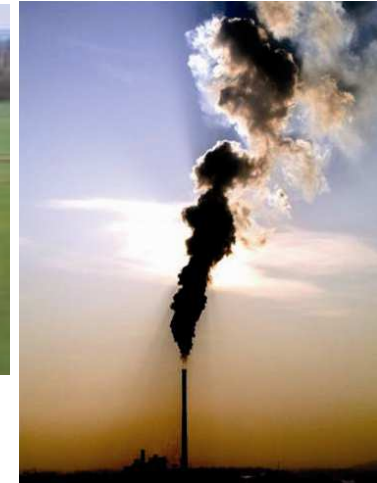
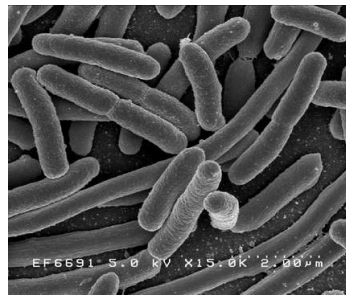
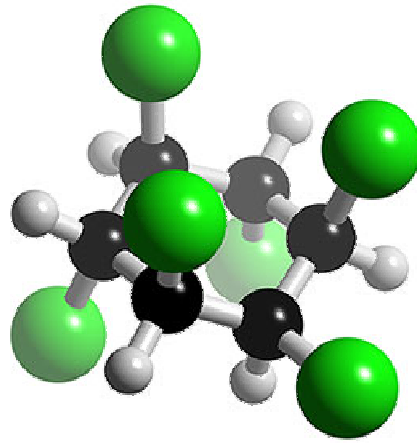




Les contaminants des sols : priorités, projets, perspectives



Claudy Jolivet
US 1106 InfoSol Inra Orléans
claudy.jolivet@orleans.inra.fr



pour une gestion patrimoniale et durable des sols



Les contaminants des sols

Selon la Convention internationale OSPAR¹,
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.

¹ 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**



Questions posées

Comment les programmes menés par le Gis Sol permettent de répondre à l'évaluation de la contamination des sols ?

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



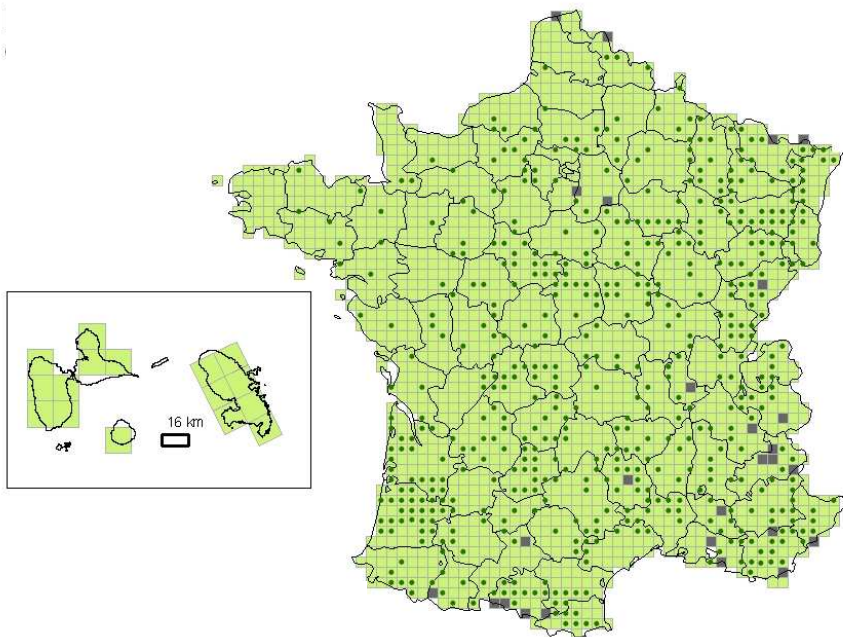
Les contaminants mesurés dans les programmes du Gis Sol

- **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

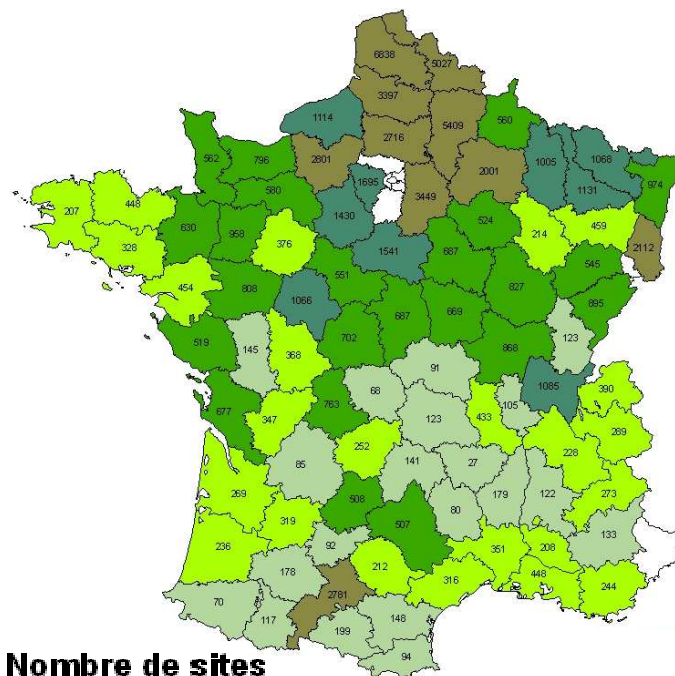


Etat d'avancement

- Prélevé
- Prélèvement impossible

1^{ère} campagne :
2000 - 2009

BDETM : 74 000 échantillons
520 000 déterminations



Nombre de sites

- < 200
- 201 - 500
- 501 - 1000
- 1001 - 2000
- 2001 - 8838

2 campagnes :
1998 et 2008



Les éléments traces

Les éléments traces sont les 80 éléments chimiques dont la concentration, dans la croûte terrestre, est pour chacun d'entre eux inférieure à 0,1 %

• **ETM**

• Quels niveaux ?

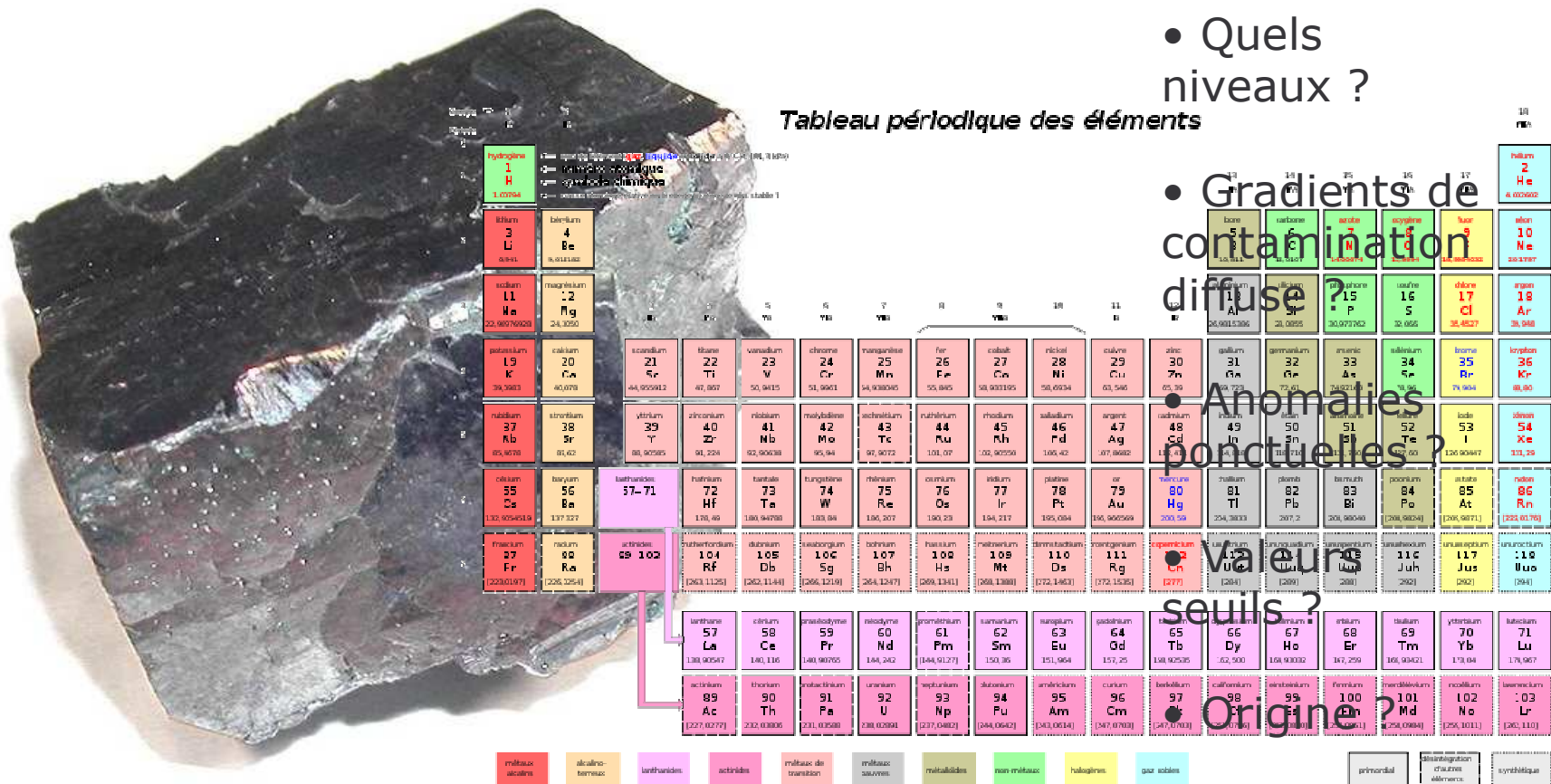
• Gradients de contamination diffuse ?

• Anomalies ponctuelles ?

• Valeurs seuils ?

• Origine ?

Tableau périodique des éléments





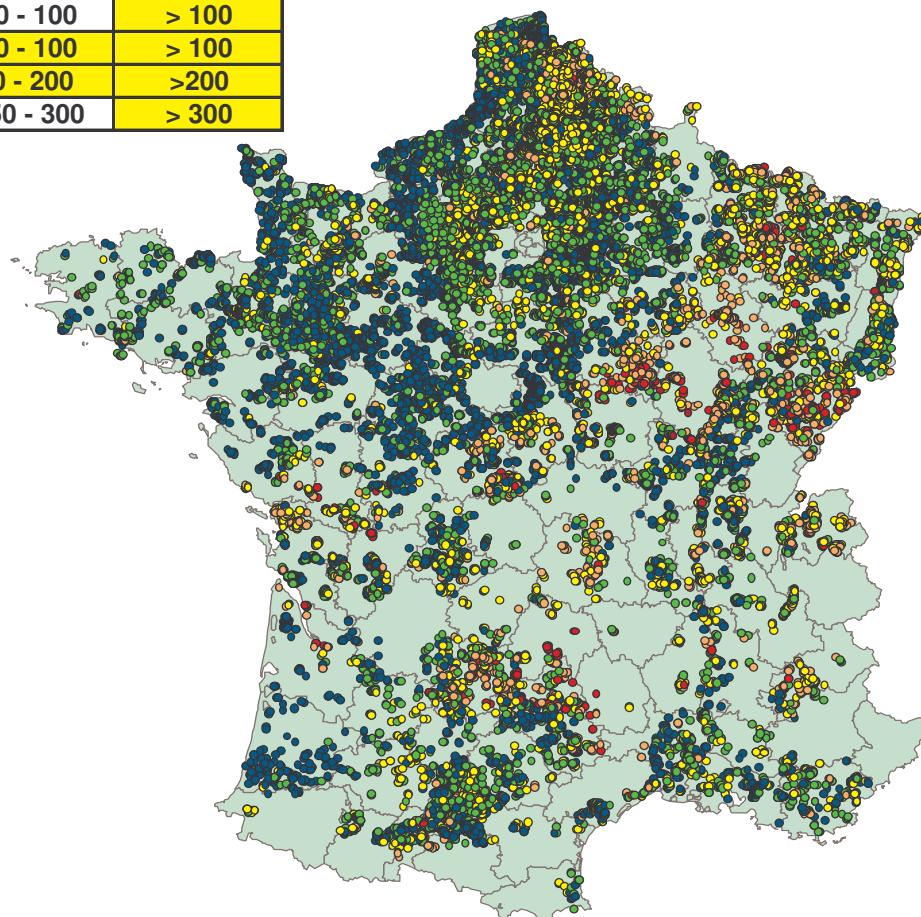
détection de valeurs anormales : indice de charge multimétallique

	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

BDETM
Couche de surface
ICMM

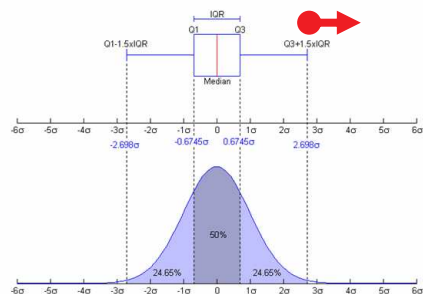
ICMM

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



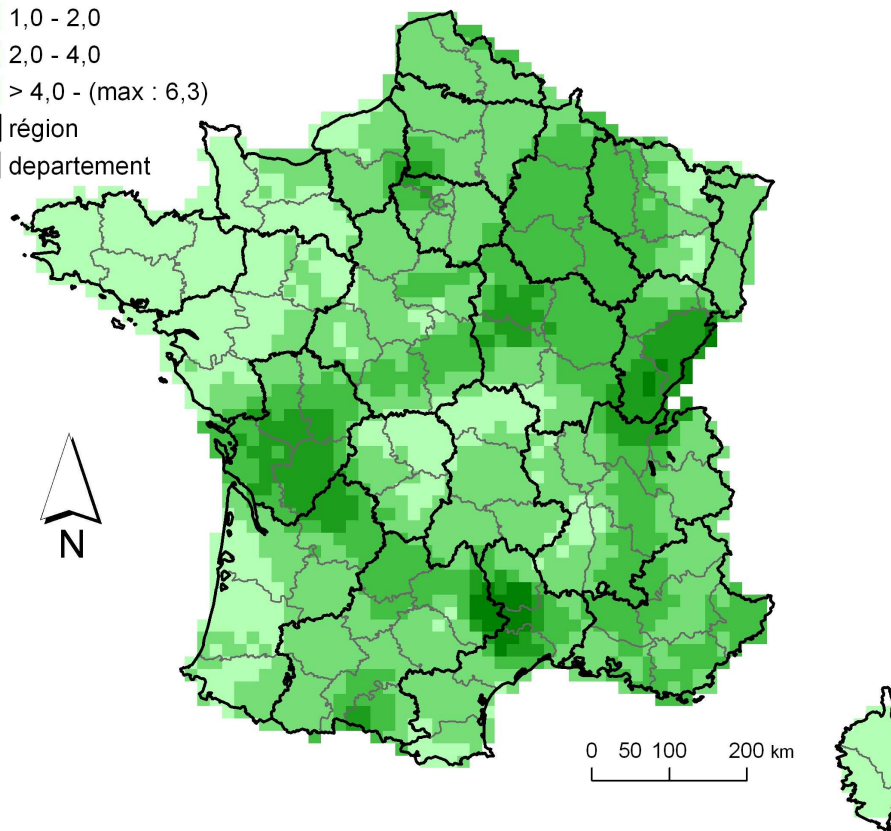
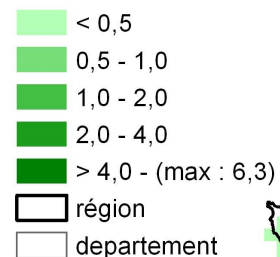


détection de valeurs anormales : teneurs habituelles maximales



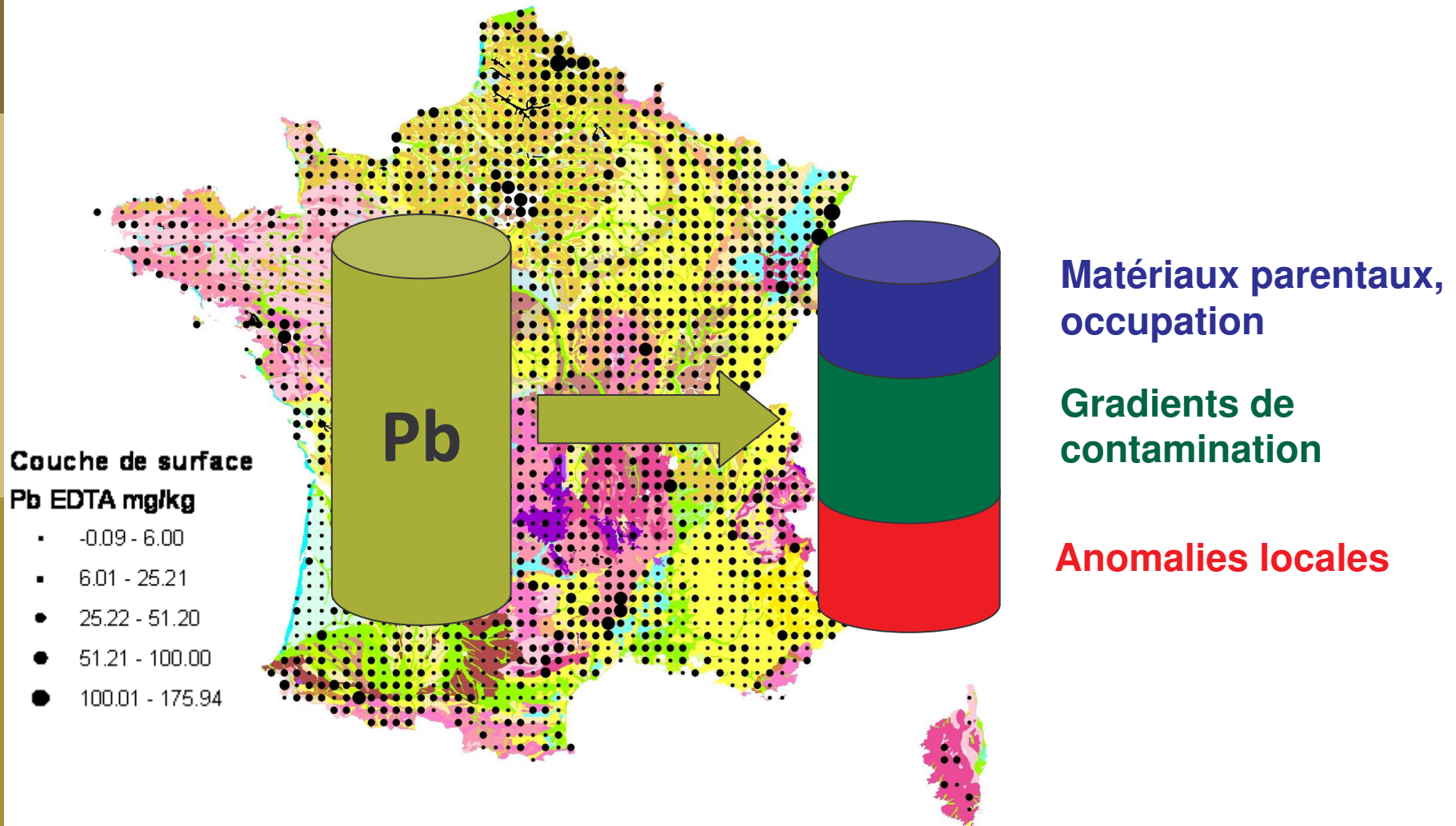
RMQS
Cadmium total
Surface (0-30 cm)
Vibrisse supérieure

Teneurs habituelles maximales en Cadmium (mg/kg)





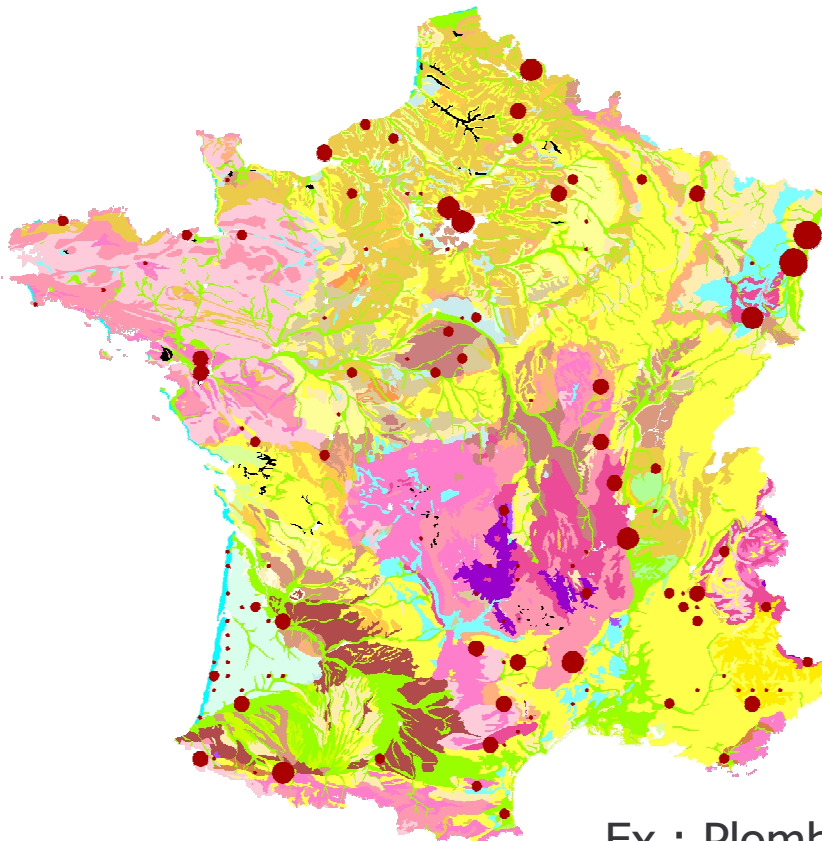
Comment distinguer les origines : Modèle linéaire mixte et géostat robustes



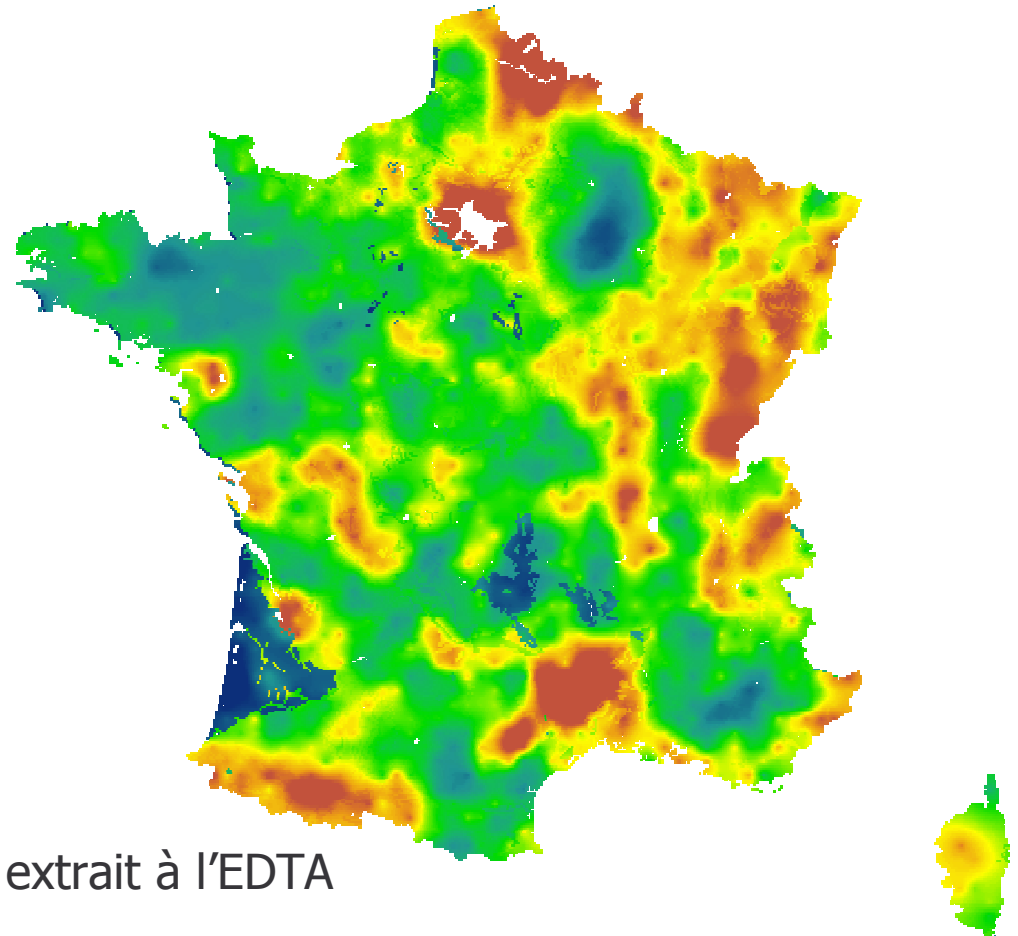


Comment distinguer les origines : Modèle linéaire mixte et géostat robuste

Anomalies locales



Matériaux parentaux et Gradients de contamination

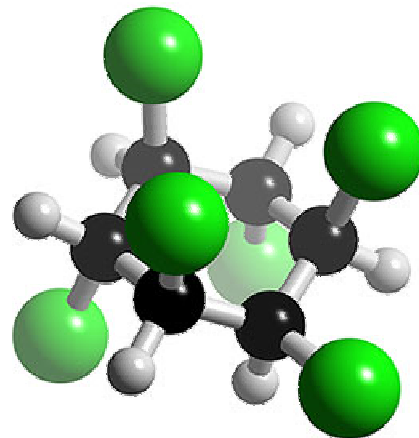


Ex : Plomb extrait à l'EDTA

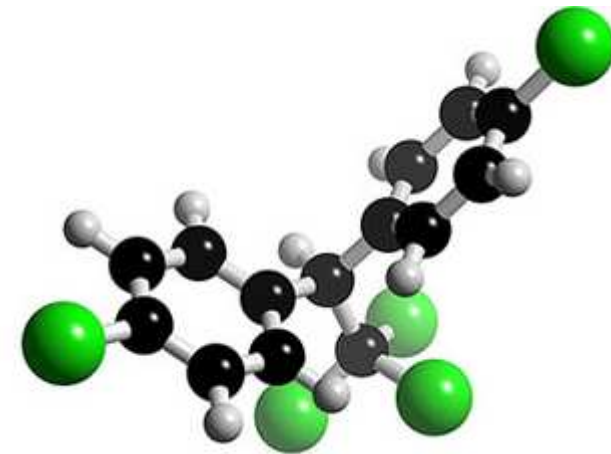


Les polluants organiques persistants (POP)

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



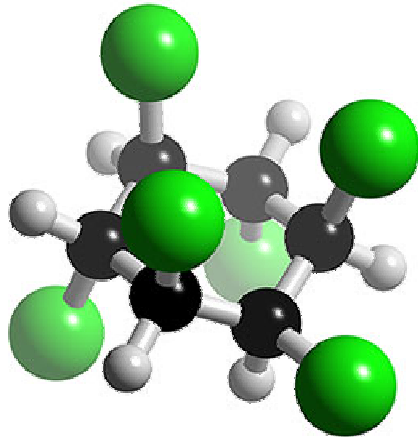
Molécule de lindane : γ HCH HexachloroCycloHexane



Molécule de DDT : DichloroDiphenylTrichloroéthane



- Peut-on les détecter ?
- Peut-on les cartographier ?





Le projet POP-RMQS : 90 molécules analysées

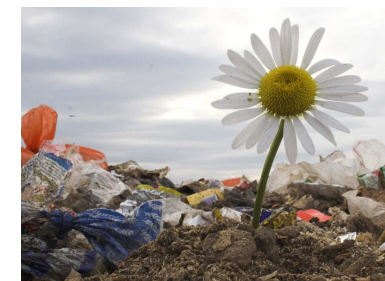
HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

PCB : PolyChloroBiphényles (ex : pyralène)

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

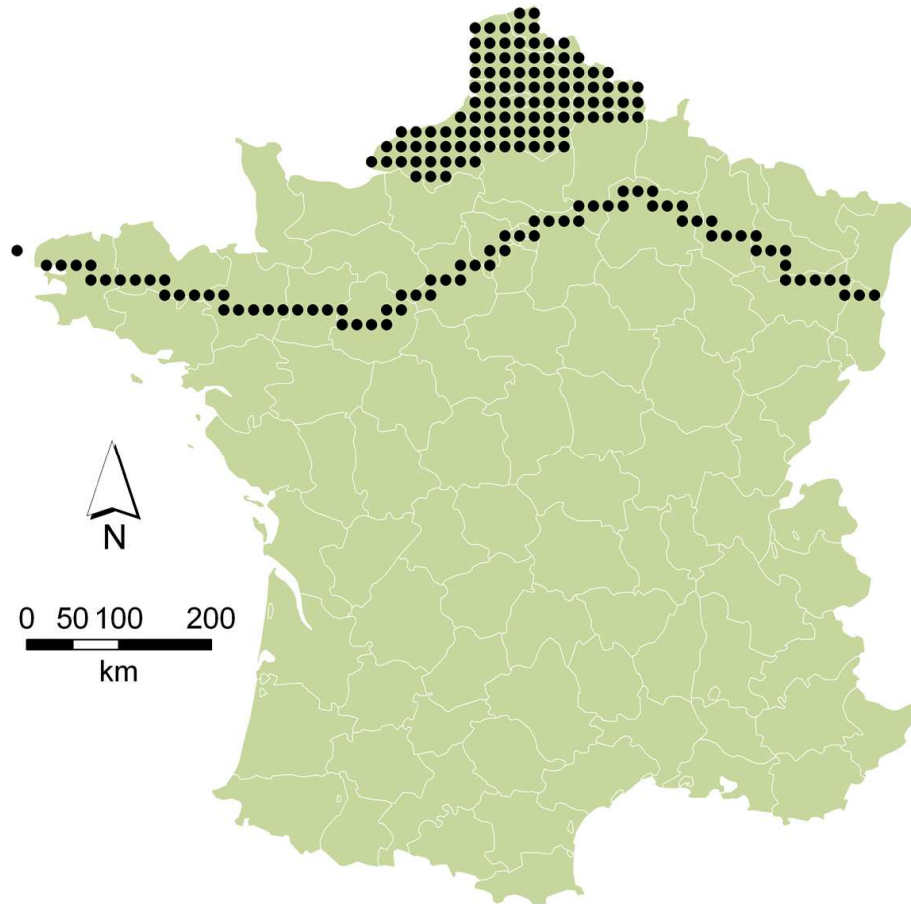
Pesticides :

- **OCP** : Pesticides OrganoChlorés : (ex. : DDT, lindane)
- **Herbicides** : Triazines (ex. : atrazine, simazine)
Urées substituées (ex. : diuron, monolinuron)





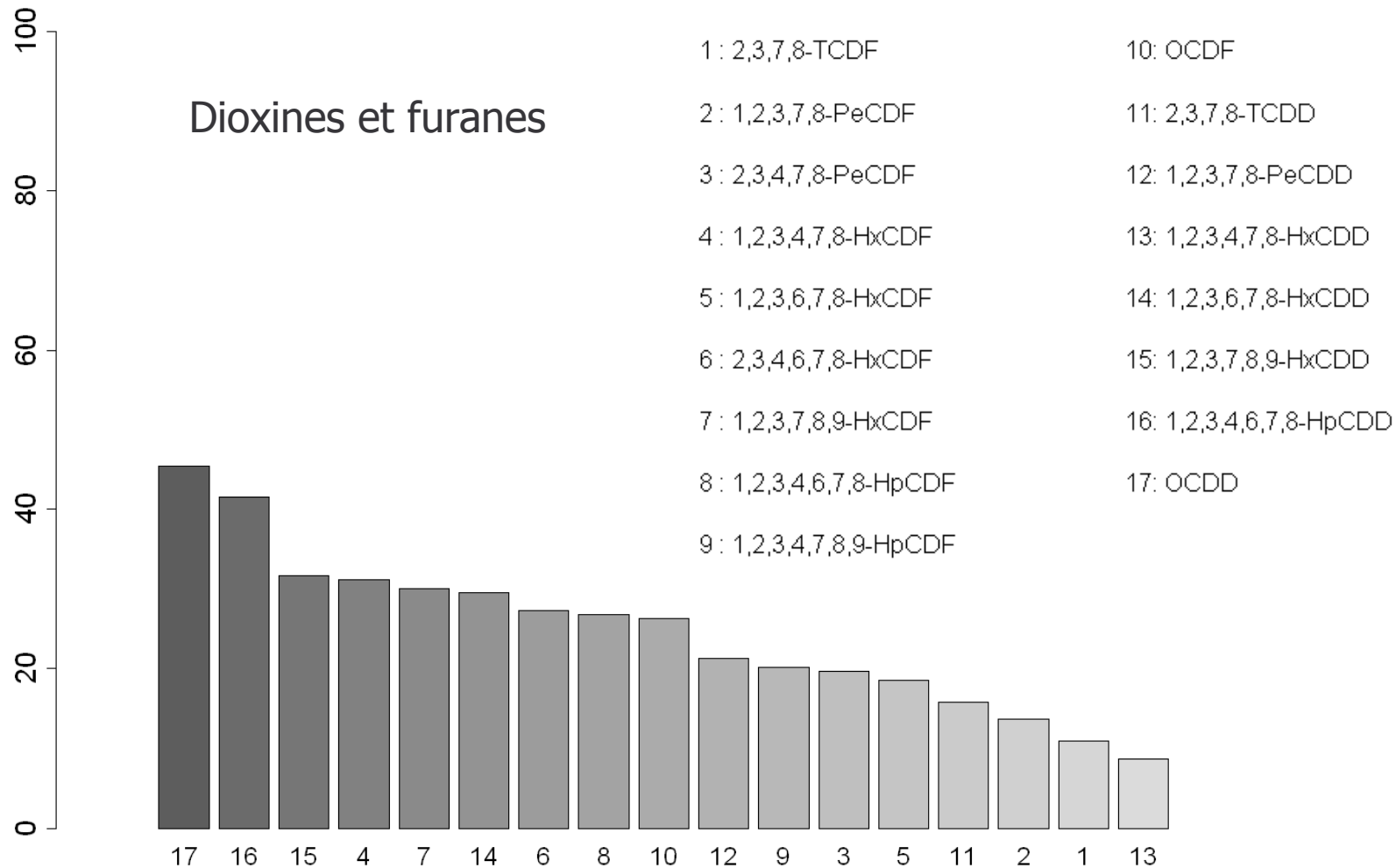
Le projet POP-RMQS : 183 sites



- 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

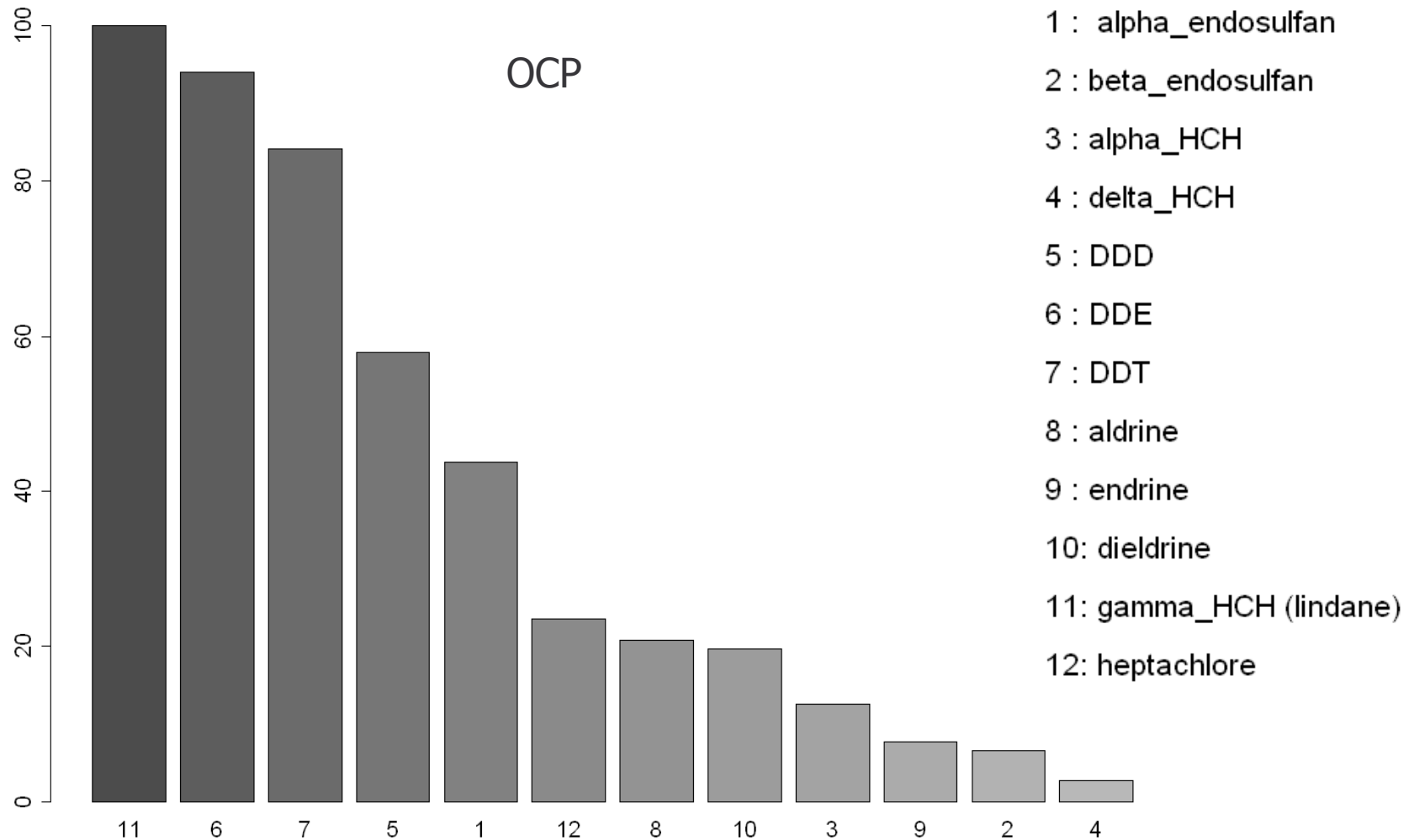


POP-RMQS : peut-on détecter des POP dans les sols ?



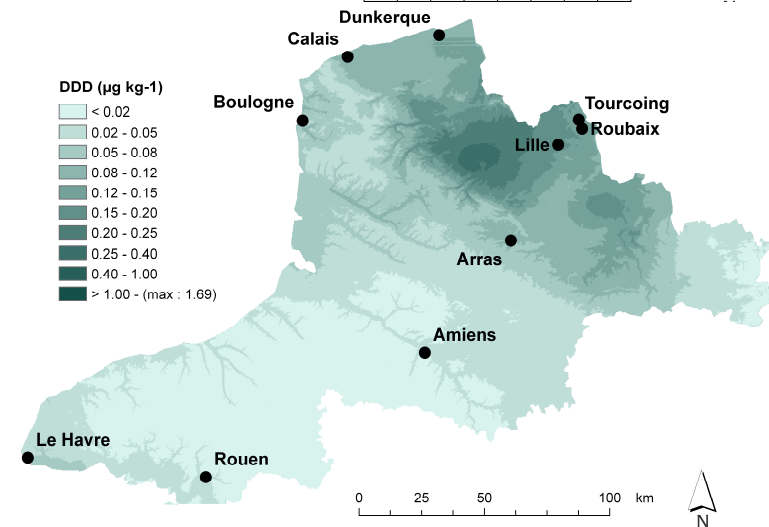
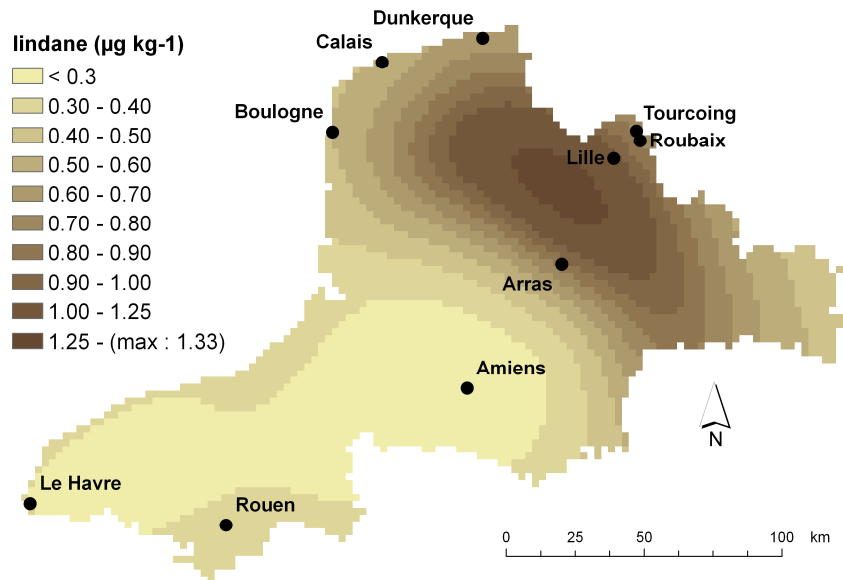
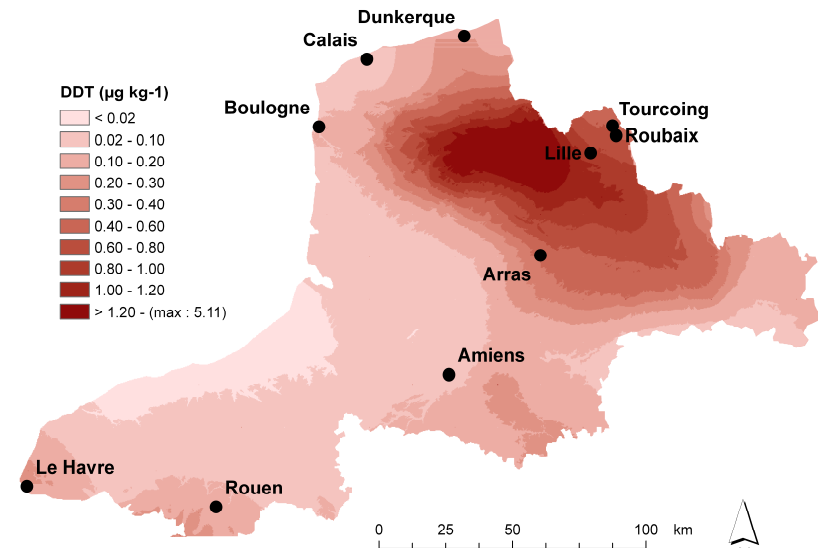


POP-RMQS : peut-on détecter des POP dans les sols ?



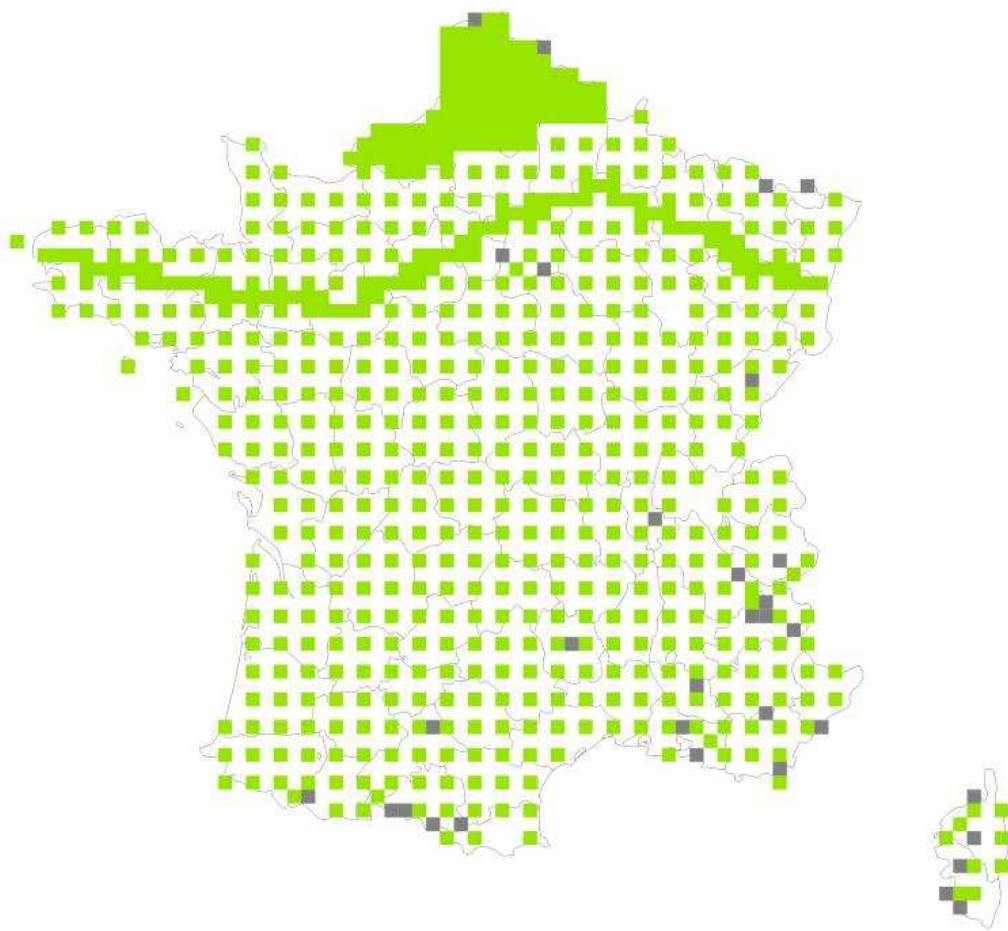


POP-RMQS : peut-on cartographier des gradients ?





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

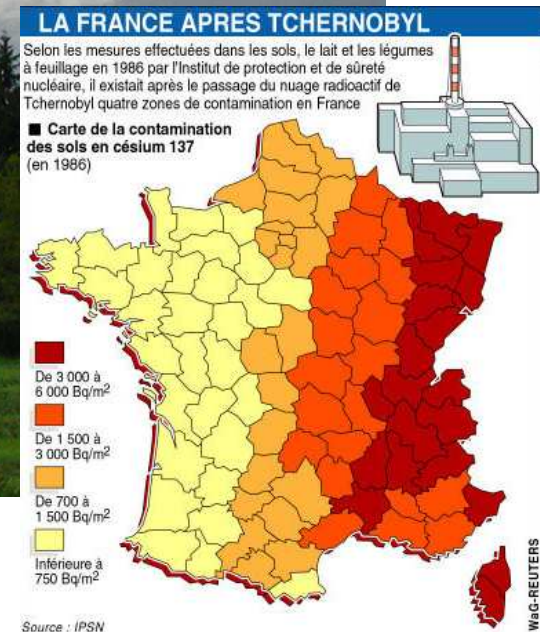
alpha HCH
beta HCH
lindane (gamma HCH)
delta HCH
DDT
DDD
DDE
alpha endosulfan
bêta endosulfan
heptachlore
aldrine
endrine
dieldrine

16 HAP

Naphtalène
Acénaphtylène
Acénaphène
Fluorène
Phénanthrène
Anthracène
Fluoranthène
Pyrène
Benzo(a)anthracène
Chrysène
Benzo(b)fluoranthène
Benzo(k)fluoranthène
Benzo(a)pyrène
Indéno(1,2,3-cd)pyrène
Dibenzo(a,h)anthracène
Benzo(g,h,i)pérylène



Les radioéléments





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

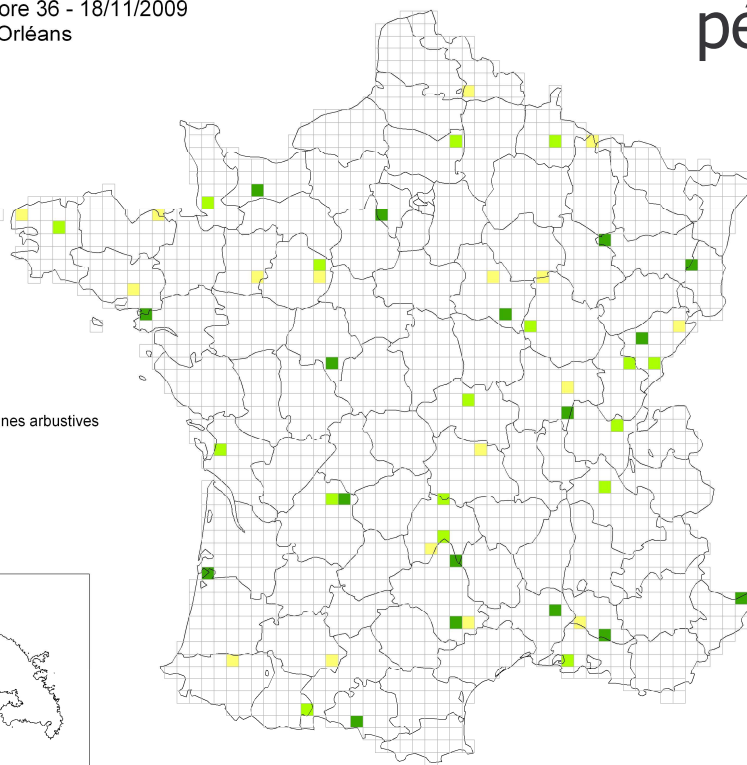
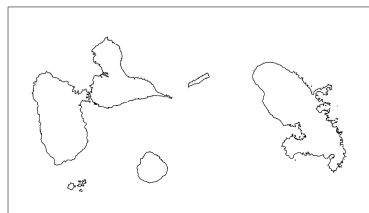
- Cellules RMQS
- Limites des départements

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



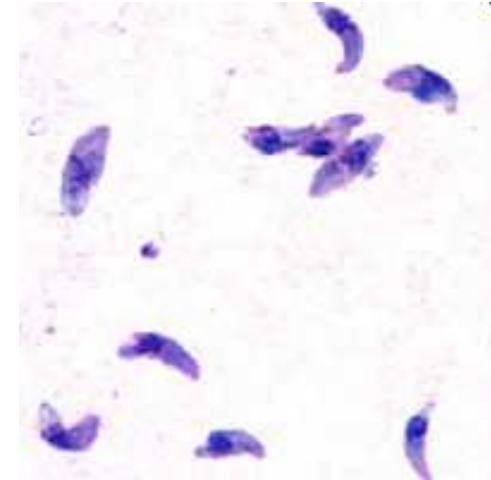
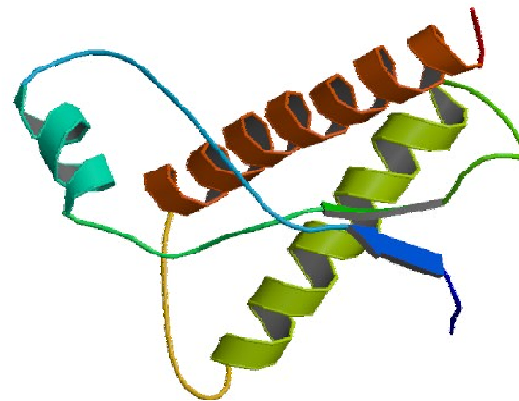
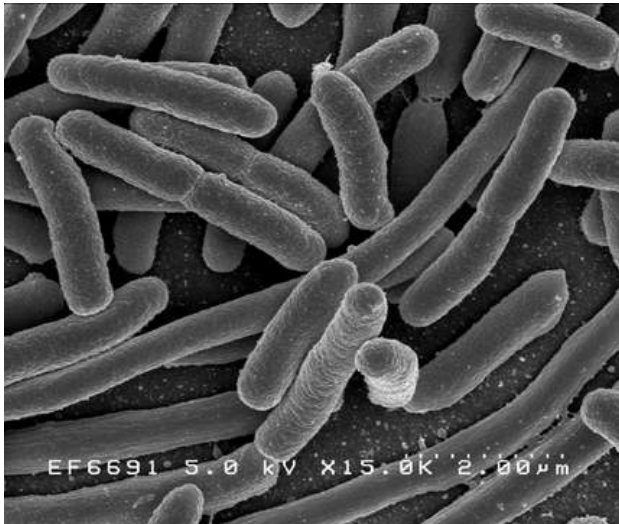
Le chlore 36 est un élément dont la persistance potentielle dans la biosphère est associée à la chlorination de la matière organique et à la dynamique de recyclage du chlore stable



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.

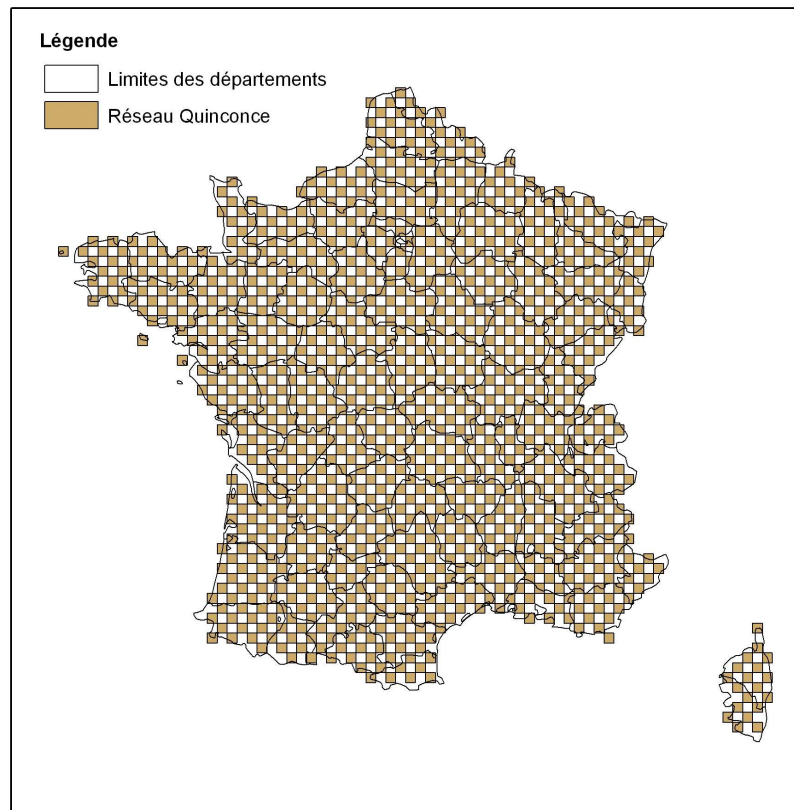




Le projet PATHO-RMQS

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

1 450 sites
16 bactéries pathogènes



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*



Le projet PATHO-RMQS

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

Espèce bactérienne	Nombre échantillons testés	Nombre échantillons positifs	% sites positifs sur la France	Valeur de détection (copies/g sol)
<i>Enterococcus faecalis</i>	939	483	51	$5.10^1 - 3.10^7$
<i>Listeria monocytogenes</i>	939	1	0,1	3.10^4
<i>Escherichia coli</i>	518	484	83	$1.10^3-1.10^5$
<i>Acinetobacter baumannii</i>	795	0	0	-



Les contaminants potentiels des sols : questions

- Élargir à la France entière ? Ex : POP
- Nouveaux contaminants ? ex : As, Hg, Cs, émergents, etc.



Les contaminants potentiels des sols : questions

- **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.

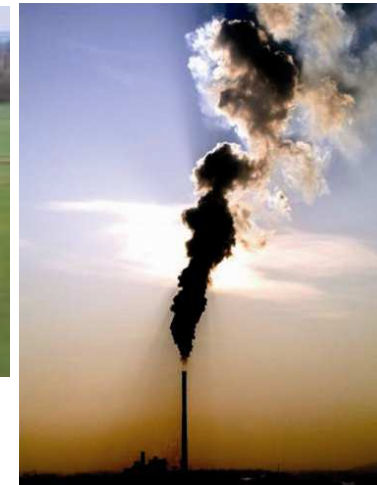
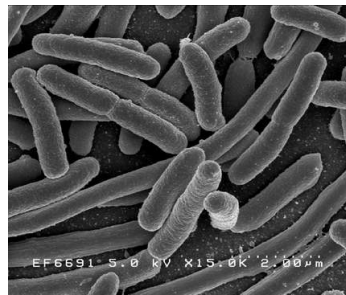
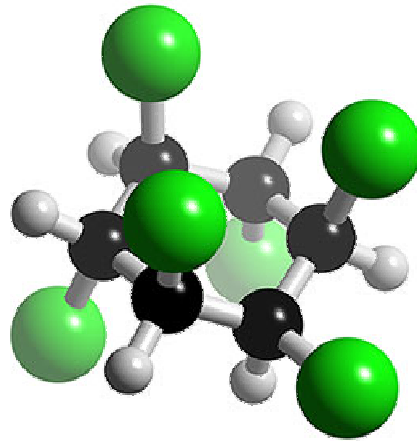


Les contaminants potentiels des sols : perspectives

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

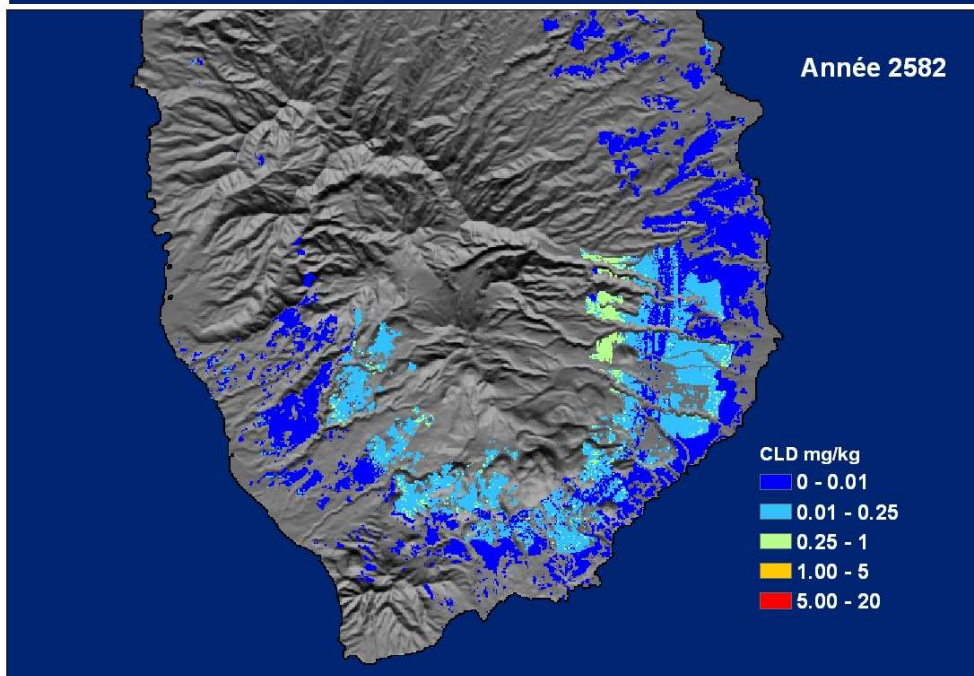
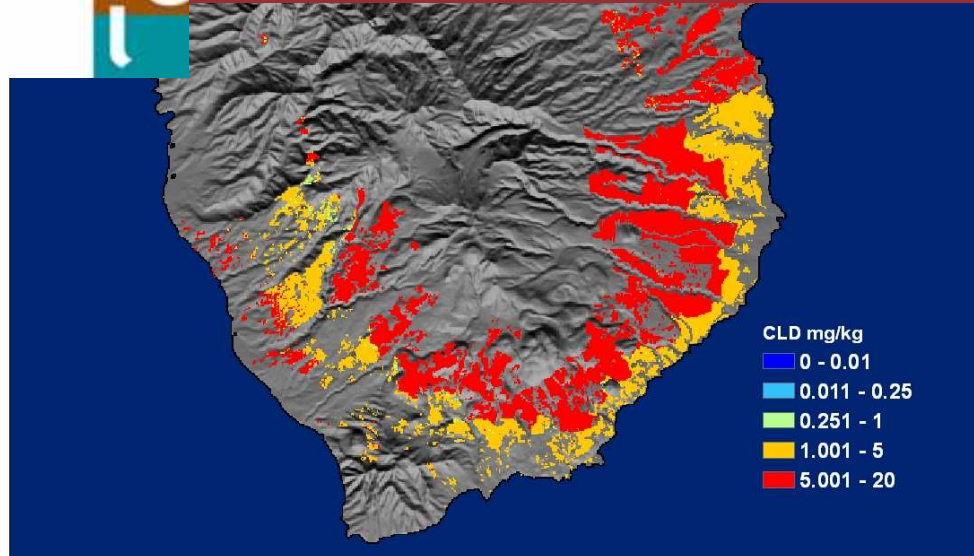


Merci de votre attention



Claudy Jolivet
US 1106 InfoSol Inra Orléans
claudy.jolivet@orleans.inra.fr

Contamination 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**

Projet SIGFRIED 1

« SIG et indicateurs de l'environnement extérieur »

