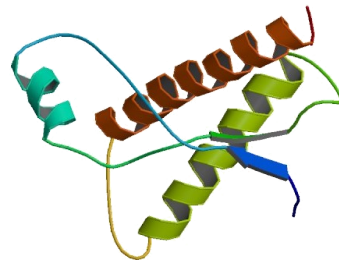
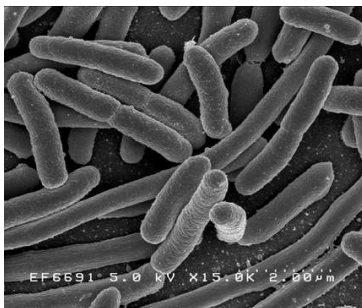
Les agents infectieux peuvent être **des virus, des bactéries, des parasites** (protozoaires, helminthes) ou des protéines de type prions.





# Les pathogènes

- Les sols constituent-ils un réservoir d'organismes pathogènes ?
- Les programmes de surveillance des sols sont-ils capables de les détecter ?
- Peut-on cartographier des gradients à l'échelle du territoire ?
- Quels sont les déterminants de leur distribution ?







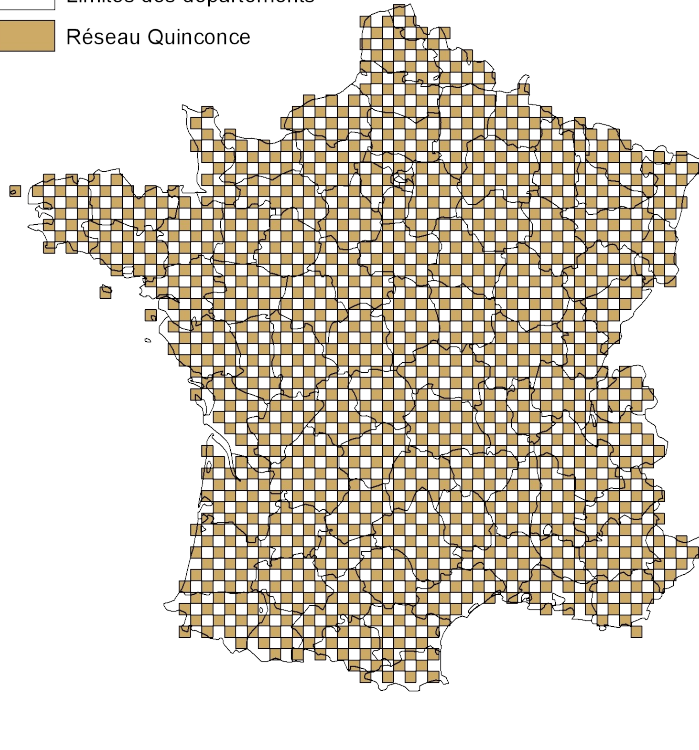
# Le projet PATHO-RMQS

Répartition géographique des bactéries pathogènes de l'Homme  
dans les sols: effet des constituants et de l'urbanisation

**1 450 sites**  
**16 bactéries pathogènes**

Légende

-  Limites des départements
-  Réseau Quinconce



## Pathogènes primaires :

- *Listeria monocytogenes*
- *Salmonella typhimurium*
- *Clostridium difficile*
- *Enterococcus faecalis*
- *Staphylococcus aureus*
- *Escherichia coli*
- *Burkholderia pseudomallei*

## Pathogènes opportunistes :

- *Pseudomonas aeruginosa*
- *Burkholderia cenocepacia*
- *Burkholderia multivorans*
- *Stenotrophomonas maltophilia*
- *Nocardia asteroides*
- *Acinetobacter baumannii*
- *Achromobacter xylosoxidans*
- *Aeromonas hydrophila*
- *Aeromonas caviae*



# Les sols sont-ils un réservoir d'organismes pathogènes ?

<b>Espèce bactérienne</b>	<b>Nombre échantillons RMQS testés</b>	<b>Nombre échantillons positifs</b>	<b>% sites positifs sur la France</b>	<b>Valeur de détection (copies/g sol)</b>
<i>Enterococcus faecalis</i>	939	483	51	$5 \cdot 10^1 - 3 \cdot 10^7$
<i>Listeria monocytogenes</i>	939	1	0,1	$3 \cdot 10^4$
<i>Escherichia coli</i>	518	484	83	$1 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^5$
<i>Acinetobacter baumannii</i>	795	0	0	-



# Les contaminants des sols : quelle stratégie pour demain ?

---

- Faut-il élargir la détection à la France entière ? ex : POP
- Faut-il explorer de nouveaux contaminants ? ex: As, Hg, radioéléments, contaminants émergents, etc.



# Les contaminants des sols : quelle stratégie pour demain ?

---

- **éléments traces** : As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, Zn, etc.
- **contaminants organiques** : HAP, PCB, dioxines, furanes, pesticides, etc.
- **radioéléments** : Cs, Sr, I, Cl, etc.
- **pathogènes** : microorganismes, prions, parasites, etc.
- **contaminants émergents** : perturbateurs endocriniens (phtalates, bisphénol A, polybromés, alkylphénols, hormones...), transgènes, nanoparticules, etc.



# Les contaminants des sols : quelle stratégie pour demain ?

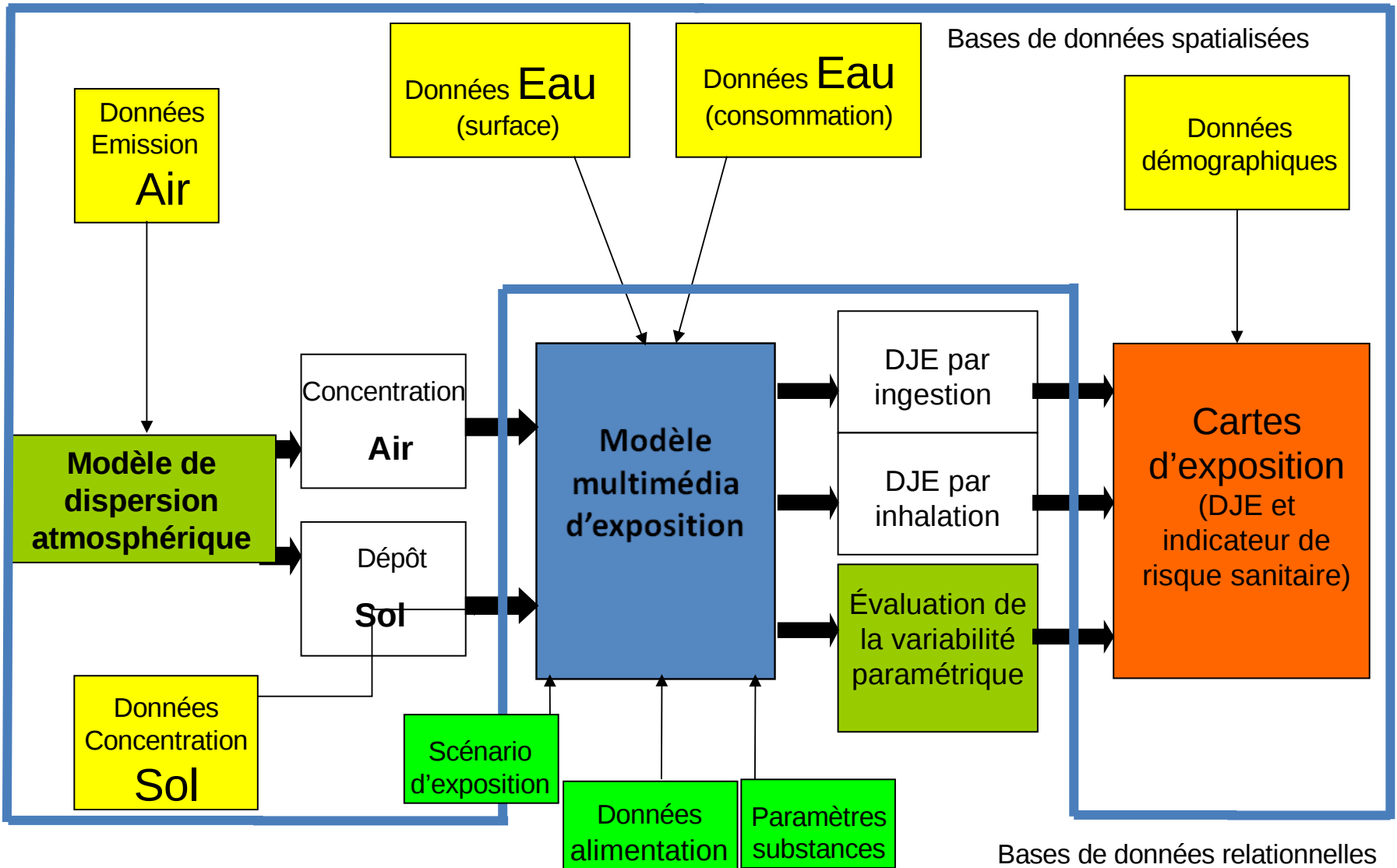
---

- Faut-il élargir la détection à la France entière ? ex : POP
- Faut-il explorer de nouveaux contaminants ? ex: As, Hg, radioéléments, contaminants émergents, etc.
- Faut-il s'intéresser à des formes biodisponibles de contaminants ? ex : ETM par extractants « doux », test de bioaccessibilité
- Faut-il développer des indicateurs ? ex : indicateur d'exposition aux contaminants



# Inégalités d'exposition géographique

« SIG et indicateurs de l'environnement extérieur »







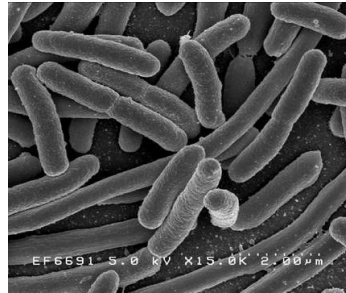
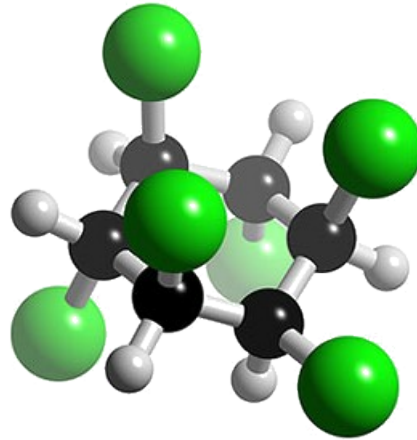
# Les contaminants des sols : quelle stratégie pour demain ?

---

- Faut-il élargir la détection à la France entière ? ex : POP
- Faut-il explorer de nouveaux contaminants ? ex: As, Hg, radioéléments, contaminants émergents, etc.
- Faut-il s'intéresser à des formes biodisponibles de contaminants ? ex : ETM par extractants « doux », test de bioaccessibilité
- Faut-il développer des indicateurs ? ex : indicateur d'exposition aux contaminants
- Y-a-t-il de grands oubliés ?



# Merci de votre attention







**Claudy Jolivet**  
**US 1106 InfoSol Inra Orléans**  
**[claudy.jolivet@orleans.inra.fr](mailto:claudy.jolivet@orleans.inra.fr)**





# Pollution des sols par la chlordécone aux Antilles

-  Pas de pollution
-  Pas d'incidence sur légumes très consommés
-  Pas d'incidence sur légumes peu consommés
-  **Risque sanitaire sur produits alimentaires**

