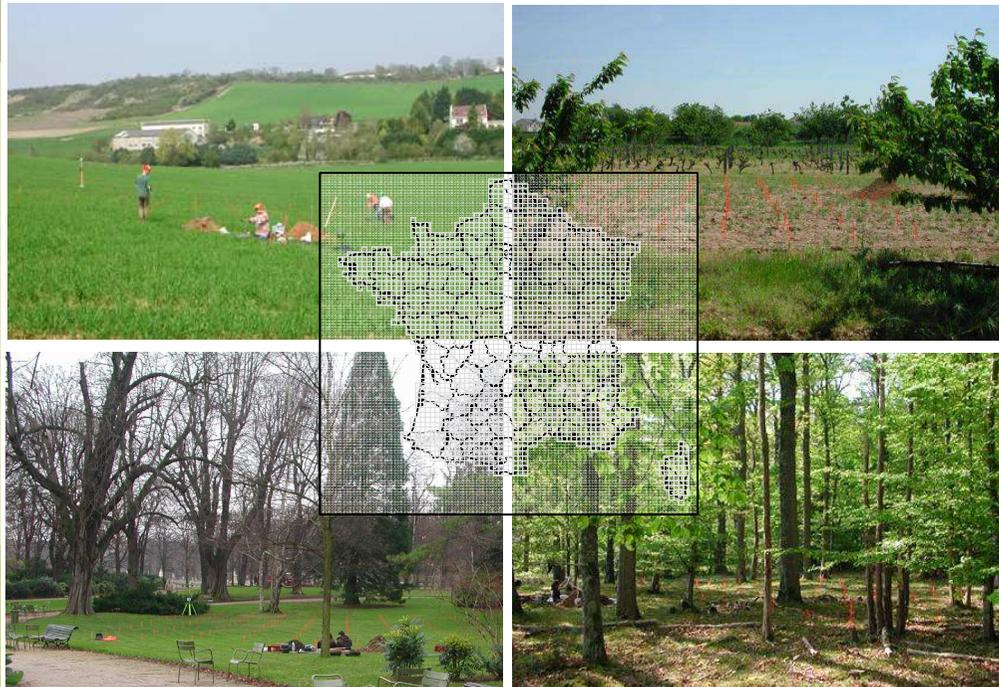




Teneurs en éléments traces métalliques dans les sols de France :



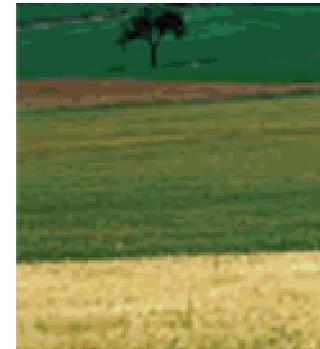
Bilan de la première campagne du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS)

Claudy Jolivet – US 1106 InfoSol INRA Orléans



Le GIS Sol : la politique française pour la protection des sols

LE GROUPEMENT D'INTERET SCIENTIFIQUE SOL (MEEDDM, MAAP, INRA, ADEME, IRD, IFN)



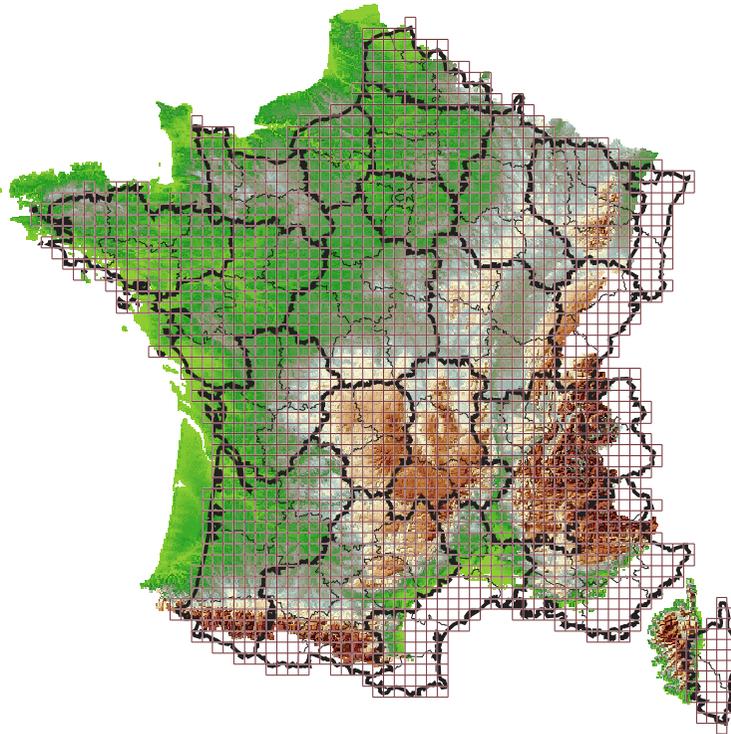
pour une gestion patrimoniale et durable des sols



« constituer et gérer le système d'information sur les sols de France »



RMQS : un réseau systématique



- 2200 sites
- répartis selon une grille de 16 km x 16 km
- échantillonnés tous les 10-15 ans
- représentatifs des sols français et de leurs usages



Les objectifs du RMQS

- Disposer d'un tableau de bord (bilan et référence)
- Caractériser des gradients (contamination diffuse)
- Détecter des évolutions (réseau d'alerte)
- Support de validation (couverture exhaustive)
- Banque d'échantillons (conservatoire)



Qu'est ce qu'un site RMQS ? de nombreuses observations

Historique et pratiques de gestion



Environnement et sources de contamination





Le conservatoire des sols



R.M.Q.S.	INRA	Site : 514
		Type de profil : Composite
		No Horizon : 1
		Profondeur : 0 - 20 cm
CAMP 1	No Prelevement : 1	
Date d'intervention : 2002-06-17		
		
100514C11		





Les paramètres mesurés

par le Laboratoire d'Analyse de Sols de l'INRA d'Arras

38 paramètres mesurés en routine :

- Granulométrie (cinq fractions)
- pH eau
- Carbone organique et azote total
- CEC et cations échangeables (Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn)
- CaCO₃
- P₂O₅
- Bore
- Fer libre
- Eléments majeurs totaux (Ca, K, Mg, Na, Fe, Al, Mn)
- Eléments traces totaux (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Tl, Mo)
- Eléments traces EDTA (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn)



La base de données : DONESOL

Une base de données commune aux programmes d'inventaire et de surveillance des sols



La base de données : DONESOL 1 746 460 données RMQS

INRA Unité Informat - RMQS

RMQS F 01B version 3 1105

5.4. Façons culturales, itinéraires techniques

Numéro du site RMQS

Angle

Distance (en cm)

Code espèce

1. Lister la succession des opérations pour les principales cultures de la succession culturale en sous-solage, déchaumage, semis, hersage ou semis combiné, labour, (préciser la profondeur de travail du sol), passages pour fertilisation et traitements...
2. Préciser pour chaque opération l'outil utilisé, notamment pour les travaux du sol.
3. Préciser également la période ou date d'intervention.

1^{re} culture : ... année : ... année : ... précédent : ...

Opérations	Date	Outil-méthode	Profondeur de travail du sol
Déchaumage (2 passages)	août	outil à dents et charrues	11151 NW
Fertilisation PK	septembre	épandeur centrifuge	11151 NW
Semis			11151 NW
Roulage			11151 NW
6 traitements (herbicides)			11151 NW
Fertilisation N S	janvier	épandeur centrifuge	11151 NW
3 traitements fongicides			11151 NW
Récolte			11151 NW
Broyage des tiges	août		11151 NW

2^{me} culture : ... année : ... année : ... précédent : ...

Opération	Date	Outil-méthode	Profondeur de travail du sol
Déchaumage (2 passages)	oct	outil à dents et charrues	11151 NW
Semis	oct		11151 NW
6 traitements	oct		11151 NW
4 passages fertilisation (N,S)	nov		11151 NW
Récolte	juillet		11151 NW
Récolte paille	août		11151 NW

Code	Site	Angle	Distance	Code espèce
52	464 VILLIERS-EN-5	2	30	3 ALCH VUL
52	583 MUSSEY-SUF	1	0	3 TRIF REP
52	643 RIMAUCOUR	1	0	4 THYM POL
52	643 RIMAUCOUR	5	2	5 FEST RUB
52	644 ILLOU	1	0	5 ANTH VUL
52	644 ILLOU	5	2	14 TRIF PRA
52	699 AIZANVILLE	1	0	15 POA PRA
52	699 AIZANVILLE	5	2	16 TARAXA Z
52	700 CHAUMONT	1	0	19 DACT GLO
52	702 BREUVANNE	1	0	24 CENT MON
52	702 BREUVANNE	5	2	1 FEST RUB
52	702 BREUVANNE	5	2	3 TRIF REP
52	758 ROLAMPONT	1	0	5 VERO CHA
52	758 ROLAMPONT	5	2	8 POA ANN
52	760 BOURBONNE	1	0	3 ALCH VUL
52	760 BOURBONNE	5	2	19 ANTH OJO
52	760 BOURBONNE	5	2	3 TRIF REP
52	812 VITRY-EN-MC	1	0	5 VERO CHA

- 18 833 horizons de sol décrits

- 1 099 980 variables pédologiques décrites

- 85 400 analyses physico-chimiques

- 48 480 pages d'enquêtes (historique, occupation, gestion)

- 15 960 données botaniques

- 40 997 photos (sols et environnement)

- 6 786 heures de levé GPS

Saisie des horizons du profil (compatible DONESOL 3) RMQS F 04 0305

Etude RMQS N° RMQS 1463

Eléments grossiers

Abondance (% volumique)	Forme	Taille	Nature
1	3	1	quartz
2	3	2	W
3	5	3	W
4	4	4	W
5	5	5	W
6	6	6	W

Schéma du profil

Types d'horizons

Code de l'horizon

1 A1
2 A2 (p)
3 S
4 C

Les cultures de la parcelle font-elles l'objet de traitements phytosanitaires ? oui non

Quels décrits dans le tableau ci-dessous tous les traitements utilisés par culture, y compris désherbage mécanique ou thermique.

Exemples de modalités pour :
 - Semis de traitement : matériel seul (ex : sulfate de cuivre), organique produit de synthèse, lutte biologique, thermique, mécanique...
 - Objets : fongicide, herbicide, nématoicide, insecticide, régulateur de croissance, produit de la ou des molécules actives

Préciser la ou les dates ou au moins le mois de l'année au cours duquel est effectué le traitement.
 - Présence d'apport : préciser la fréquence d'apport durant une année culturale dans le cas où le traitement est effectué plusieurs fois par an, à la même date.

Culture traitée	Nature	Objet	Produit (nom commercial)	Matières actives	Dose	Période ou date d'apport	Fréquence d'apport
colza	synthèse	herbicide	GENEPA	metolachlor	5,5 L	3/9/04	1
colza	synthèse	insecticide	LIMATAK	metolachlor	5 L	10/9/04	1
colza	synthèse	herbicide	NOAOT	cléthadim	1,6 L	7/10/04	1
colza	synthèse	insecticide	ZAPPA	cyfluthrin	0,3 L	15/10/04 31/10/04	2
blé	synthèse	herbicide	ILLOXAN	dicofofop - méthyl	1 L	19/12/03	1
blé	bio-minérale	herbicide	VELEZIA	-	1 L	19/12/03	1
blé	organique	insecticide	ELVIS	lécithine de soja	0,5 L	27/3/04	1
blé	synthèse	fongicide	OPUS TEAM	epoxiconazole fenpropimorph	0,5 L	19/4/04	1



Les projets associés au RMQS

Thématique	Nombre de projets	Nombre d'échantillons
Biodiversité	4	4000
Spectrométrie, carbone	3	5000
Polluants organiques persistants	3	660
ETM, transferts	2	150
Radioéléments	1	45



Les contaminants mesurés sur le RMQS

- **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 résultats de la première campagne du RMQS : ETM



Réseau
de mesures
de la qualité des sols

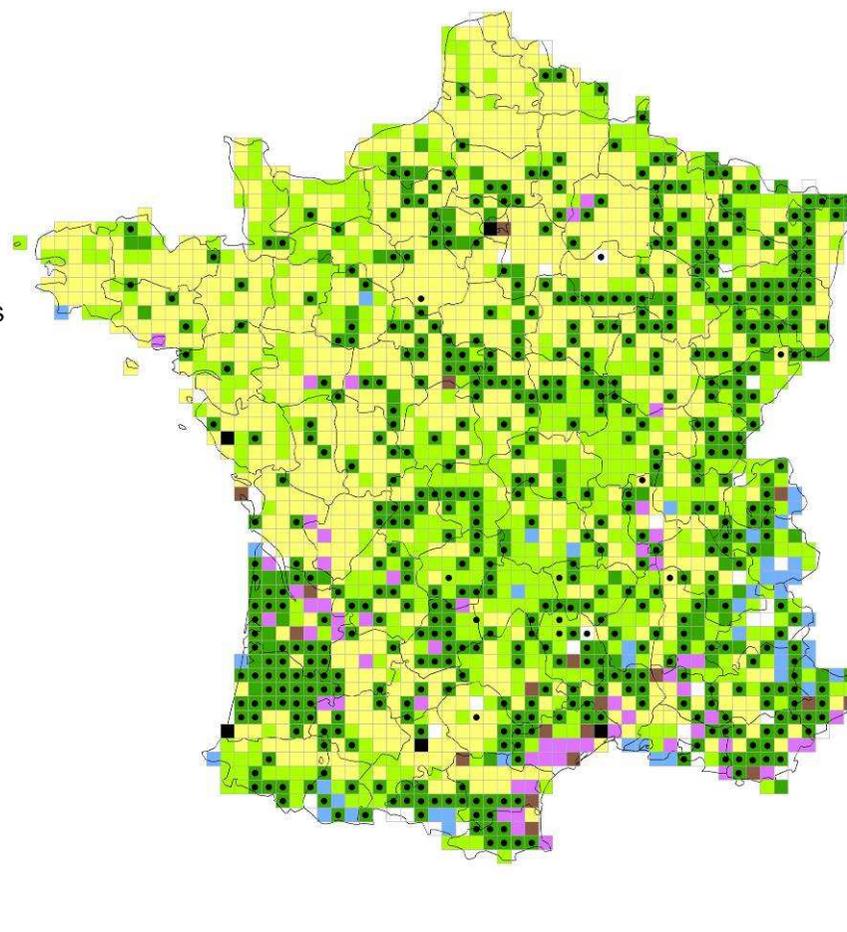
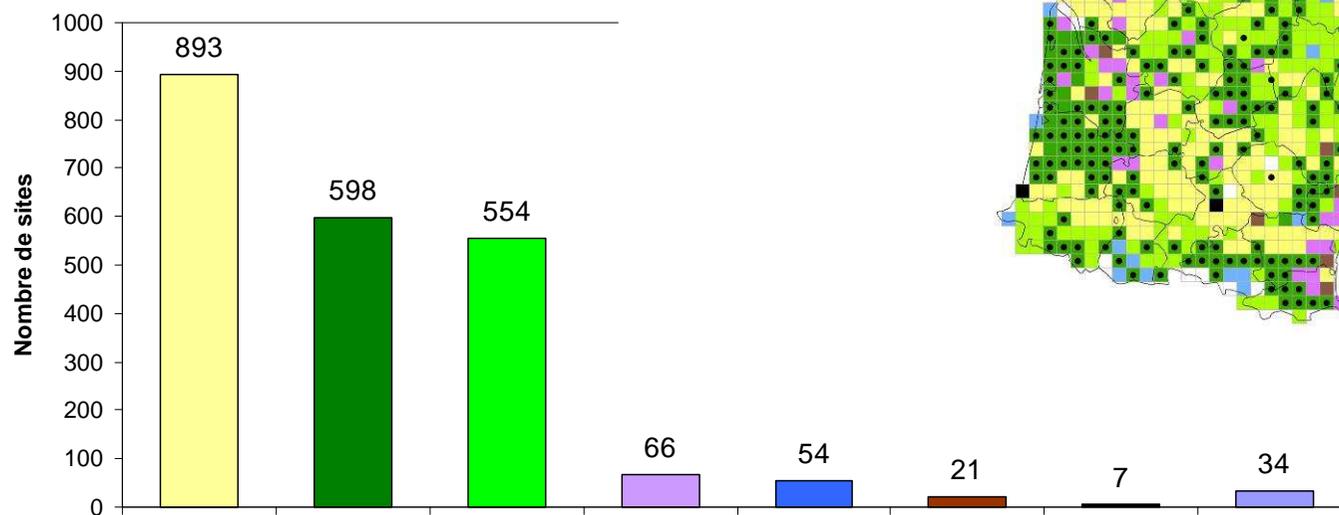
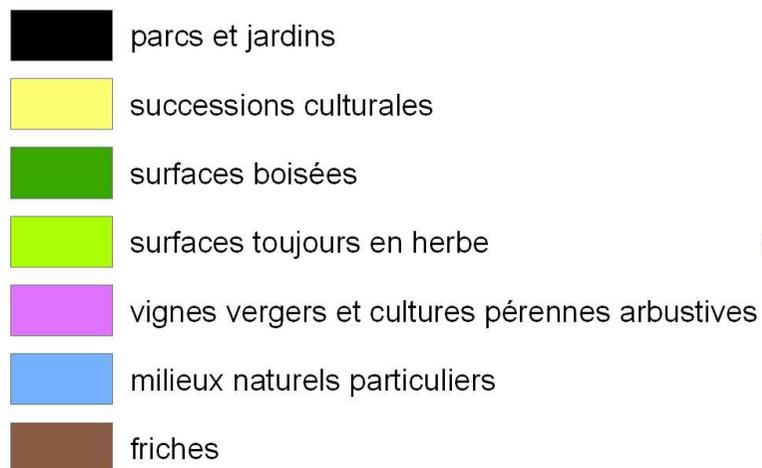


3èmes Rencontres Recherche Appliquée, Formation et Transfert du RMT 'Quasaprove'
Lycée agricole de Pau-Montardon 22 septembre 2011





Occupation des sites





Paramètres pédologiques

Couche de surface	Argile G/KG	Limon G/KG	Sable G/KG	C ORG G/KG	pH EAU	CEC CMOL+ /KG	S/T %	calc total G/KG	AL ECH CMOL+/K G	P205 OLSEN G/KG
Minimum	5	2	7	1,5	3,7	<1	2	<2	< 0,02	<0,01
1er quartile	149	271	159	13,1	5,3	6	85	<1	0,03	0,013
Médiane	202	407	296	18,9	6,1	9	98	1,0	0,08	0,037
3ème quartile	310	547	523	30,3	7,6	18	105	1,8	0,46	0,080
Maximum	819	819	985	243,0	8,8	70	691	842	8,76	0,319
Nb de valeurs	1766	1766	1766	1761	1766	1766	1720	1761	1766	1761
Moyenne	239,4	408,5	352,0	25,3	6,3	14	88	67,5	0,70	0,062



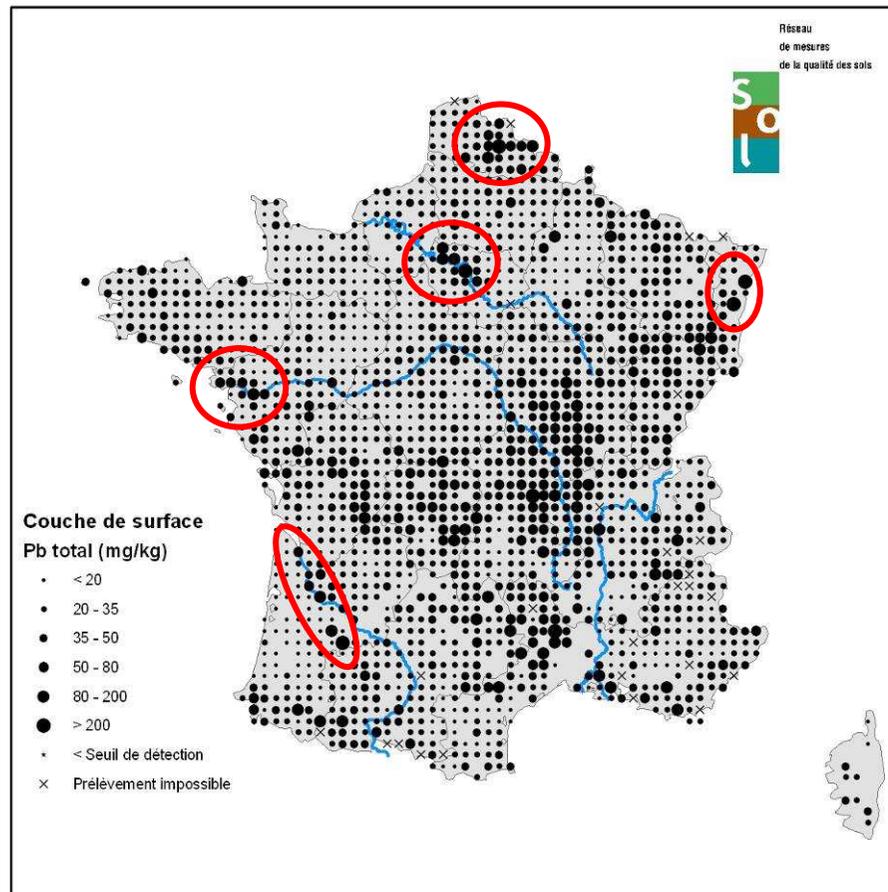
Teneurs totales (HF) en éléments traces métalliques

Couche de surface	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Mo mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Tl µg/kg	Zn mg/kg
Minimum	<0,02	<2	2,1	<1	<0,04	<2	2,9	<0,01	<5
1er quartile	0,12	5,2	32,0	8,0	0,41	10,3	21,3	0,39	40,7
Médiane	0,19	8,8	46,9	13,2	0,57	18,2	27,7	0,54	60,8
3eme quartile	0,32	13,2	63,6	20,9	0,87	28,9	37,7	0,78	87,4
Maximum	5,53	100	3030	491	19,8	1530	624	16,8	1231
Effectif	1761	1761	1761	1761	1720	1761	1761	1761	1761
Moyenne	0,30	10,8	53,9	18,6	0,79	24,7	32,8	0,68	72,2
<i>seuil de valeurs « ordinaires »</i>	<i>>0,45</i>	<i>> 23</i>	<i>> 90</i>	<i>>20</i>		<i>>60</i>	<i>>50</i>	<i>>1,7</i>	<i>>100</i>
nombre de valeurs > seuil de valeurs « ordinaires »	265	92	133	475		54	173	74	318
<i>seuil de valeurs « anormales »</i>	<i>> 2</i>	<i>> 90</i>	<i>>150</i>	<i>>62</i>		<i>>130</i>	<i>>90</i>	<i>>4,4</i>	<i>>250</i>
nombre de valeurs > seuil de valeurs « anormales »	13	2	21	57		13	31	3	23

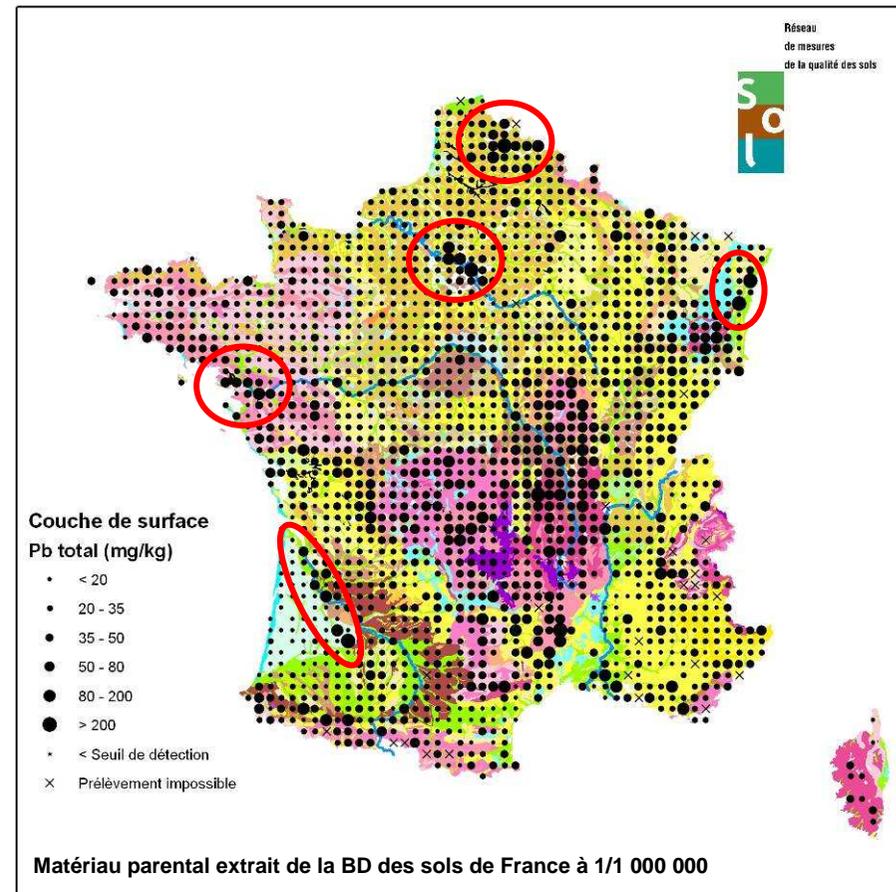


Teneurs totales (HF) en plomb

Surface (0-30 cm)



Surface (0-30 cm) + matériau parental

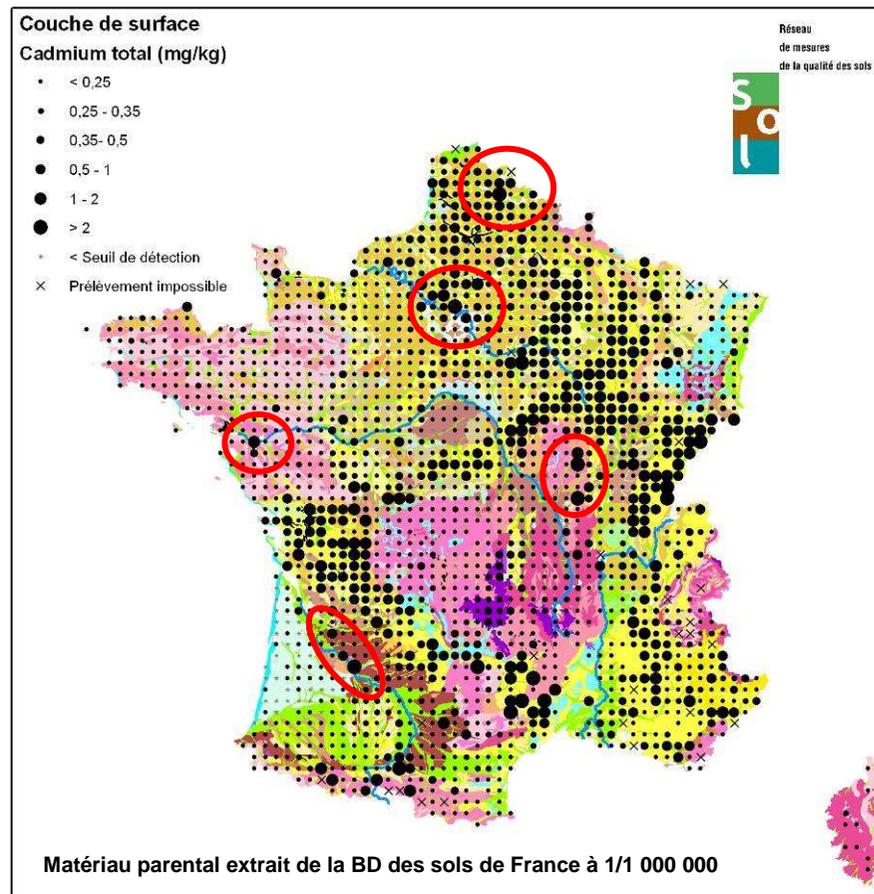
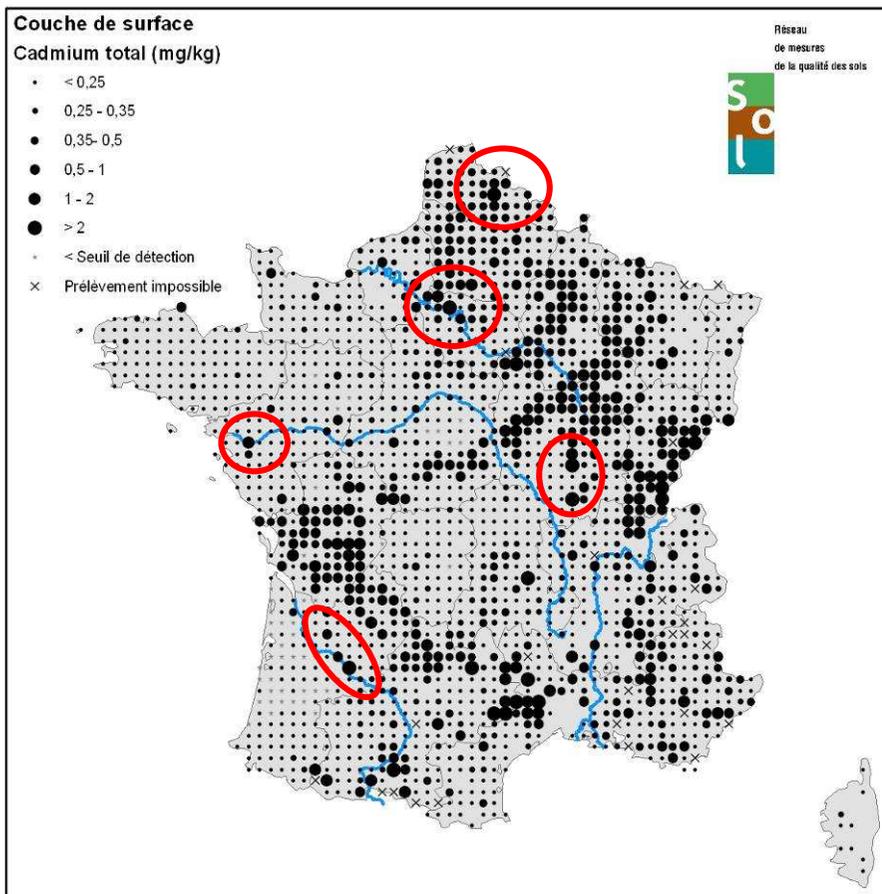




Teneurs totales (HF) en cadmium

Surface (0-30 cm)

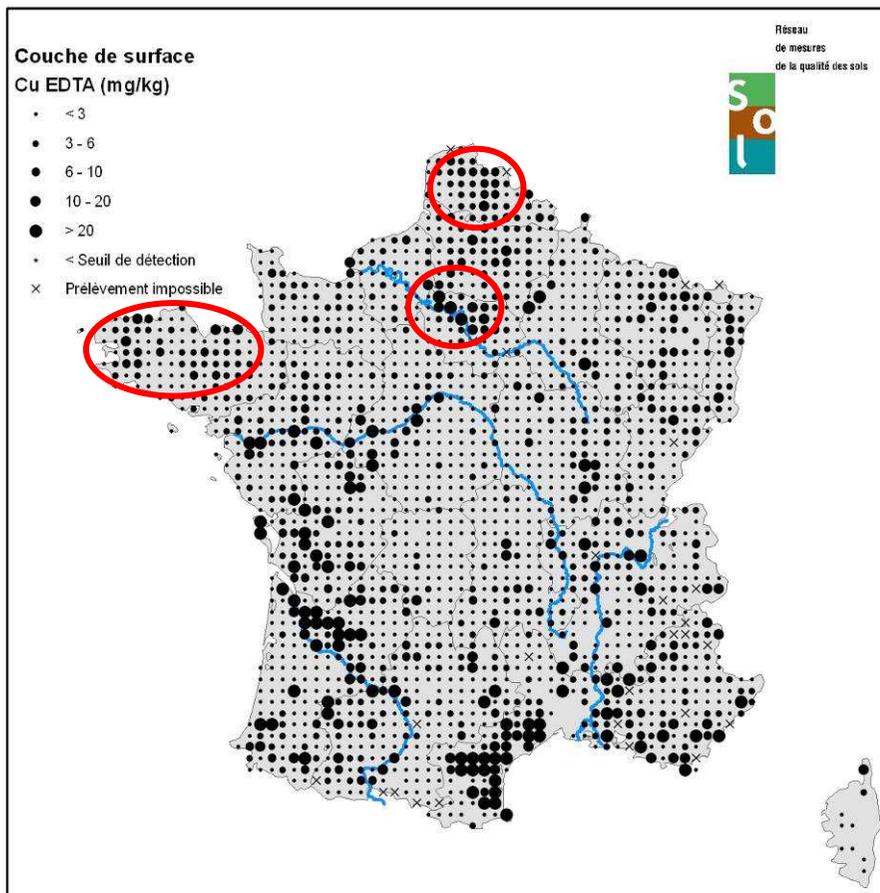
Surface (0-30 cm) + matériau parental





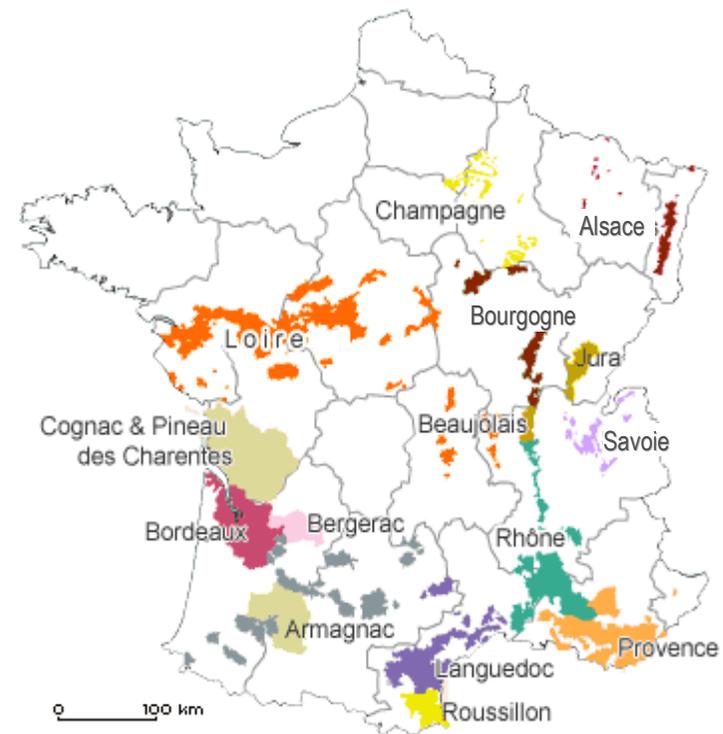
Teneurs en cuivre extrait à l'EDTA

Surface (0-30 cm)



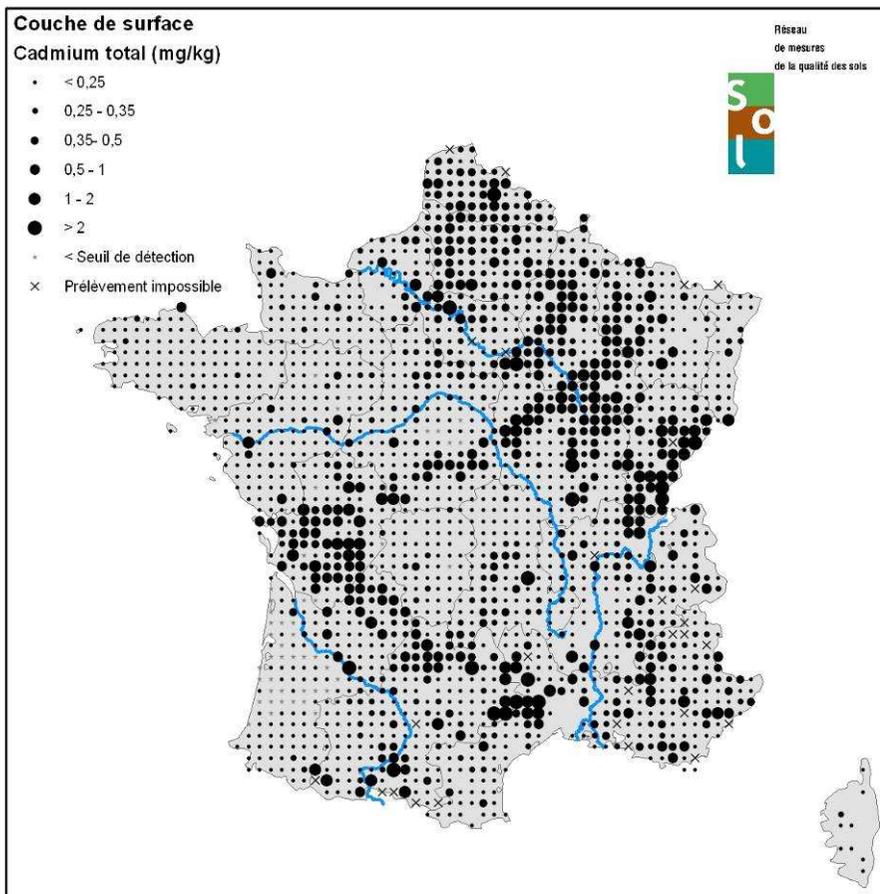
Surface (0-30 cm) + matériau parental

Carte des vignobles français





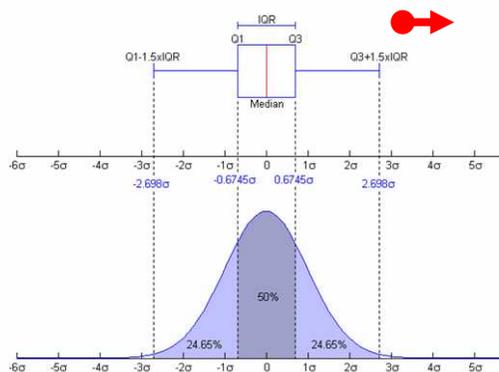
Quelles applications ?



- Quelles **cartographies** des ETM sommes-nous en mesure de fournir ?
- Peut-on en identifier les **origines** de la répartition des ETM ?
- Quels sont les **risques** ?
- Quelles **évolutions** des teneurs en ETM pourrions-nous mesurer ?

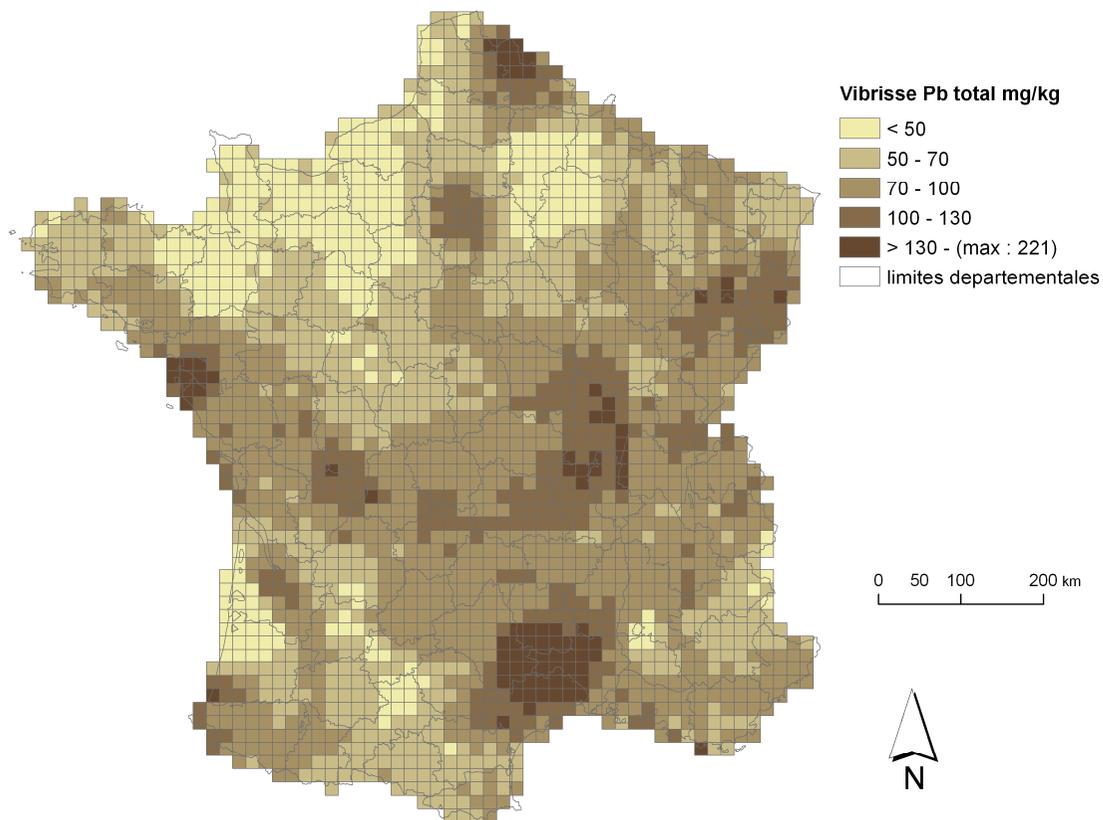


Détection de valeurs anormales en ETM dans les sols



Plomb total (HF)
Surface (0-30 cm)
Vibrisse supérieure
France entière

Vibrisse supérieure en Pb sur le RMQS





Application à un cas réel : Fonderie d'Us (Val d'Oise)

- Sur le site :
 - 9 000 à 78 000 mg Pb/kg
 - 50 à 400 mg Cd/kg

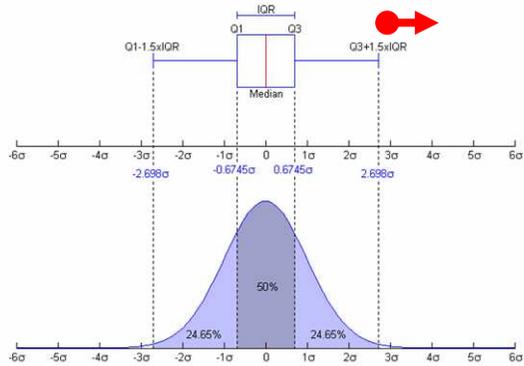
- Hors site : décroissance des teneurs avec la distance
 - dans un rayon de 50 m : 1000 mg Pb/kg et 1.3 mg Cd/kg
 - dans un rayon de 100 m : 350 mg Pb/kg et 0.8 mg Cd/kg
 - dans un rayon de 250 m : 100 mg Pb/ kg et 0.5 mg Cd/kg

Jusqu'où s'étend la contamination ?
Quel est le bruit de fond naturel ?



Bruit de fond régional en Plomb

Vibrisse régionale 60 km - RMQS



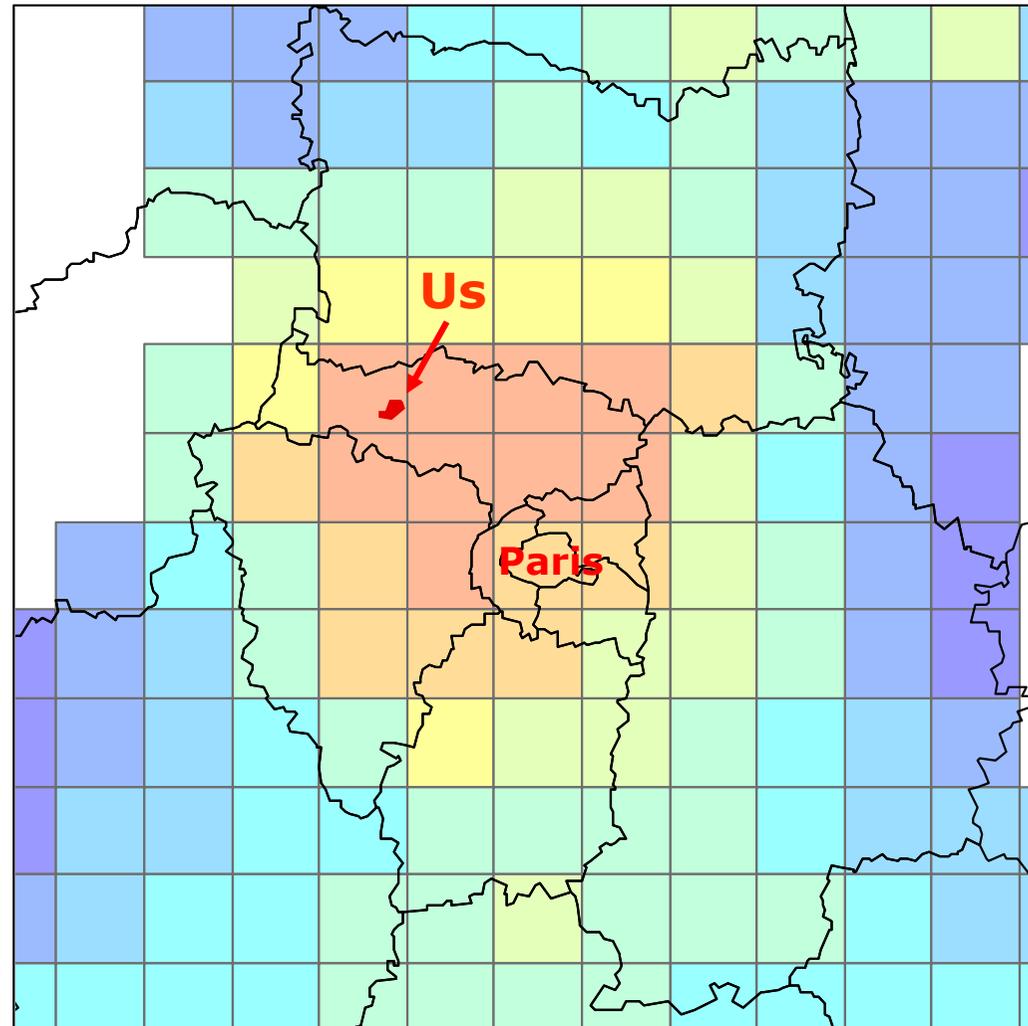
▭ Limites des départements

■ Commune d'Us

Vibrisse régionale

Pb total mg/kg

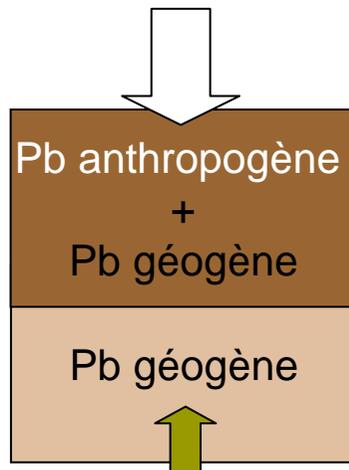
■	23.33 - 29.76
■	29.77 - 36.61
■	36.62 - 42.73
■	42.74 - 48.05
■	48.06 - 53.38
■	53.39 - 59.06
■	59.07 - 65.71
■	65.72 - 73.25
■	73.26 - 87.08
■	87.09 - 142.90





Identifier les origines des ETM : stocks de Pb anthropogène

Méthode fondée sur le calcul des facteurs d'enrichissement ou RTE
(relative topsoil enhancement)



Deux hypothèses de travail :

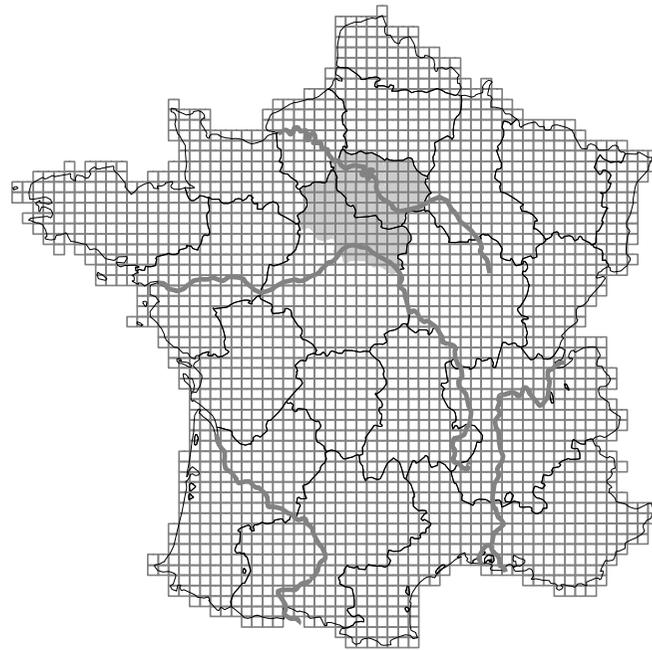
- Les sols sont développés à partir d'un seul matériau parental
- Le plomb ne migre pas en profondeur

$$\text{RTE} = (\text{teneur Pb surface} - \text{teneur Pb profondeur})$$

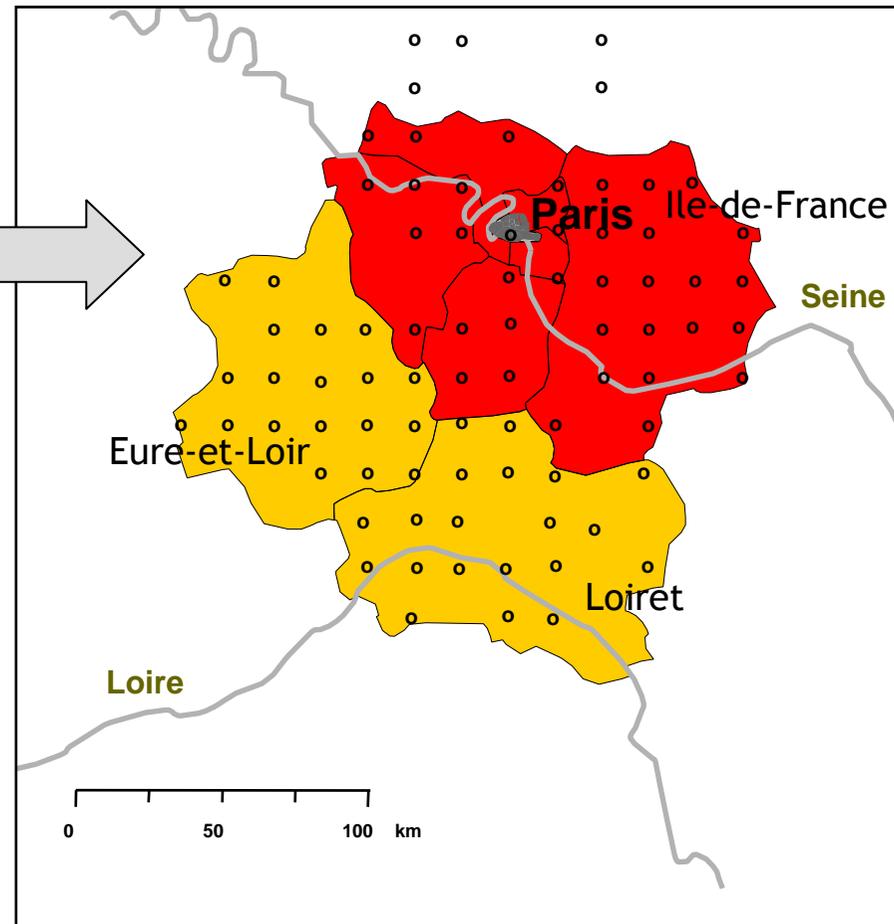
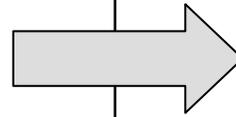
$$\text{Stock de Pb Anthropogène} = \text{RTE} \times \text{masse volumique de terre fine}$$



Identifier les origines des ETM : stocks de Pb anthropogène



0 100 200 km

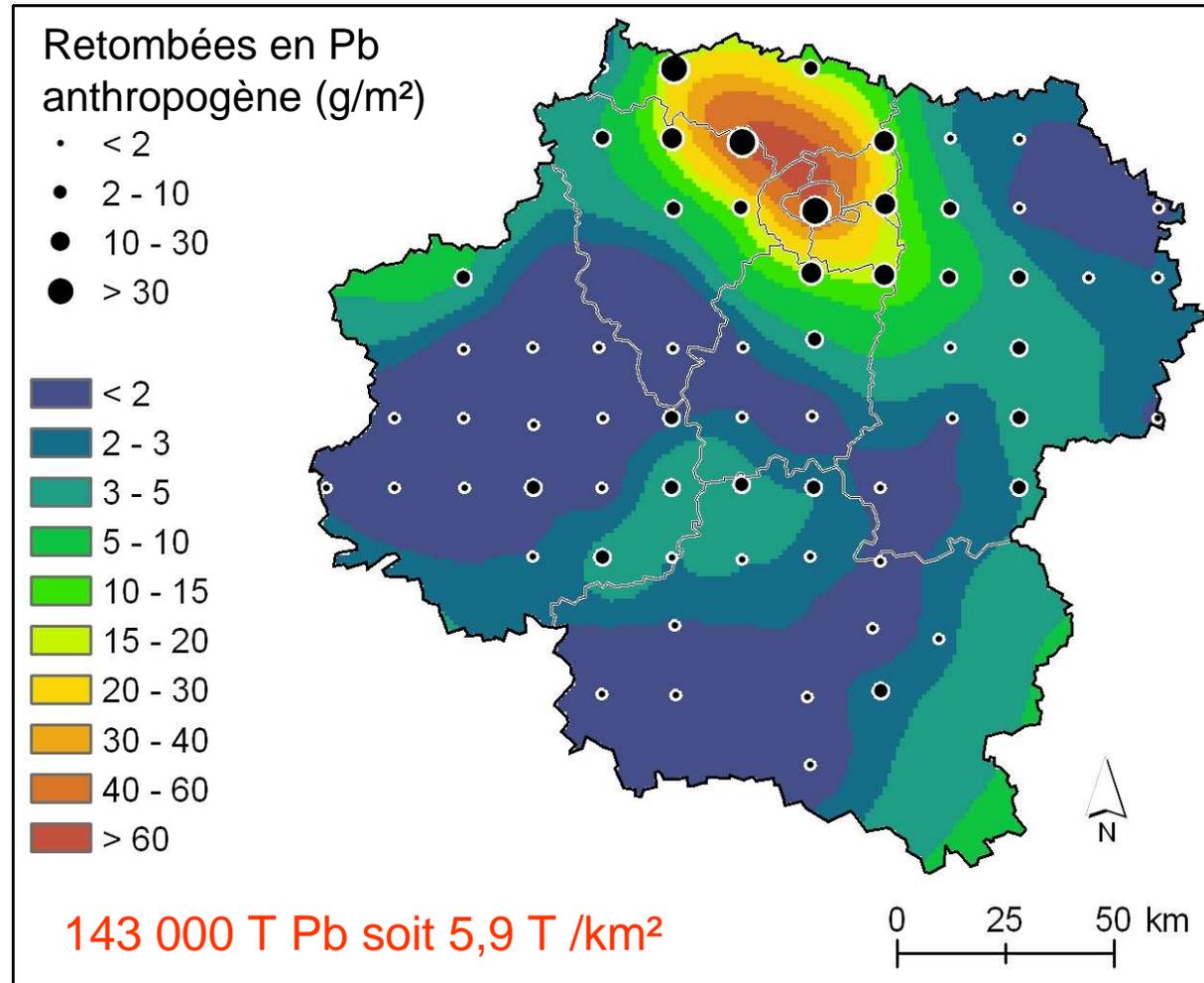


84 sites sélectionnés



Identifier les origines des ETM : Retombées en Pb anthropogène

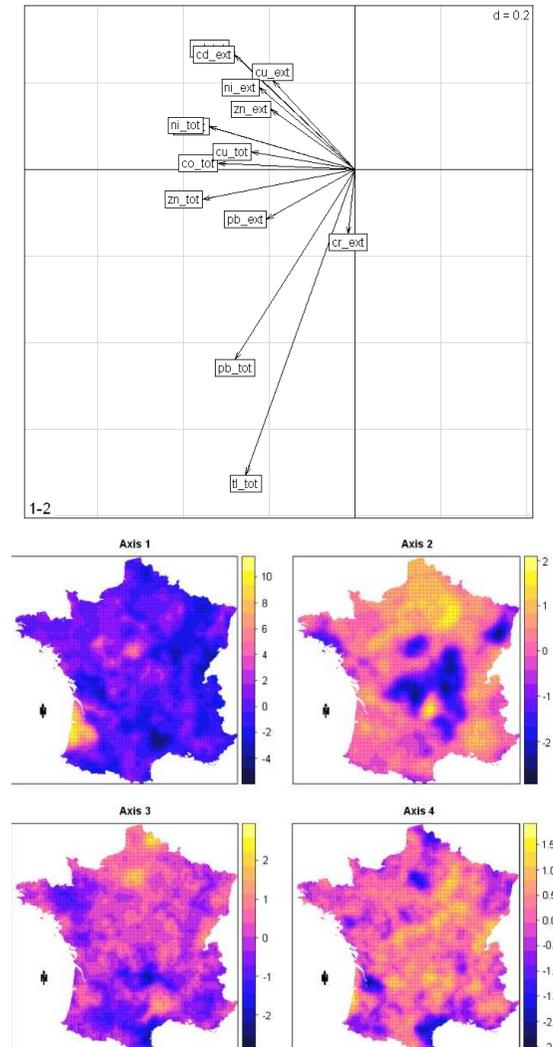
Un gradient de
contamination
autour de Paris





Identifier les origines des ETM : signatures géochimiques

- **Cartographie des coordonnées des individus sur les axes d'une ACP spatiale par couplage avec la géostatistique**
- **8 ETM (extraction totale HF):
Cd, Cu, Cr, Co, Ni, Pb, Ti, Zn**
- **6 ETM (extraction partielle EDTA)
Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn**
- **France entière (0-30 cm)**

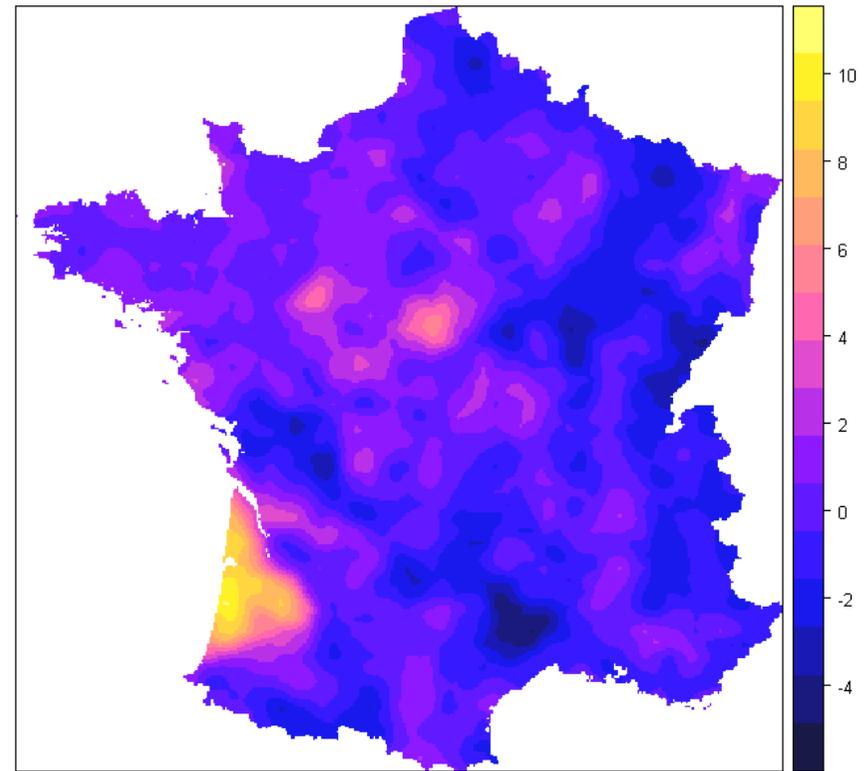
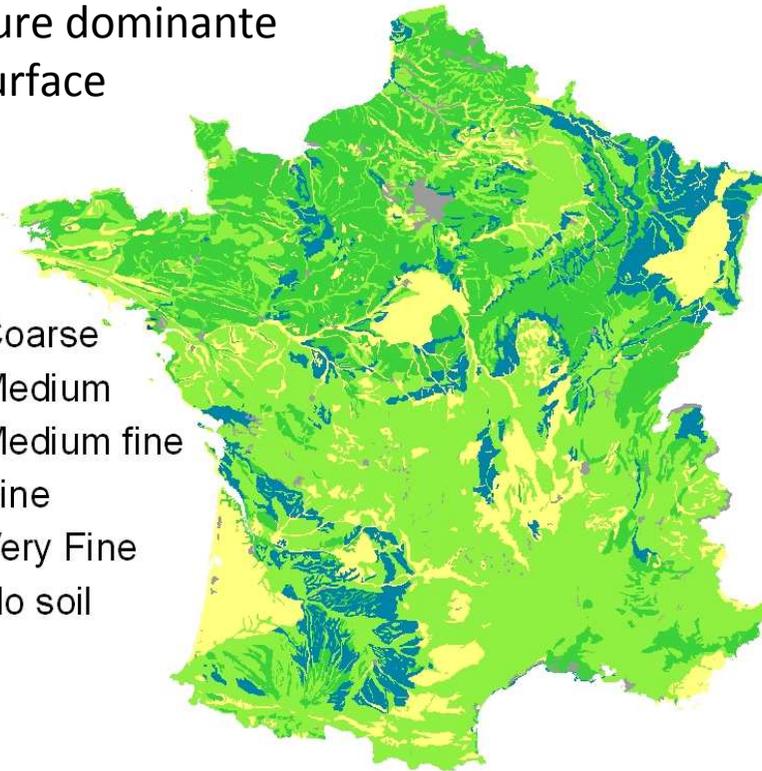




Axe 1 : richesse globale en ETM

Texture dominante
de surface

-  Coarse
-  Medium
-  Medium fine
-  Fine
-  Very Fine
-  No soil

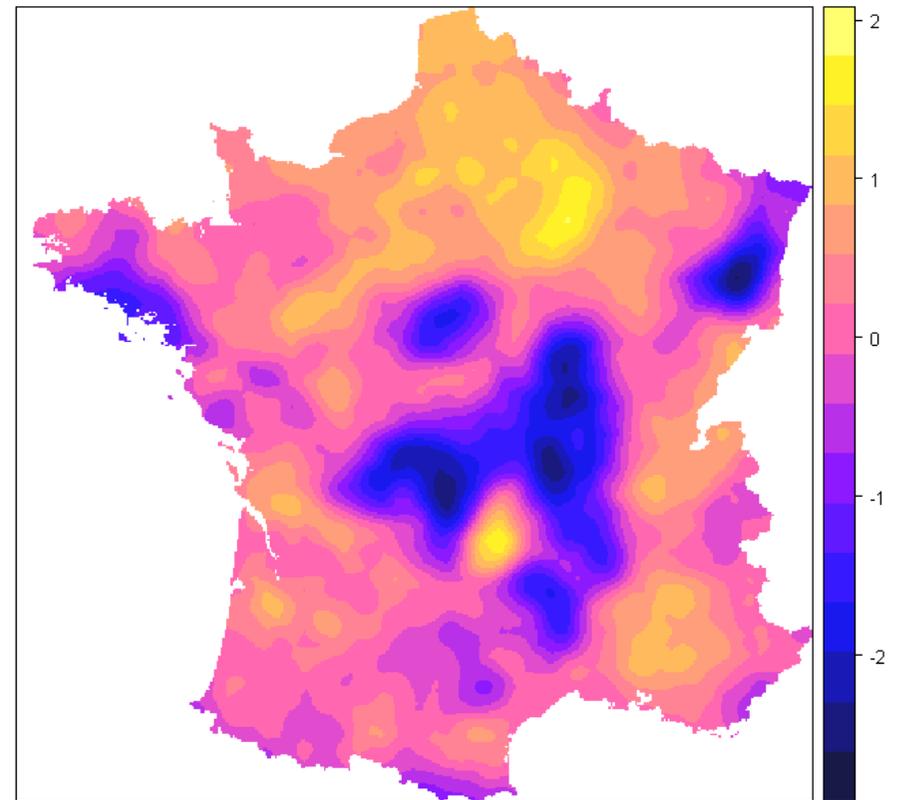
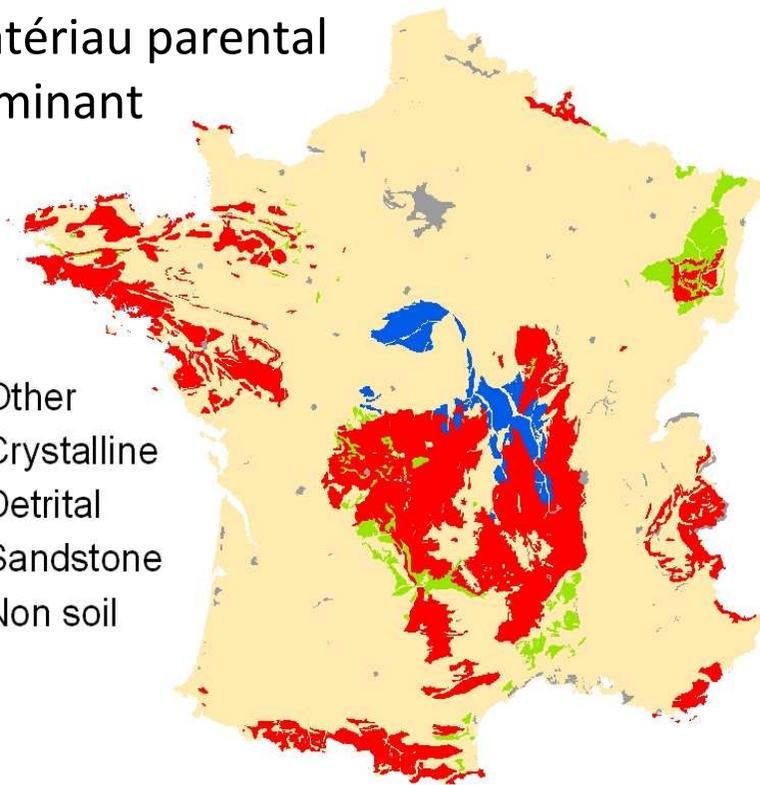




Axe 2 : origine naturelle en Pb et Tl

Matériau parental
dominant

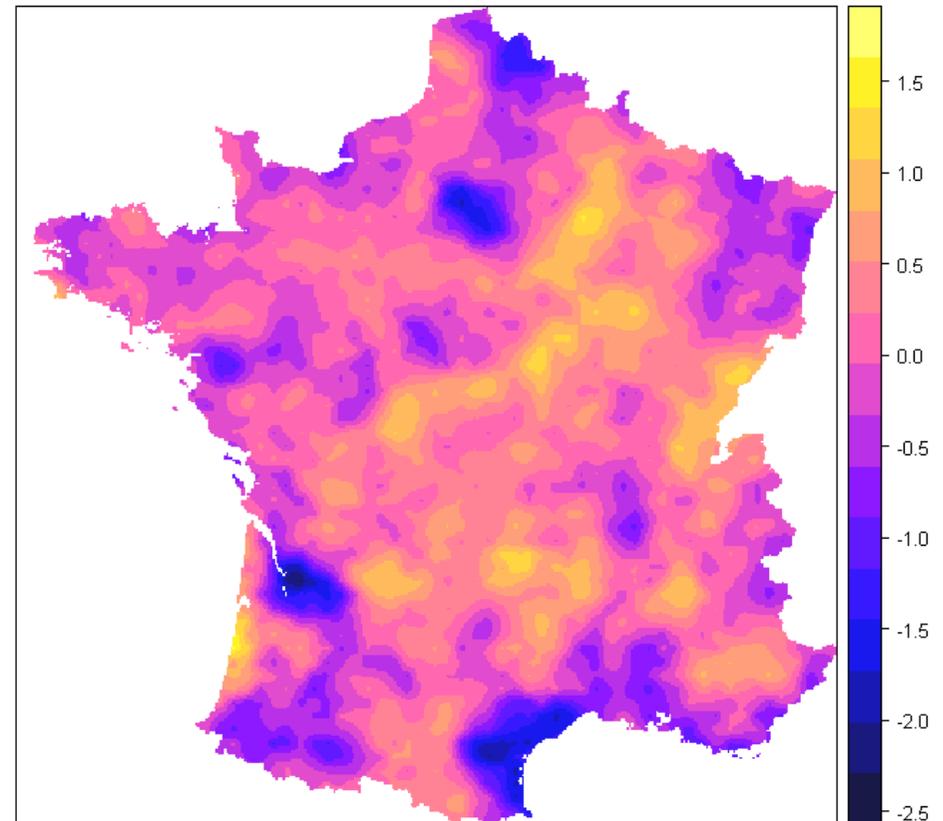
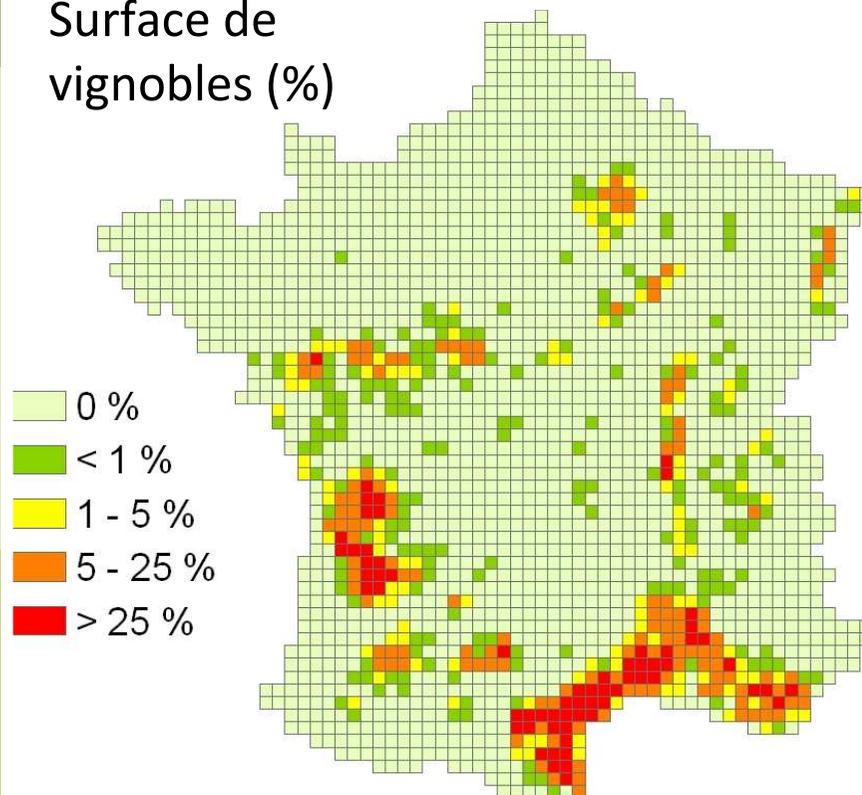
-  Other
-  Crystalline
-  Detrital
-  Sandstone
-  Non soil





Axe 4: Richesse relative en Pb et Cu

Surface de
vignobles (%)



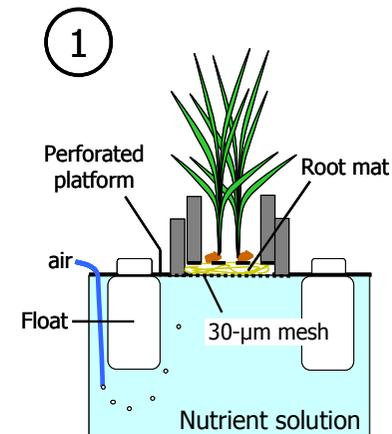
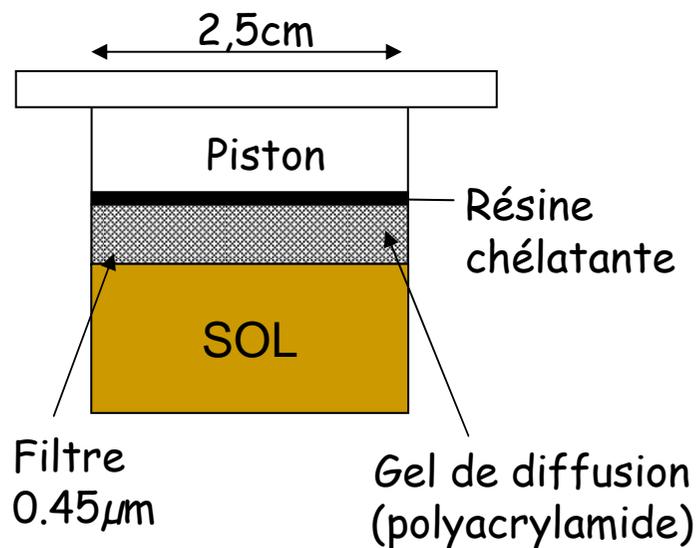


Evaluation des risques : projets DGT-RMQS et NORMA-RHIZO

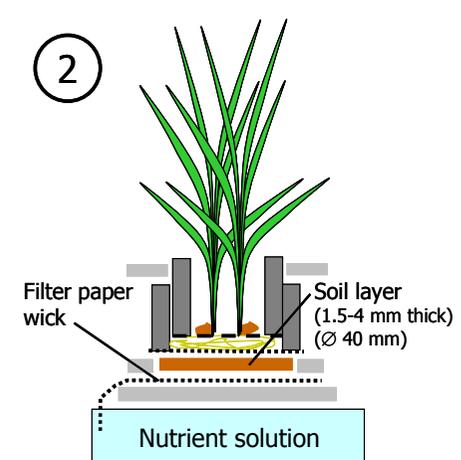
Evaluation de la phytodisponibilité des éléments traces dans les sols

DGT – RMQS
ADEME/INRA 2008-2009
L. DENAIX INRA Bordeaux

NORMA-RHIZO
ANR 2010-2012
E. DOELCH CIRAD Montpellier



Preculture period
in hydroponics
2 to 3 weeks



Test culture period
Soil-plant contact
1 week

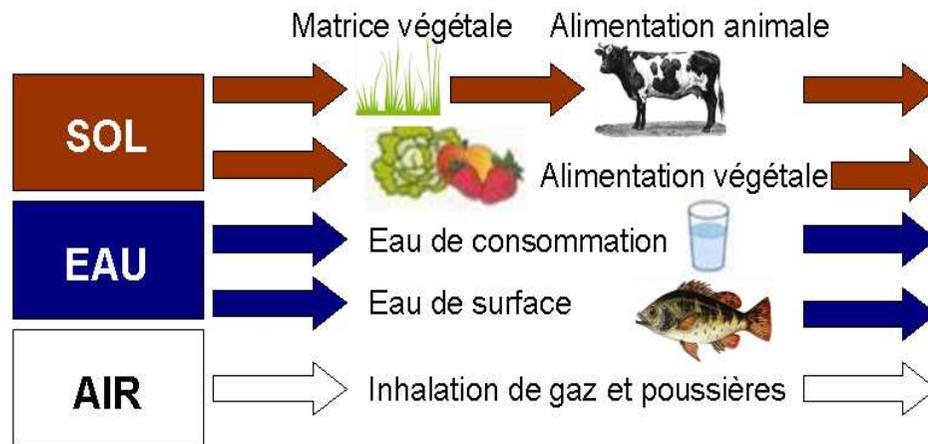


Evaluation des risques

Quantification de l'exposition de la population aux
contaminants de l'environnement

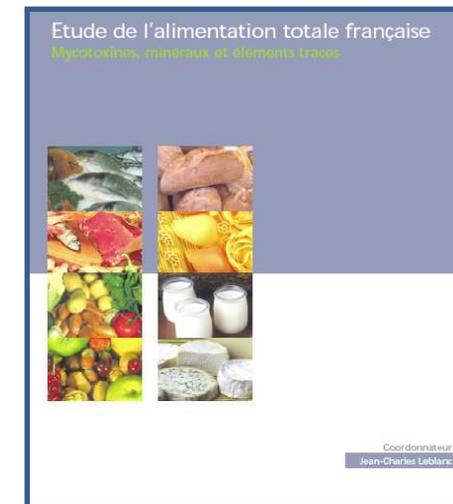
Julien CAUDEVILLE, Gérard GOVAERT, André CICOLELLA

Environnement local



**Modèle de bioaccumulation multimédia
(INERIS, R. Bonnard)**

Ubiquitaire

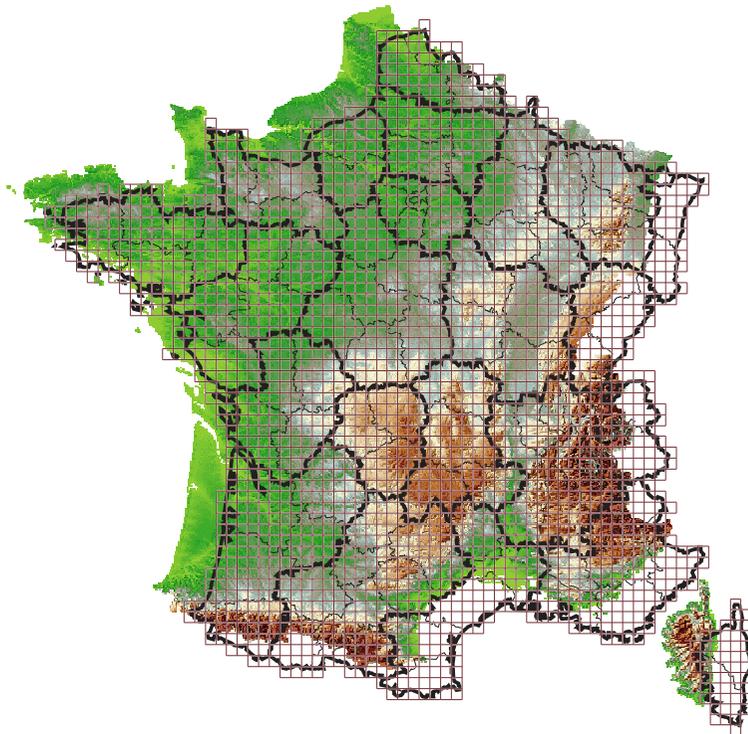


**Etude de l'Alimentation Totale
(AFSSA, INRA, Coord. Leblanc)**



Quelles évolutions ?

2^{ème} campagne RMQS 2012-2020



- Comparaisons entre les deux campagnes
- Nouveaux contaminants : As, Hg, Se, etc.
- ETM « biodisponibles »



Contacts & infos RMQS...

Responsable de projet : Claudy Jolivet
claudy.jolivet@orleans.inra.fr

US 1106 InfoSol
INRA Centre de Recherche d'Orléans
2163, Avenue de la Pomme de Pin
CS 40001 ARDON
45075 Orléans cedex 2
Tél. 02 38 41 78 00 - Fax 02 38 41 78 69
<http://www.gissol.fr>