

Le sol : interface

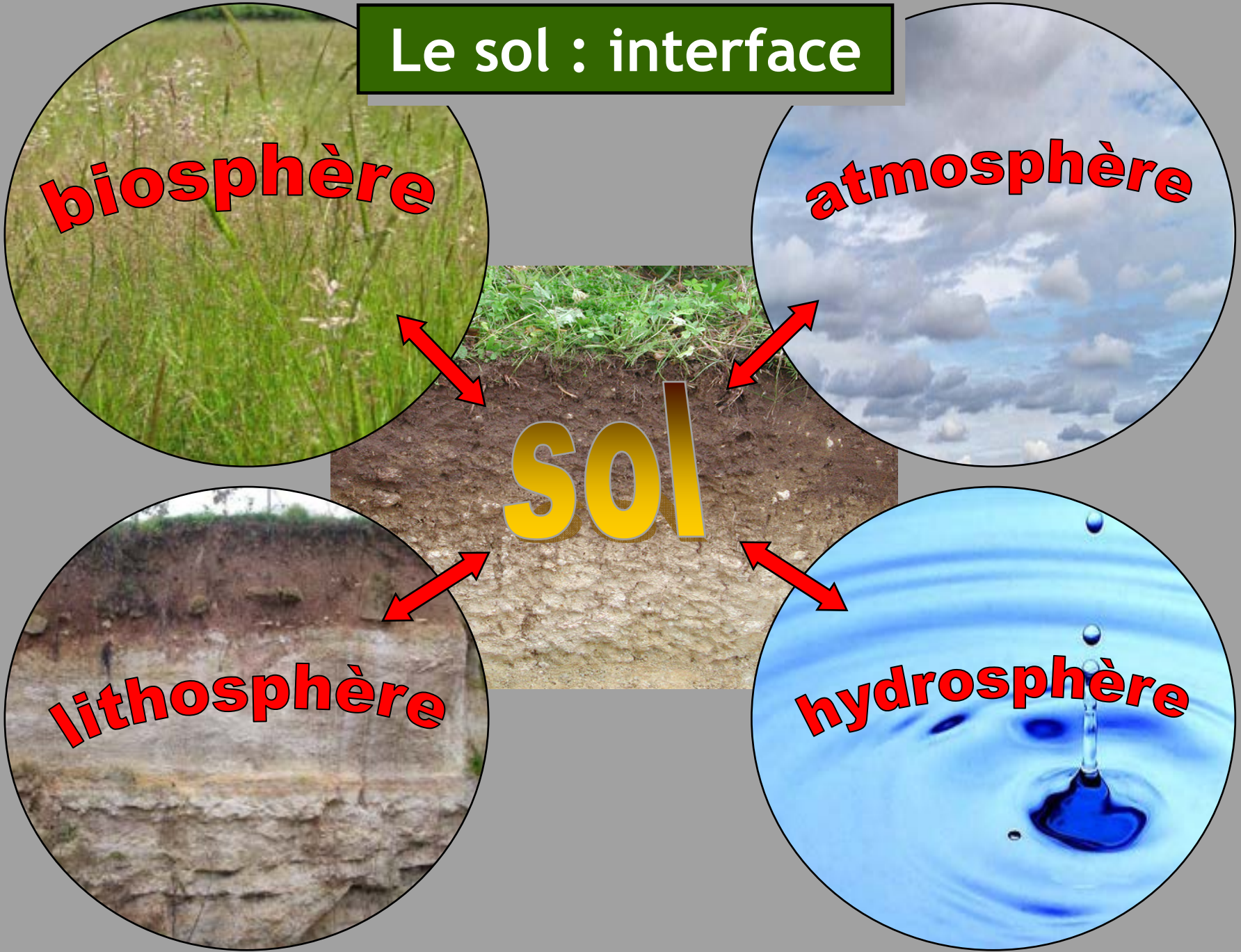
biosphère

atmosphère

sol

lithosphère

hydrosphère



Le sol...

Une ressource essentielle non renouvelable, des fonctions multiples

Production d'aliments et de biomasse



Source : A. Richer de Forges (CA 45)

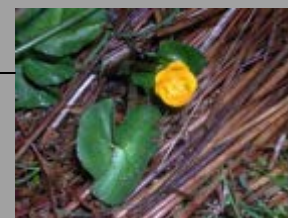


Source : Infosol (INRA Orléans)

Les fonctions du sol



Habitat et patrimoine génétique



Source : Infosol (INRA Orléans)



Source : J. Moulin (CA 36)

Stockage, filtration et transformation



Source : A. Richer de Forges (CA 45)

Source de matières premières



Source : J. Moulin (CA 36)

Environnement physique et culturel pour l'homme



Source : C. Schwartz (ISAL)

Le sol...

Une ressource soumise à de fortes pressions

Les menaces sur le sol

↙ Teneurs en
matière organique

2

Source : D. Arrouays (INRA Orléans)



↗ Érosion



1

↗ Contamination
ponctuelle ou diffuse

3

Source : J. Sauter (ARA)



↗ Salinisation



Source : D. Arrouays (INRA Orléans)

↗ Inondations et
glissements de terrain



Source : D. Arrouays (INRA Orléans)

↗ Tassement



Source : D. Arrouays (INRA Orléans)

↗ Artificialisation



Source : D. Arrouays (INRA Orléans)

↘ Biodiversité



Source : D. Arrouays (INRA Orléans)

Le sol...

Une ressource à fort impact sur d'autres milieux

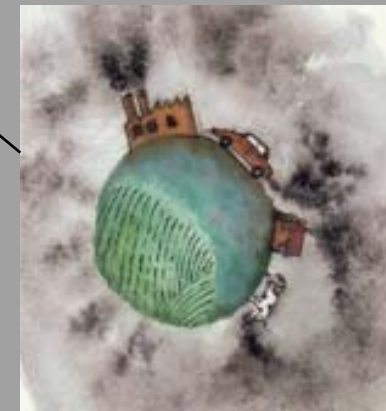
Chaîne alimentaire



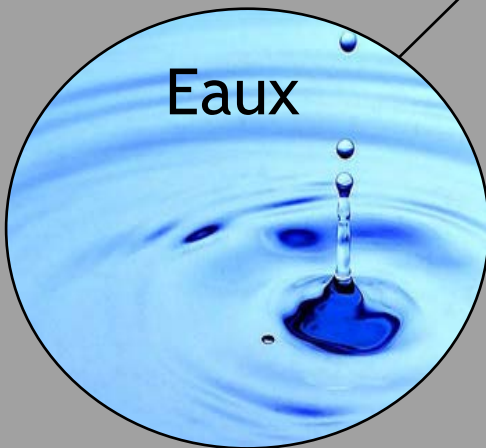
Le sol



Effet de serre



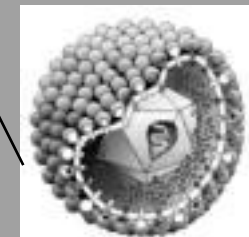
Eaux



Zones habitées



Pathogènes



etc.

Les sols ces inconnus...

Une ressource caractérisée par sa grande variabilité ...



Source : JC Lacassin (SCP)



Source : C. Walter



Source : C. Cam



Source : Sol Conseil -
Extrait du guide des sols
Plaine Centre Alsace



Source : JC Lacassin (SCP)



qui rend nécessaire une
connaissance **systématique**
et **spatialisée** des sols

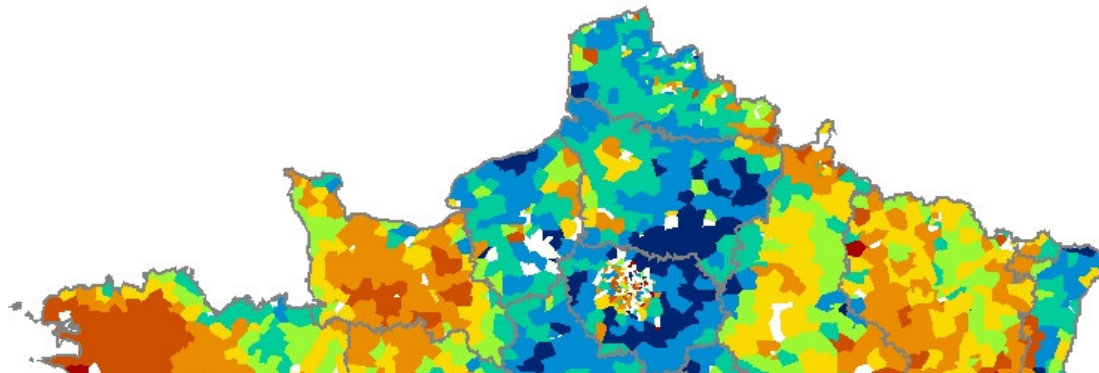


Source : JM. Rivière

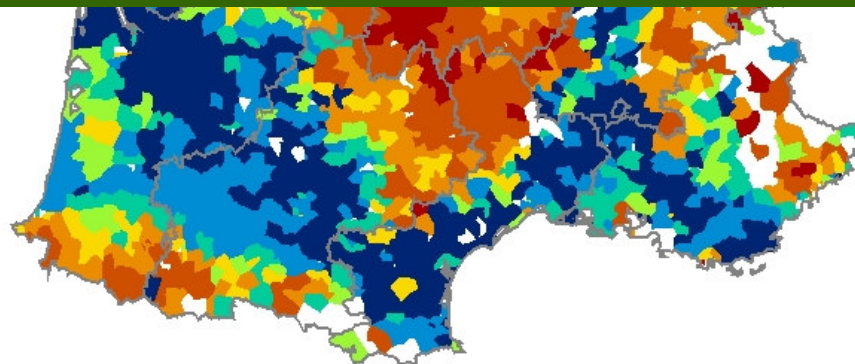


Source : C. Cam

Le GIS sol : une mission



Constituer le système d'information sur les sols de France et sur l'évolution de leur qualité



Groupement
d'intérêt
scientifique

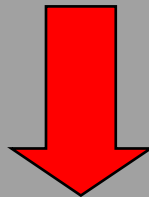


Le GIS sol : un enjeu politique fort

Des organismes qui s'engagent sur le long terme
MEDAD-IFEN, MAP, ADEME, IRD, INRA

Dans le contexte d'une future directive sol ?

Sur des programmes menés avec les collectivités territoriales et les acteurs du développement

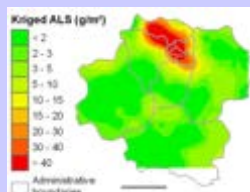
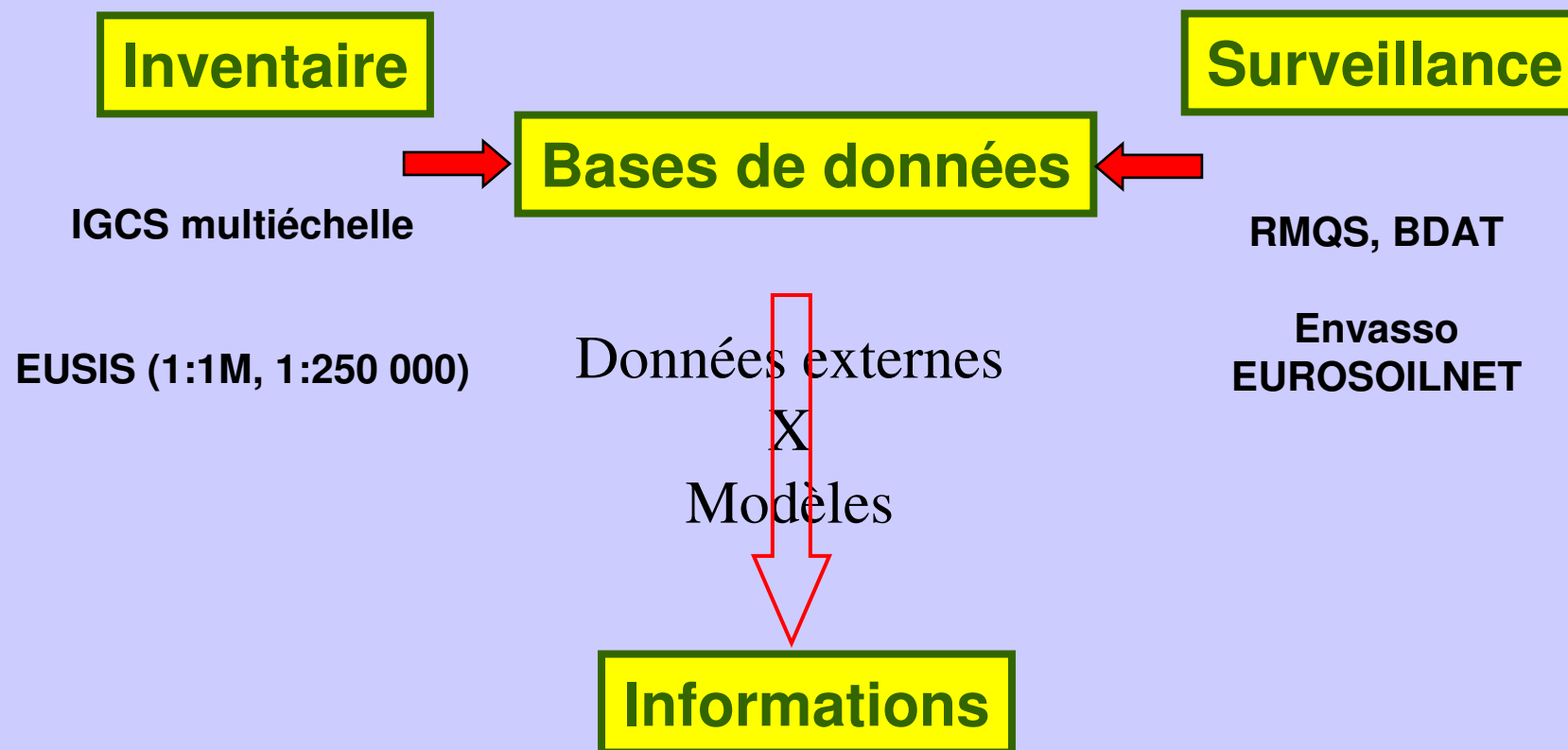


Groupement
d'intérêt
scientifique



Pour la gestion durable de nos sols

Les grands programmes du GIS Sol



Groupement
d'intérêt
scientifique



Inventaire, gestion
et conservation
des sols



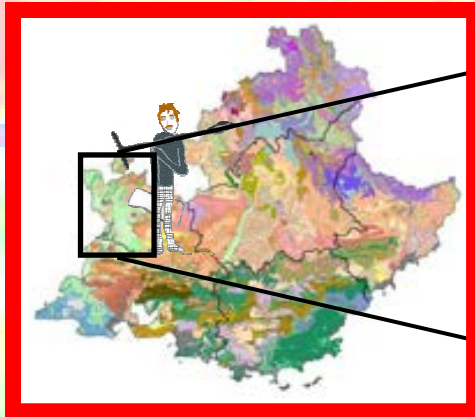
Le programme IGCS: Inventaire Gestion et Conservation des Sols

« Inventorier nos sols pour mieux les gérer
et protéger durablement leurs fonctions »

Les programmes et les échelles

Inventaire, Gestion et Conservation des sols

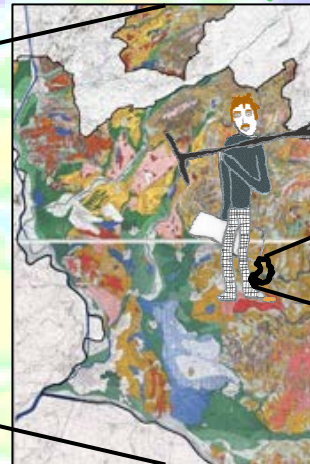
Référentiels Régionaux
Pédologiques (RRP)



1/250 000

Régions, Départements

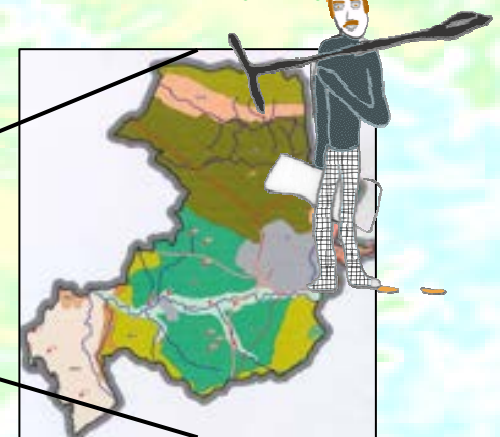
Connaissance Pédologique
de la France (CPF)



1/50 000 à 1/100 000

Petites Régions

Secteurs de
référence (SR)



1/10 000

Parcelles

Le programme IGCS

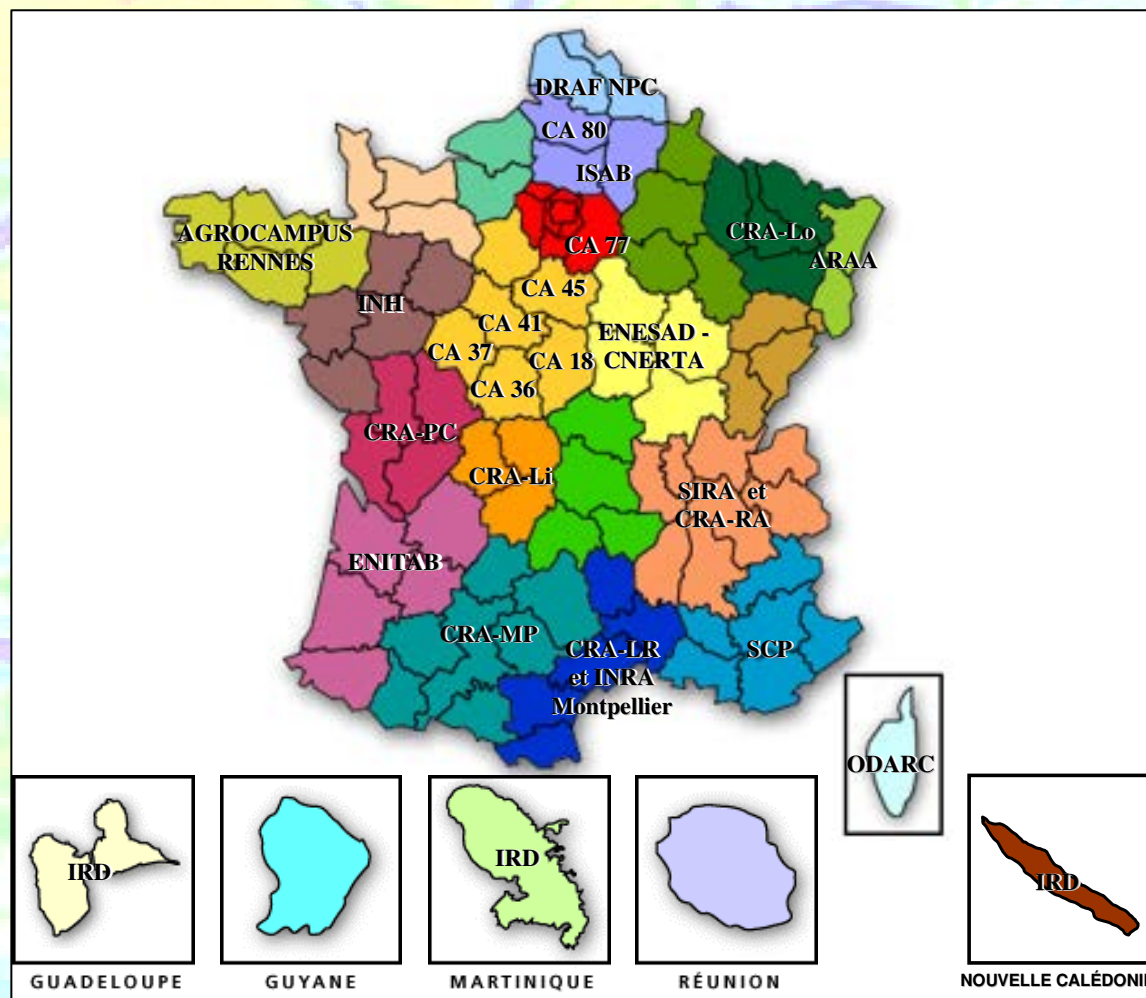
Organisation et fonctionnement

Coordination
INRA InfoSol

Financement national (~20%)
MAP DGFAR

Financement local
CR, CG, Agences de l'eau,
Chambres d'agriculture...

Coordination locale: maîtres
d'ouvrage délégués



Inventaire, gestion
et conservation
des sols





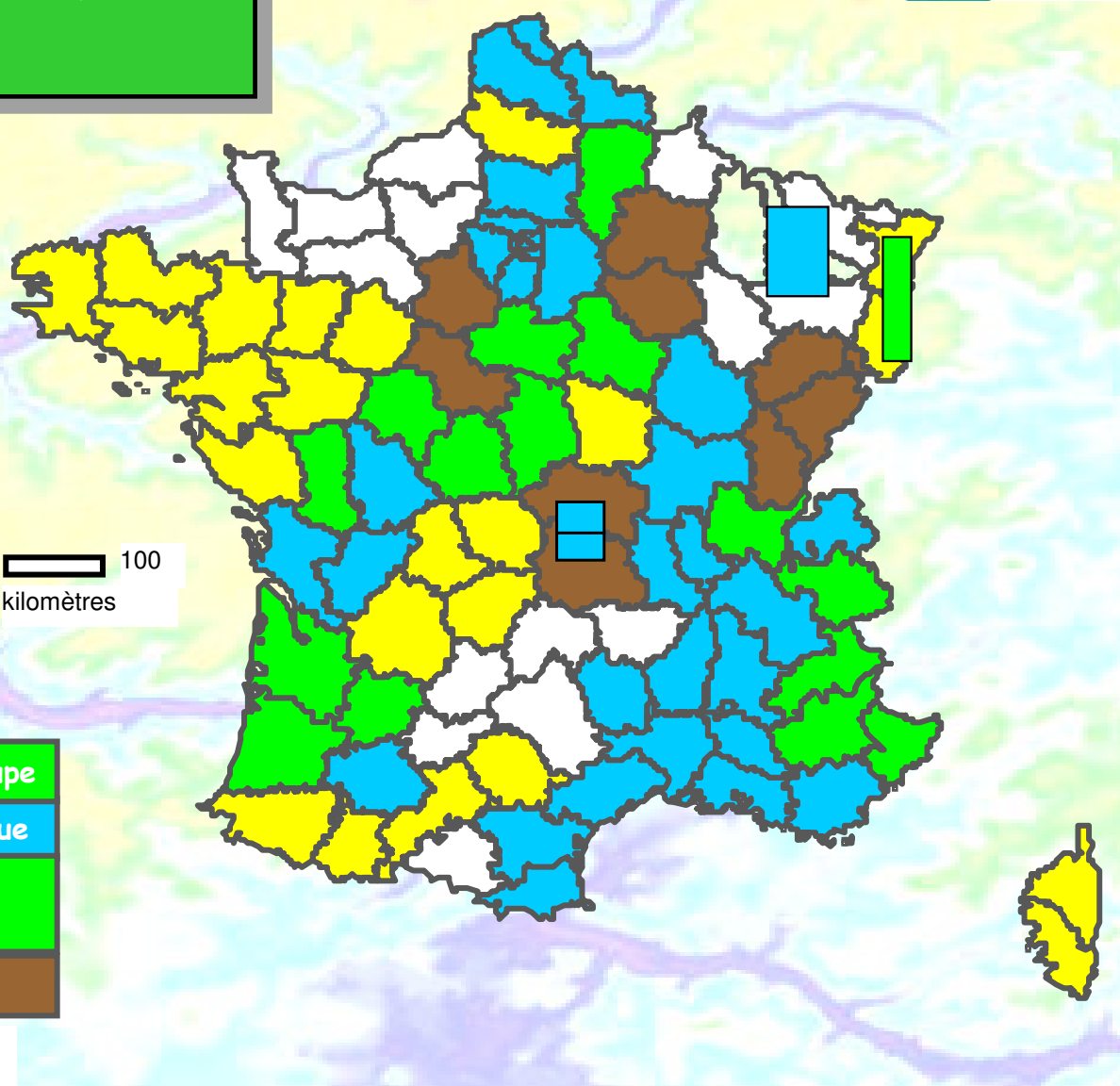
Où en sommes nous ?

Référentiels Régionaux Pédologiques

-  Levés en cours
-  Levés terminés,
informatisation en cours
-  Levés et informatisation
terminés
-  Candidats potentiels
2007

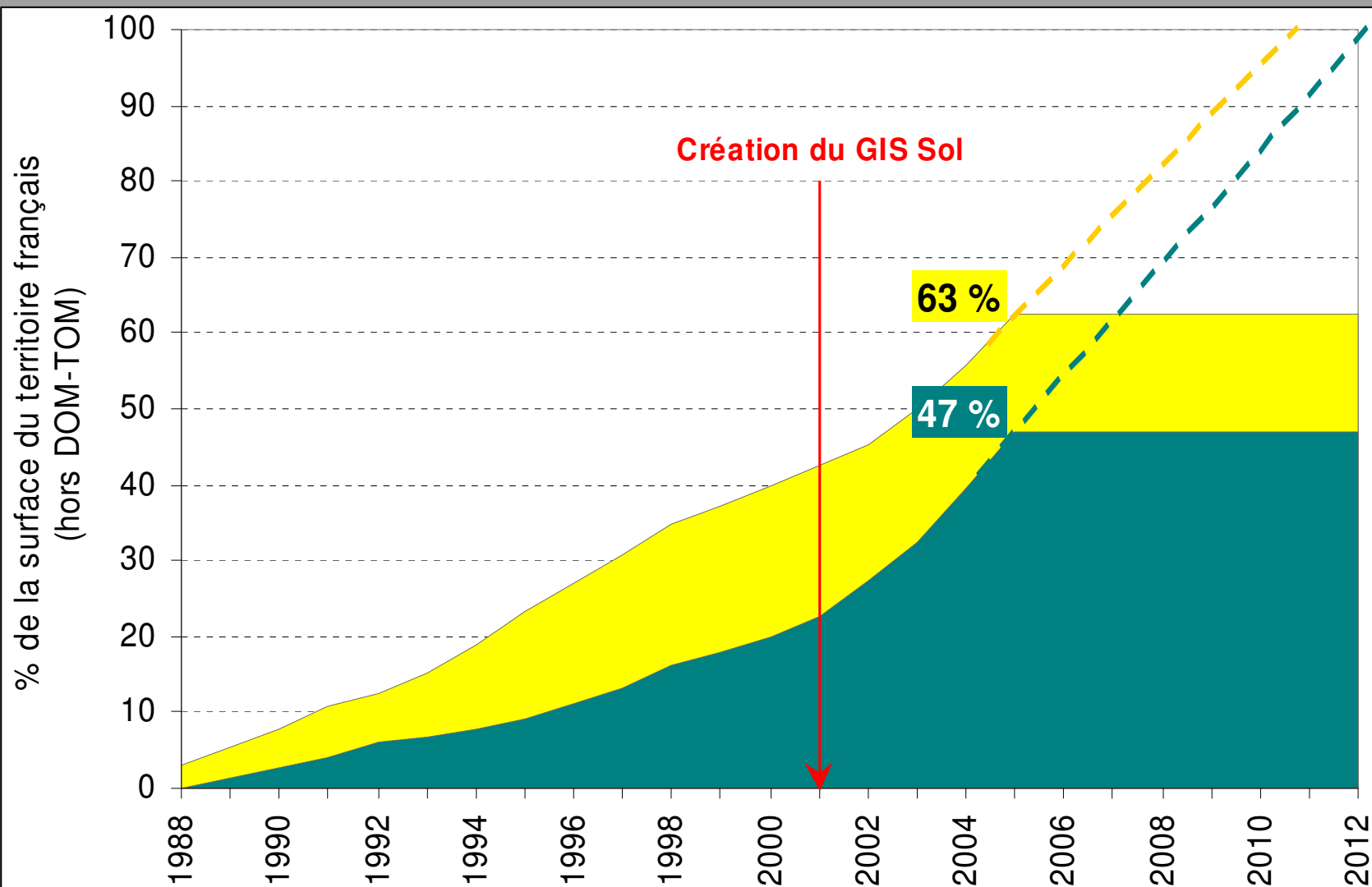
 100
kilomètres

- + Guadeloupe
- + Martinique
- + Nouvelle
Calédonie
- + Réunion



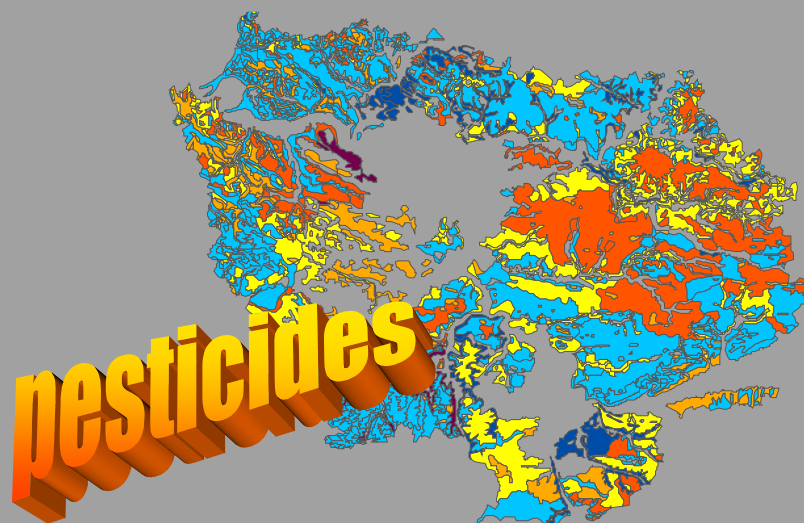
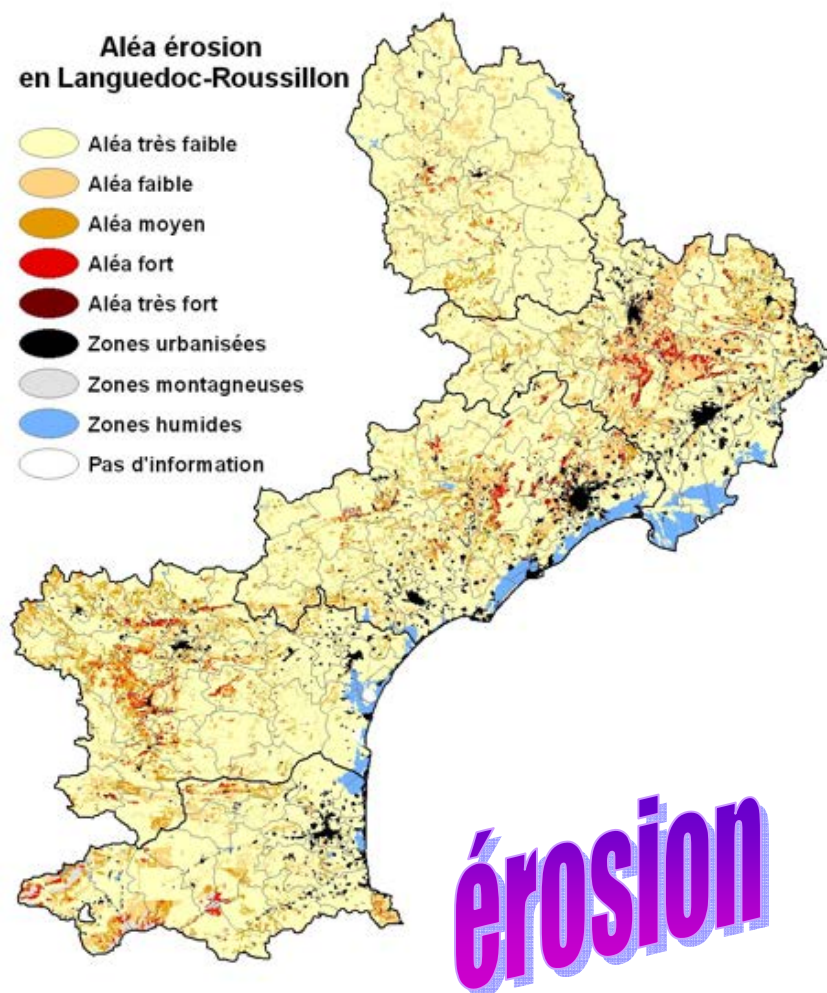
Le programme IGCS - Référentiels régionaux

Perspectives d'avancement



Le programme IGCS - Référentiels régionaux

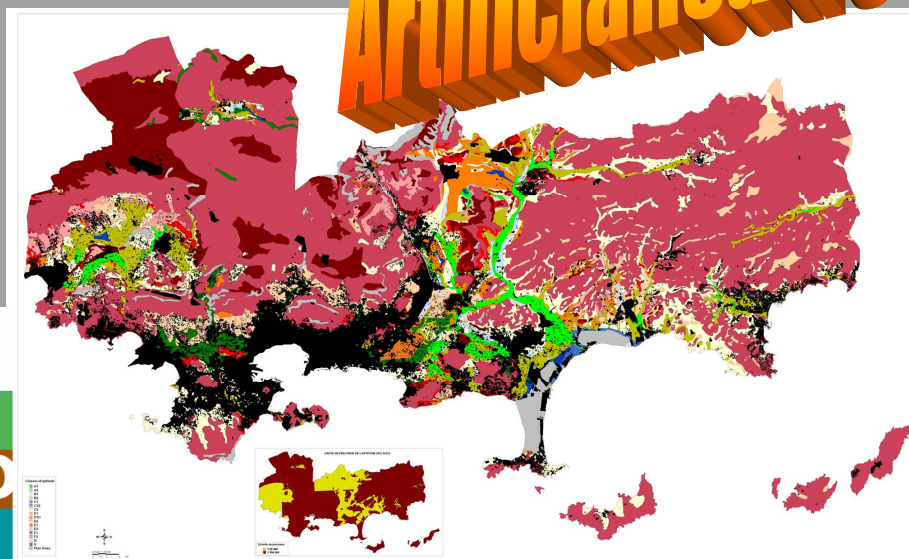
De très nombreuses applications



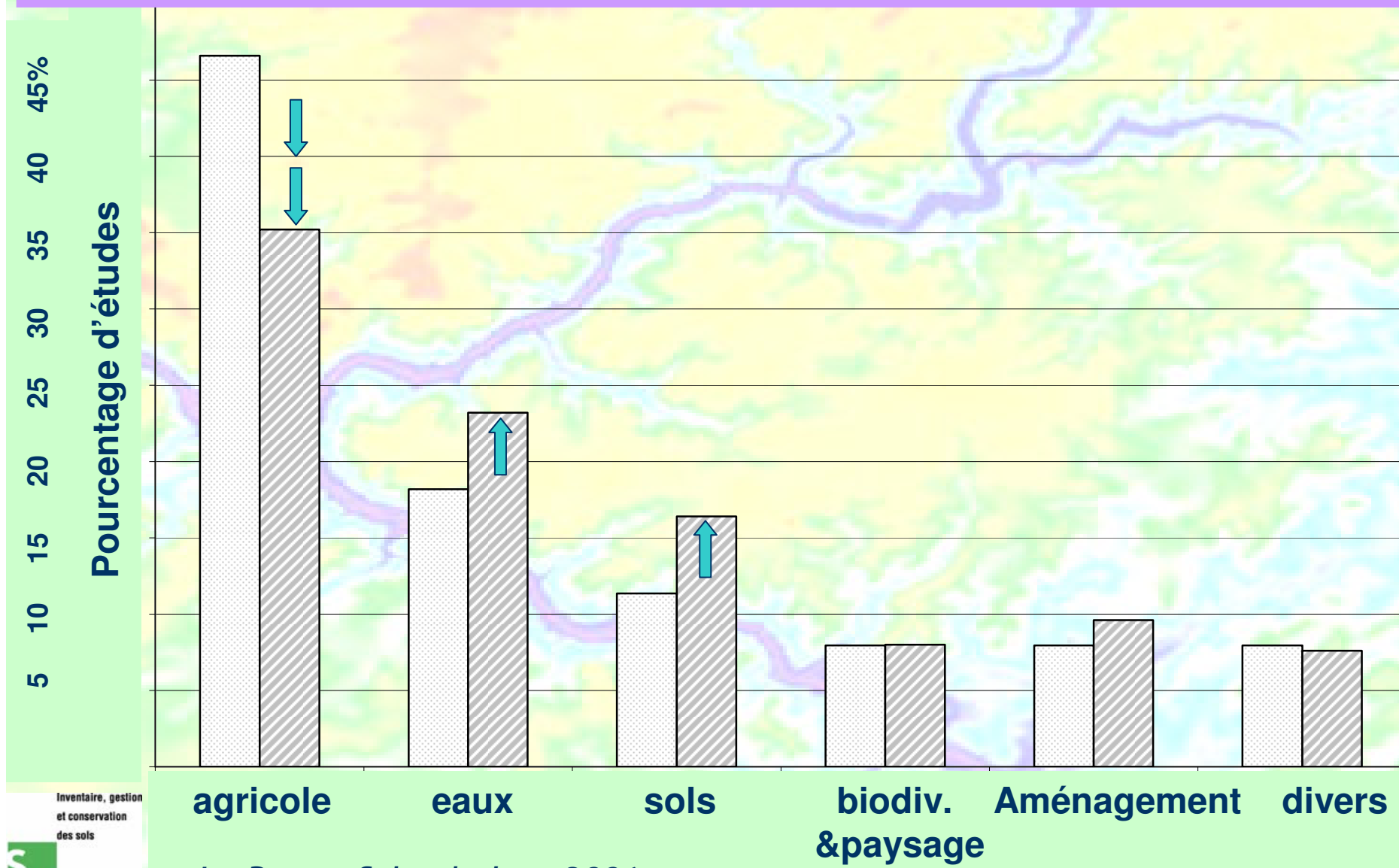
Groupe
ment
d'intérêt
scientifique



Artificialisation



Les thématiques: enquête 2004 vs 2006



Inventaire, gestion
et conservation
des sols

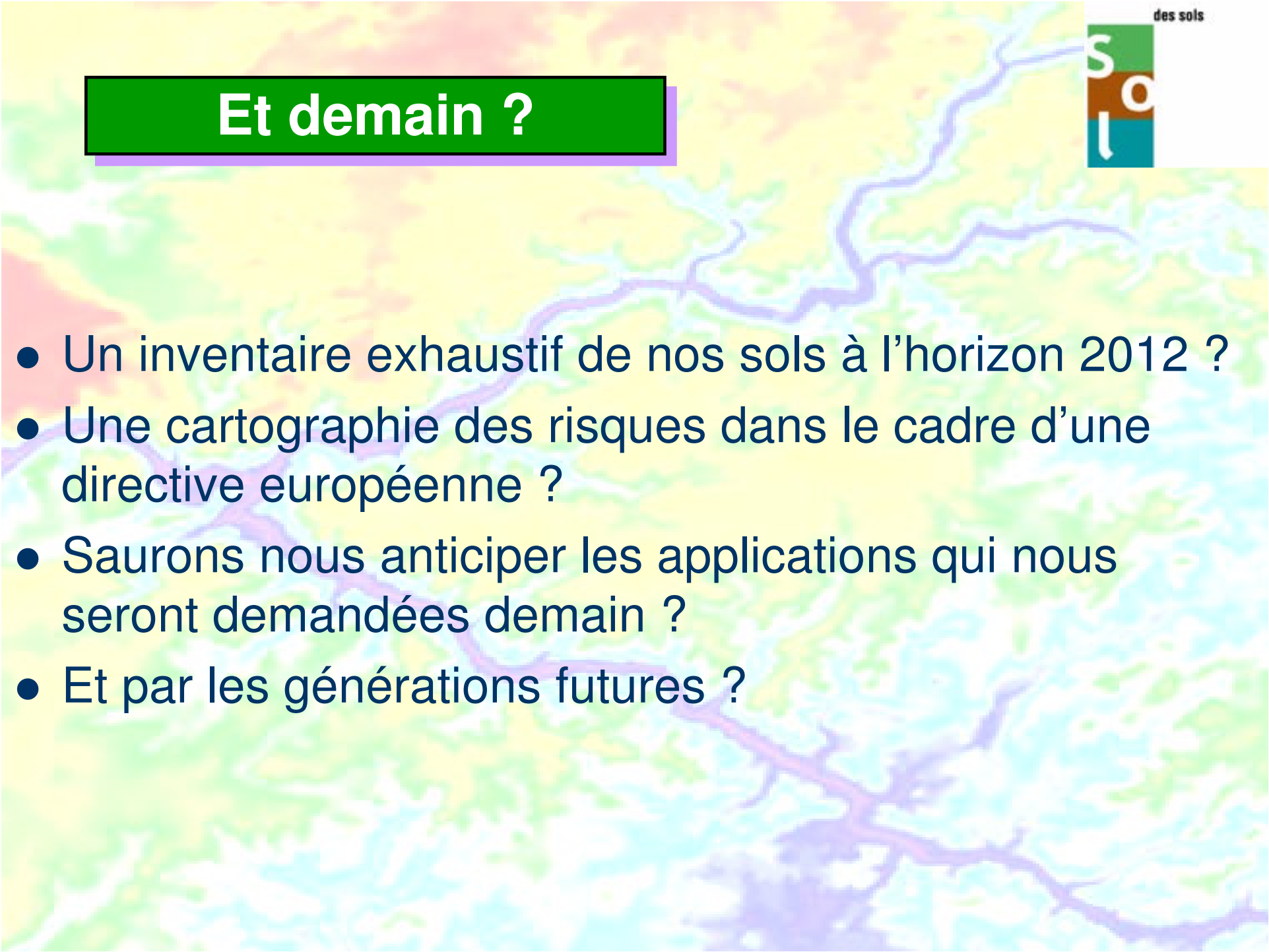


Le Bas et Schnebelen, 2006

Quelles applications nouvelles ou en forte progression ?

- Contamination des eaux souterraines
- Contamination des sols et des produits alimentaires
- Erosion des sols
- Epandages de bio-déchets et bilans de carbone



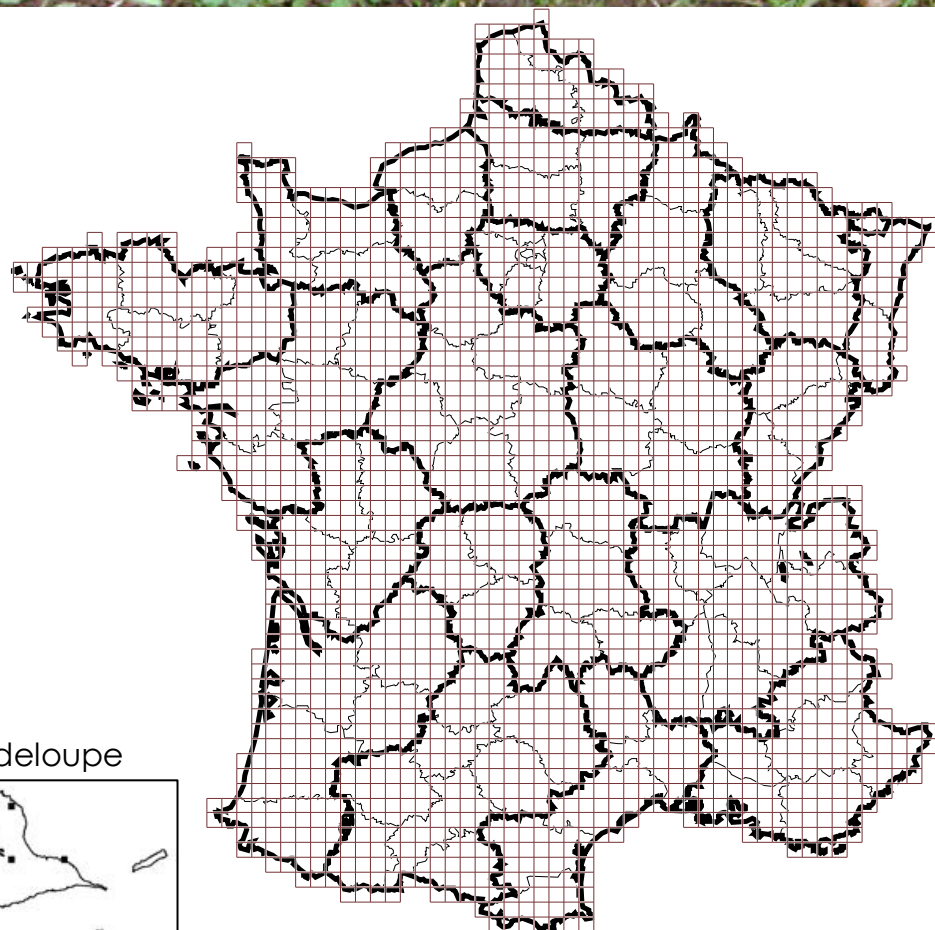


Et demain ?

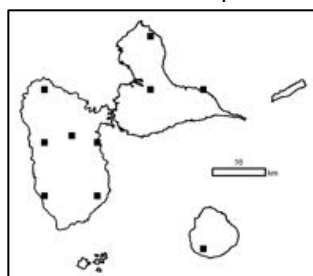


- Un inventaire exhaustif de nos sols à l'horizon 2012 ?
- Une cartographie des risques dans le cadre d'une directive européenne ?
- Saurons nous anticiper les applications qui nous seront demandées demain ?
- Et par les générations futures ?

Le Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS)



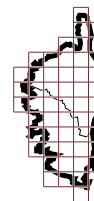
Guadeloupe



Un réseau de
sites

répartis selon une
grille de
16 km x 16 km

pour suivre la
qualité des sols

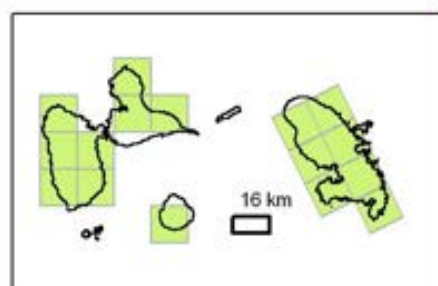


L'état d'avancement du RMQS

1200 sites ont
été mis en
place

Etat d'avancement au 30/05/2007
© RMQS - GIS SOL - INRA Orléans

Groupement
d'intérêt
scientifique



— Limites des départements

• Site Biosoil

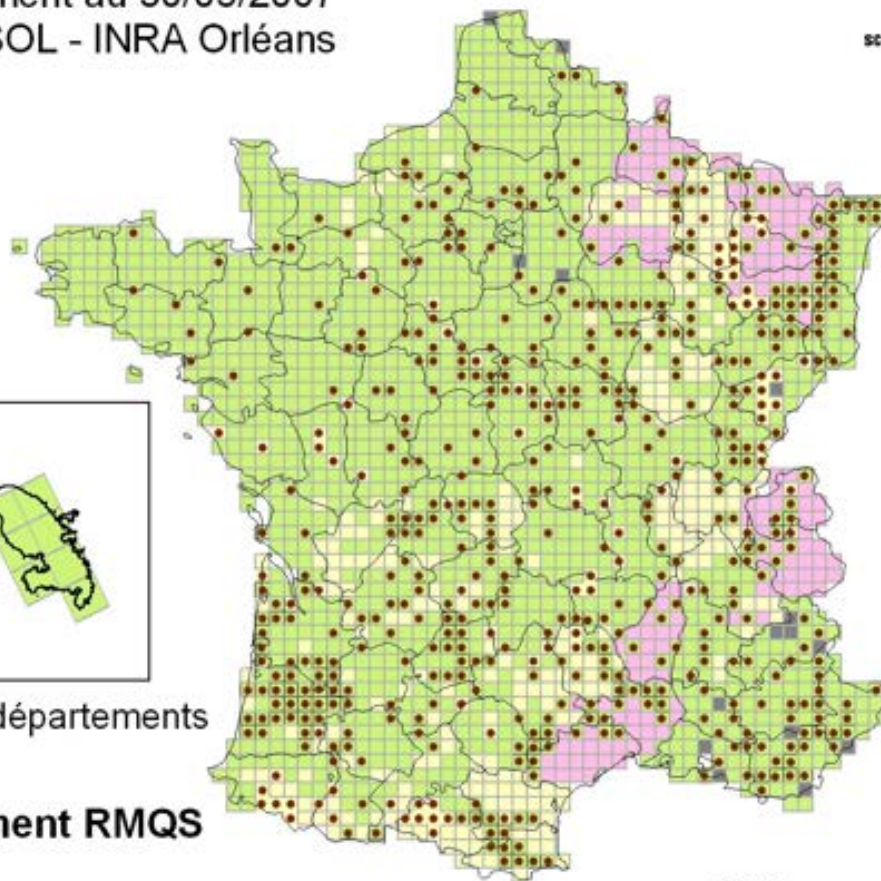
Etat d'avancement RMQS

■ Prélevé

■ 2007

■ 2008

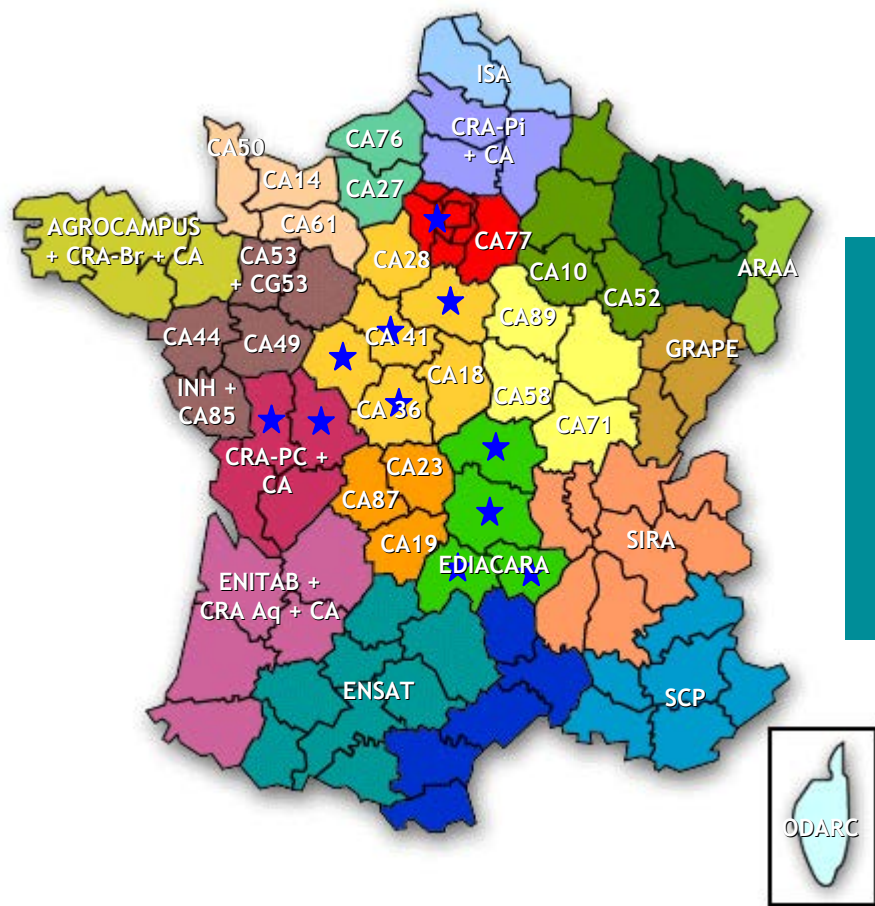
■ Prélèvement impossible



Les objectifs du RMQS

- Disposer d'un tableau de bord (bilan et référence)
- Caractériser des gradients (contamination diffuse)
- Détecter des évolutions (réseau d'alerte)
- Explorer sans a priori (indicateurs vs facteurs de contrôle)
- Support de validation (couverture exhaustive)
- Banque d'échantillons (conservatoire)

Qui participe au RMQS ?



InfoSol coordonne et participe à la mise en place du RMQS en s'appuyant sur un réseau de partenaires régionaux

Les analyses réalisées

- Granulométrie (cinq fractions),
- pH eau,
- Carbone organique et azote total,
- CEC et cations échangeables (Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn),
- CaCO_3
- P_2O_5 ,
- Bore,
- Fer libre
- Éléments majeurs totaux (Ca, K, Mg, Na, Fe, Al, Mn)
- Éléments traces totaux (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Tl, Mo)
- Éléments traces EDTA (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn)

Analyses réalisées au Laboratoire d'Analyse des Sols de l'INRA d'Arras

Teneurs totales en plomb

surface

sub-surface

Plomb total (mg/kg)

- < 20
- 20 - 35
- 35 - 50
- 50 - 80
- 80 - 200
- > 200

Plomb total (mg/kg)

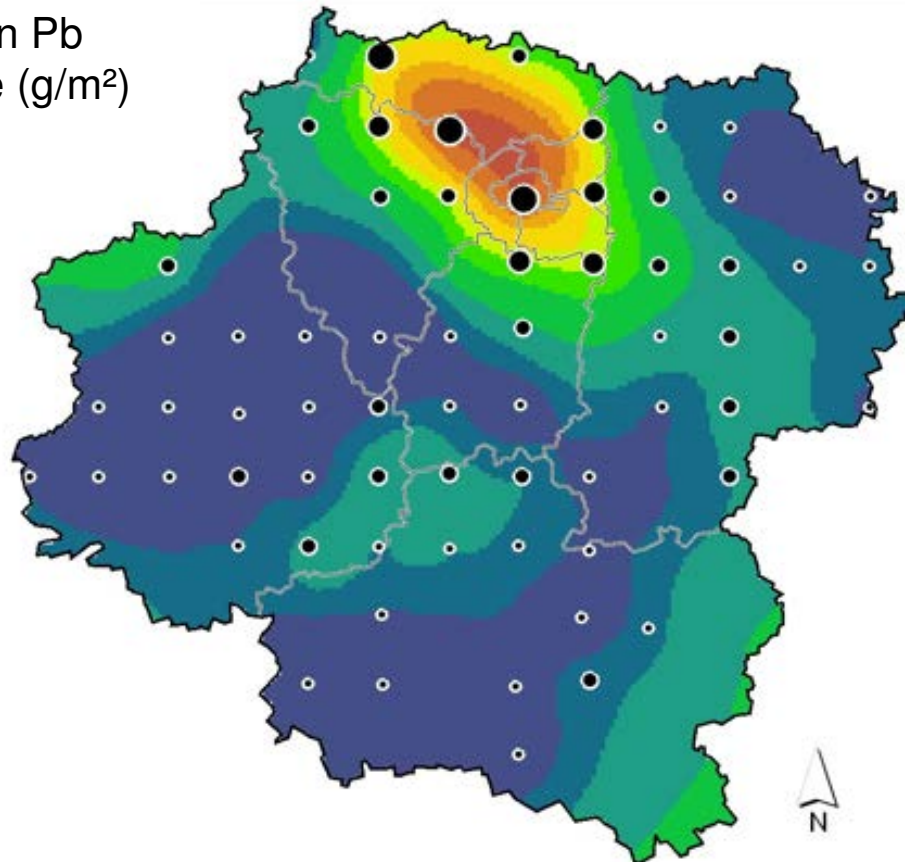
- < 20
- 20 - 35
- 35 - 50
- 50 - 80
- 80 - 200
- > 200

Retombées en Pb anthropogène

Un gradient de
contamination
autour de Paris

Retombées en Pb
anthropogène (g/m²)

- < 2
- 2 - 10
- 10 - 30
- > 30



143 000 T Pb soit 5,9 T /km²

Saby et al. - Science of Total Environment, 2006

Le conservatoire national d'échantillons de sols



Le conservatoire national d'échantillons de sols

- Repérer/corriger des dérives analytiques
- «Remonter le temps»
- Constituer une banque de matériaux

Organisme demandeur	Objet de la demande	Date de la demande	Nombre d'échantillons
INRA Science du sol Orléans	Analyses minéralogiques	2003	40
INRA Science du sol Orléans	Test de stabilité structurale	2003 et 2004	117
INRA Infosol Orléans	Détermination de matières organiques particulaires	Janvier 2004	23
UMR CNRS-CEA LEMR Cadarache	Analyse de diversité de sucres microbiens	Avril 2004	4
ISA Lille	Analyses de HAP, As, Se et Hg	Mai 2004	48
CRA de Picardie	Analyses de As, Se, Hg, Fe EDTA	Mai 2004	23
IPSN Cadarache	Accès de principe aux échantillons RMQS pour des mesures de radioéléments	Mai 2004	Non défini
ADEME/INRA Dijon	Détermination de l'ADN microbien	Octobre 2005	Totalité (0-30 cm)

Projets associés au RMQS

RMQS *Biodiv* Bretagne L'inventaire de la biodiversité des sols

Myriapodes et Isopodes



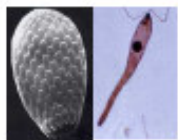
Larves d'Insectes et Vers de terre



Acariers et Collemboles



Microfaune



Microflore



Projets associés au RMQS

ECOMIC - RMQS



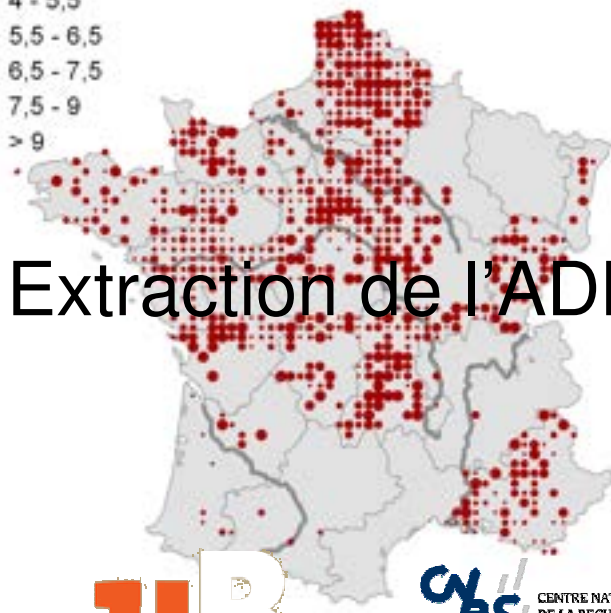
Microbio-géographie à l'échelle de la France par application d'outils moléculaires au Réseau de Mesure de la Qualité des Sols



Sol

Quantité d'ADN dans les sols en $\mu\text{g/g}$ de sol

- < 4
- 4 - 5,5
- 5,5 - 6,5
- 6,5 - 7,5
- 7,5 - 9
- > 9



Extraction de l'ADN

Outils
moléculaires



CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



Le Réseau de Mesures de la Qualité des Sols :

un très gros investissement pour

Un observatoire opérationnel

Un tableau de bord de la qualité des sols

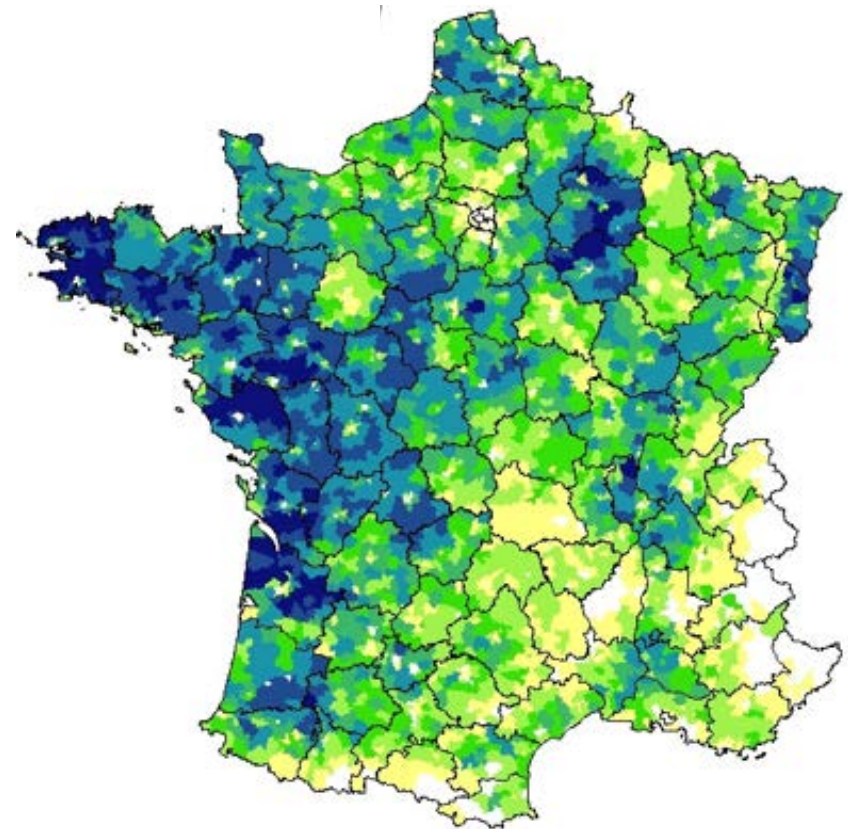
Une banque d'échantillons

Un outil potentiel de recherches

La base de données d'analyses de terre

- Collecte continue et pérenne

Nombre d'analyses par canton
(1990-2004)



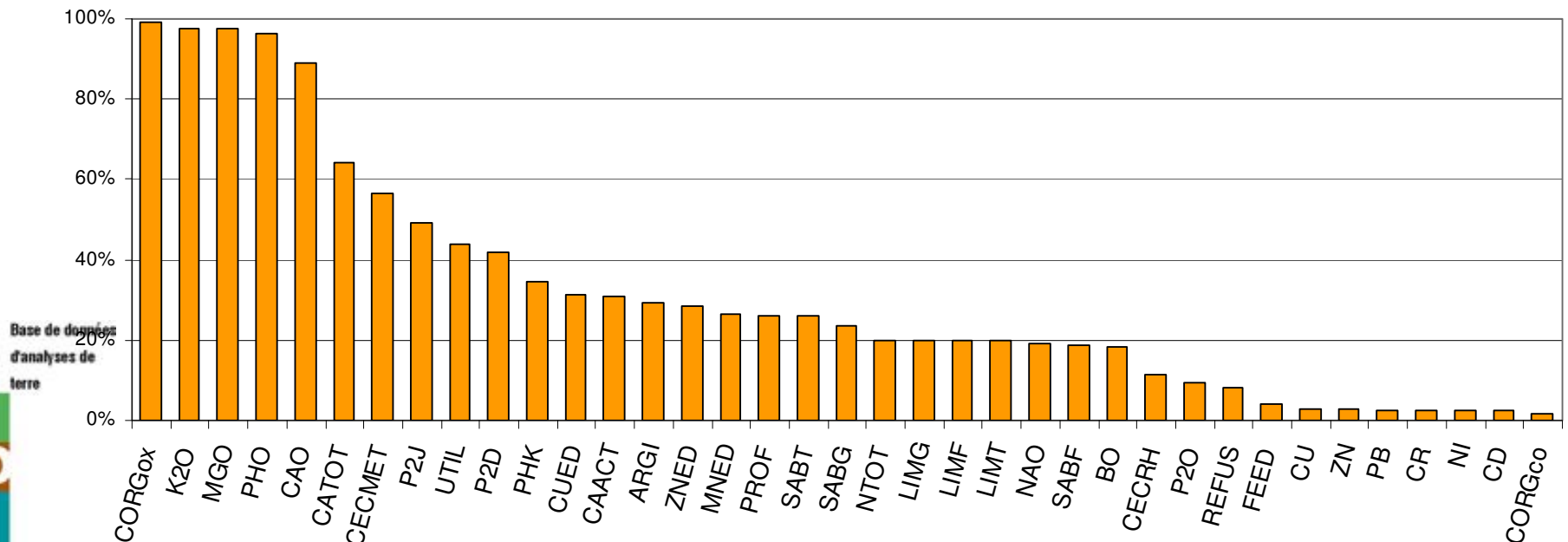
Base de données
d'analyses de
terre



Les résultats de **1 183 582** analyses et de **13 535 836** déterminations élémentaires sont stockés dans la BDAT pour la période de 1990 à 2004

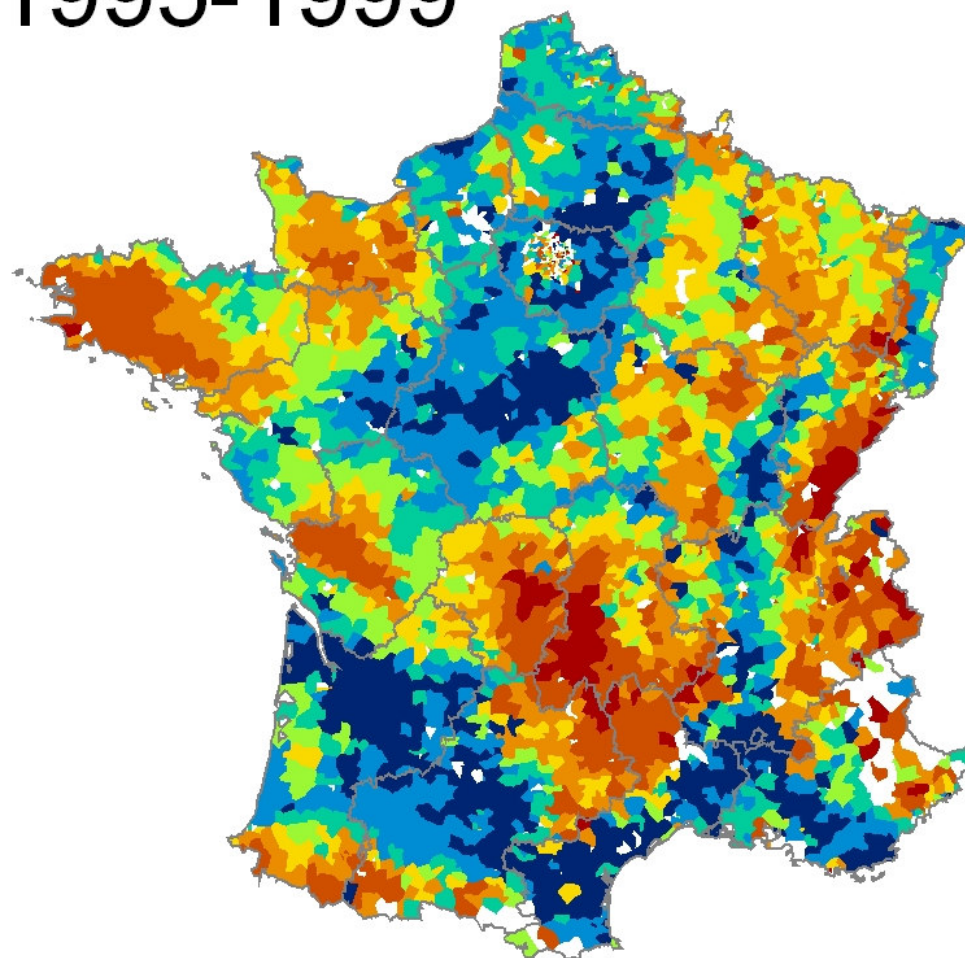
Les données disponibles (suite)

- Paramètres recensés :
 - Granulométrie
 - Carbone organique et azote, pH eau et KCl, CEC
 - Eléments majeurs extractibles (P K Ca Mg)
 - Oligo-éléments
 - Occupation du sol
- Taux de renseignement des déterminations :

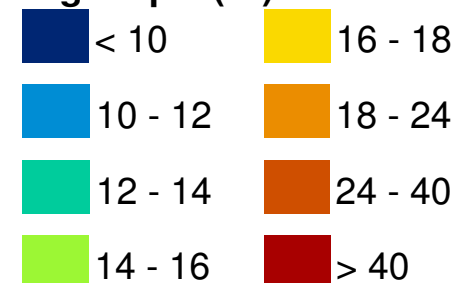


Photographie d'un état (teneurs en C organique)

1995-1999



Médiane cantonale en C organique (‰)



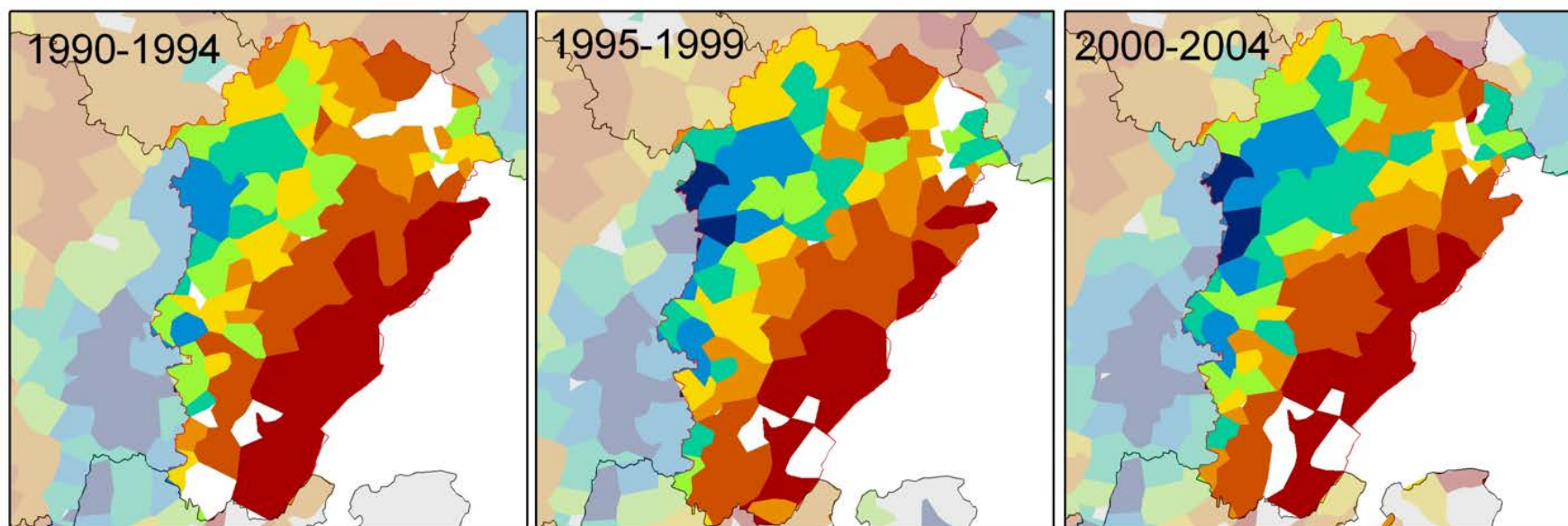
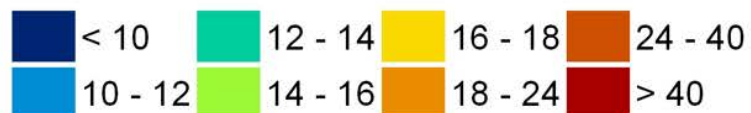
(BDAT, 2006)

Base de données
d'analyses de
terre



Evolution temporelle

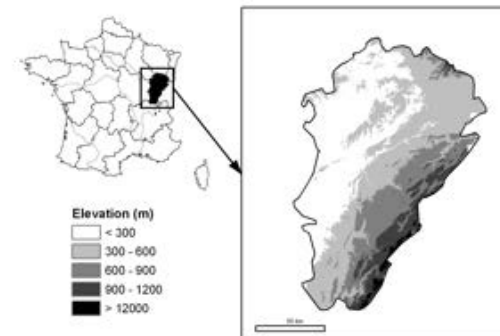
Médianes cantonales des teneurs en C organique (g/kg) des sols agricoles



Base de données
d'analyses de
terre

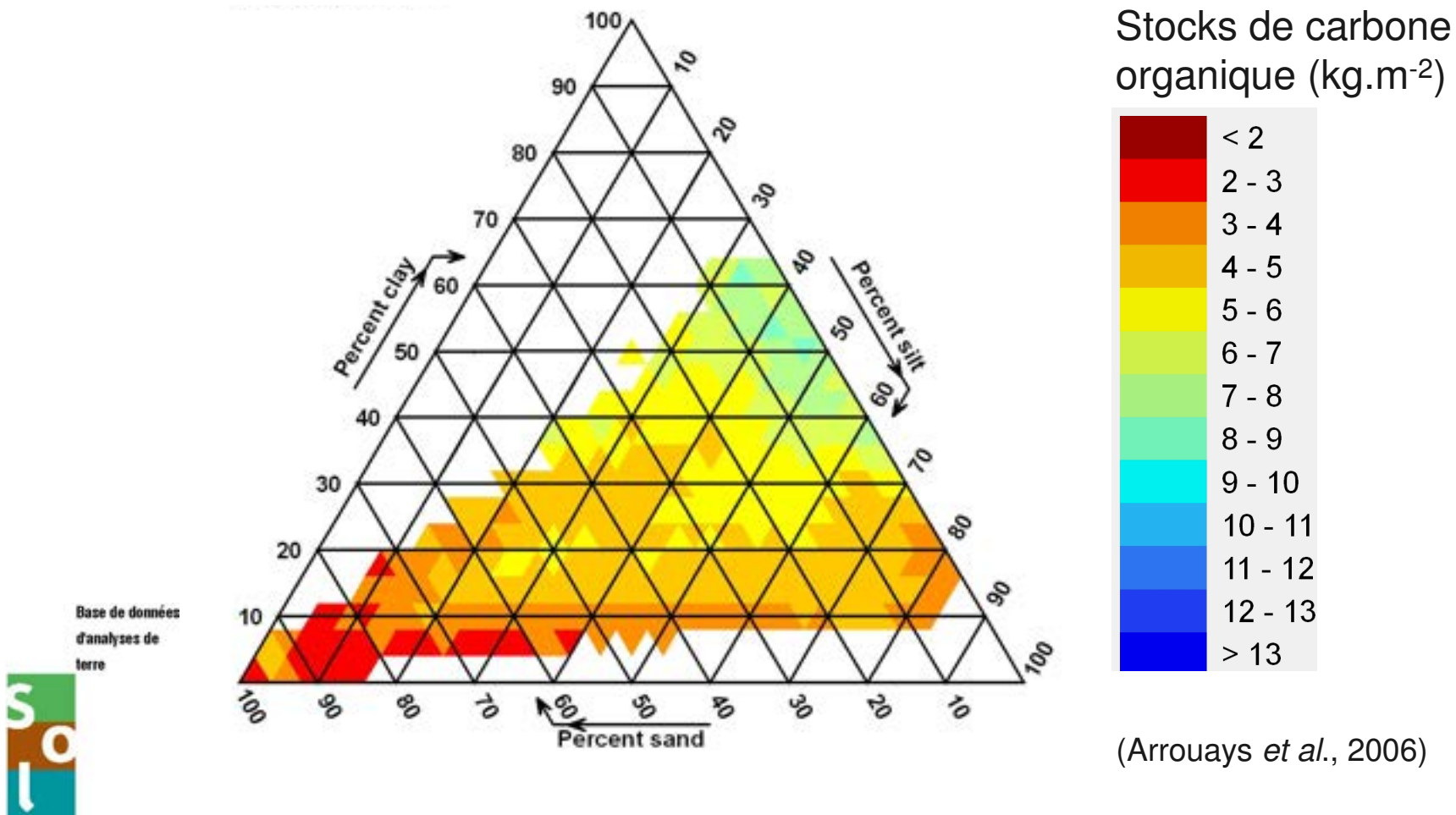


Altitude →



Recherche de corrélation entre paramètres

Médiane des stocks de carbone organique en fonction de la texture



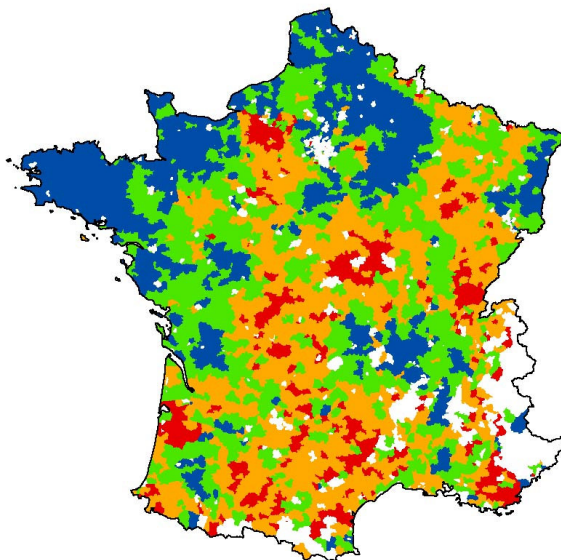
Interprétation agronomique (teneurs en P extractible)

- Couplage entre :
 - Les données de la BDAT
 - Le logiciel RegiFert (Denoroy *et al.*, 2001) qui permet de définir des seuils d'interprétation

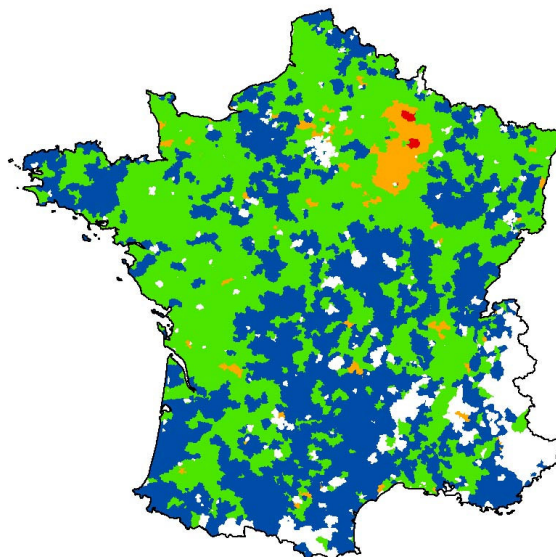


- Les seuils d'interprétation dépendent de :
 - Teneur en P
 - Teneur en CaCO_3
 - Teneur en argile
 - Teneur en carbone organique
 - pH eau

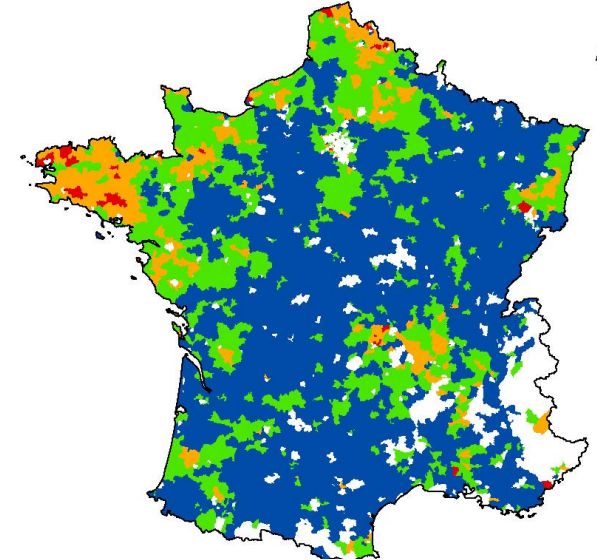
Interprétation agronomique des teneurs en P extractible



Niveau faible



Niveau intermédiaire



Niveau élevé

Fréquences cantonales

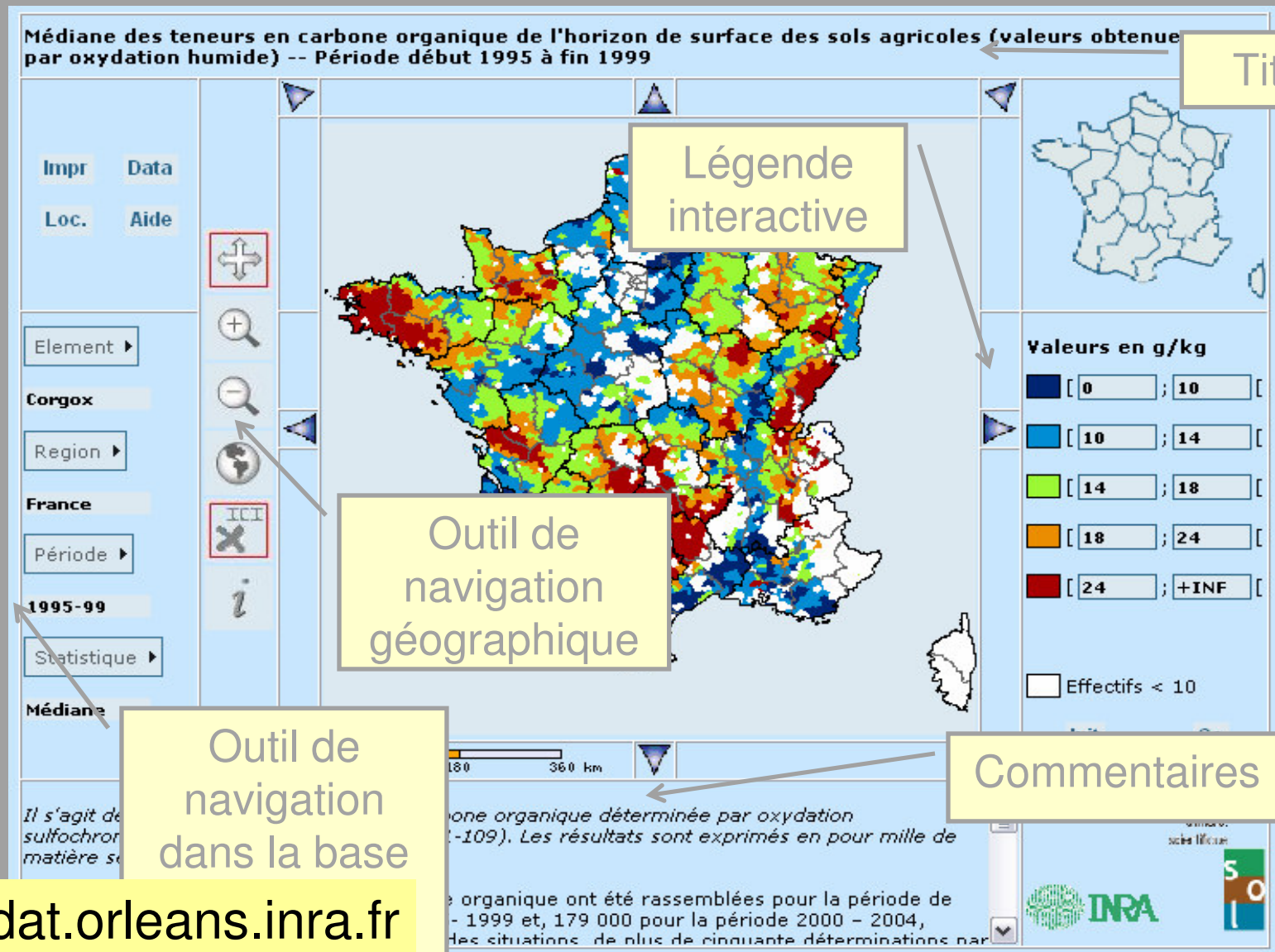


Cette méthode permet :

- D'agréger des résultats issus de différentes méthodes analytiques
- De prendre en compte le contexte pédologique local et des exigences des cultures

(Follain *et al.*, soumis)

Accès aux données via un site Internet interactif



<http://bdat.orleans.inra.fr>

[La base ANADEME-ETM]

- Analyses préalables aux épandages de boues de STEP
- 11396 échantillons (<1998)
- Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
- Statistiques nationales, recherche de seuils anomaux

Perspectives pour la BDAT et la BD-ETM

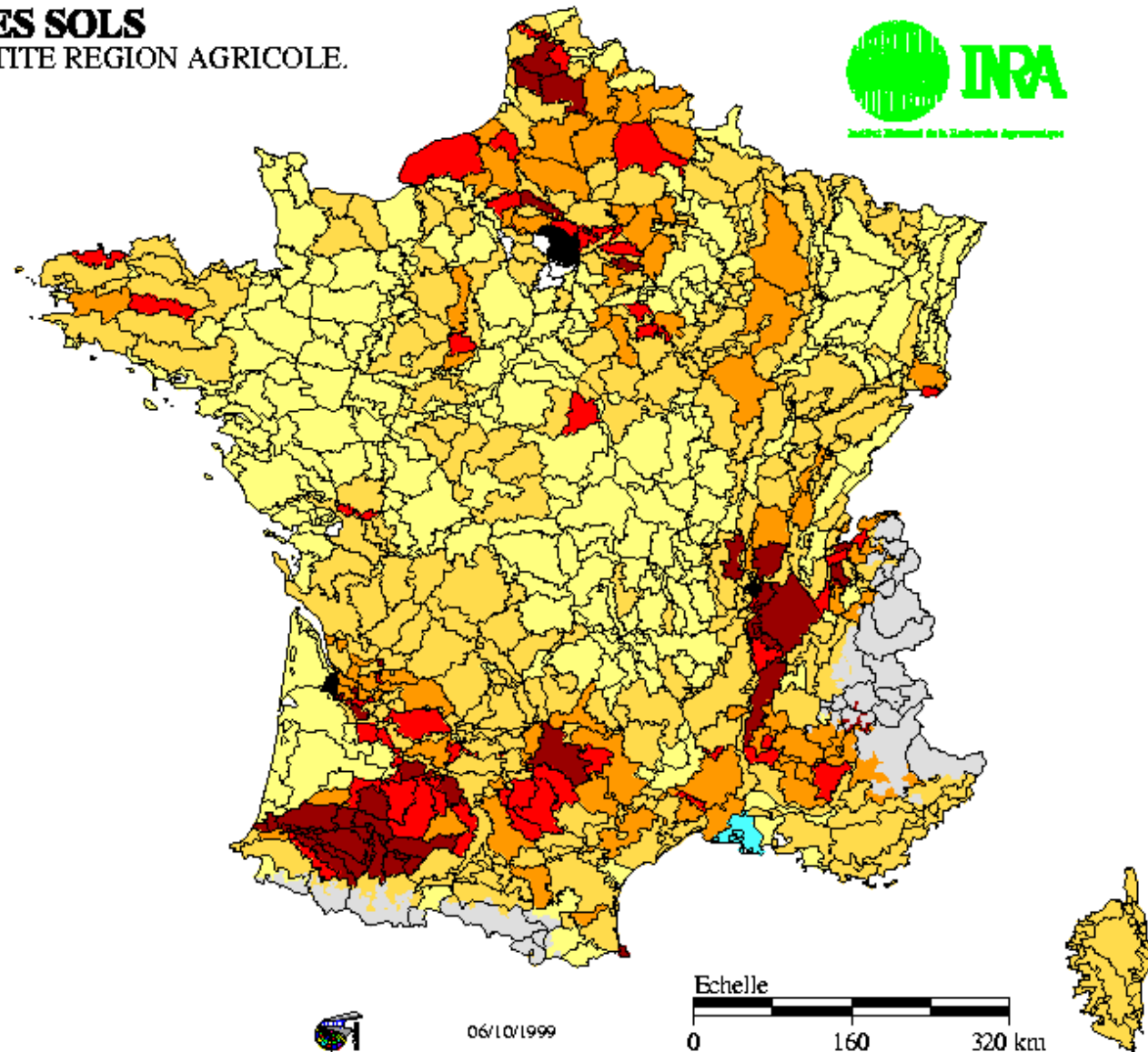
- Poursuivre l'acquisition de données
- Développer les analyses évolutives
- Poursuivre la mise en ligne de résultats agrégés
- Développer les outils d'interprétation
- Croiser avec des bilans de flux d'éléments

Des évaluations nationales

ALEA D'EROSION DES SOLS

ANNUEL, INTEGRE PAR PETITE REGION AGRICOLE.

-  Aléa très faible
-  Aléa faible
-  Aléa moyen
-  Aléa fort
-  Aléa très fort
-  Zones urbanisées
-  Zones de haute montagne
-  Zones humides
-  Pas d'information



Groupement
d'intérêt
scientifique



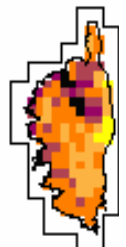
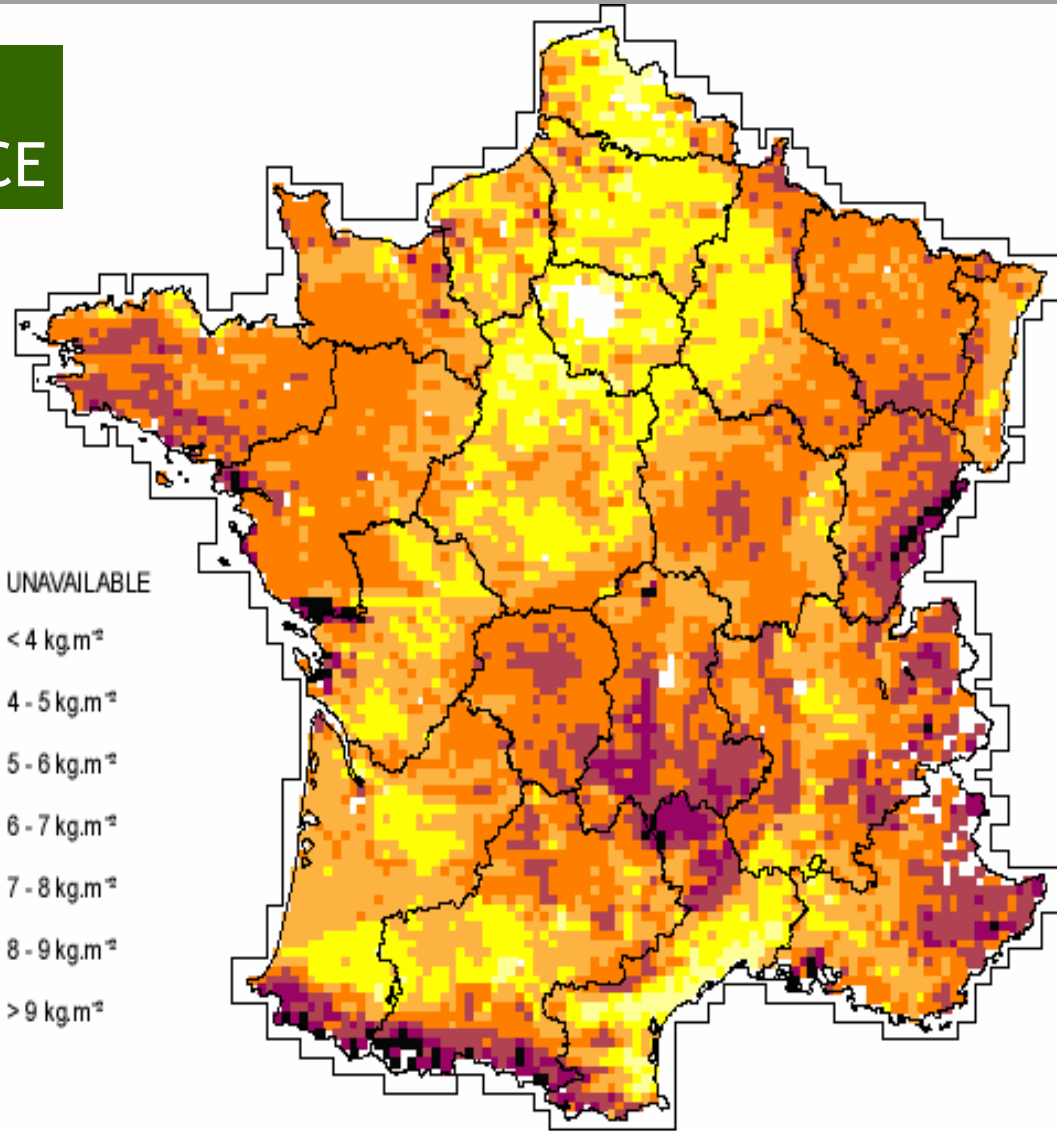
06/10/1999

Echelle
0 160 320 km

Des évaluations nationales

STOCKS DE C DANS LES
SOLS (0-0.3 m) DE FRANCE

3,1
Milliards
de tonnes

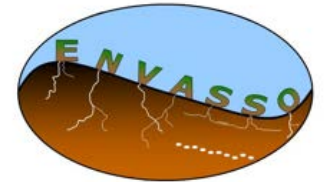


Groupement
d'intérêt
scientifique

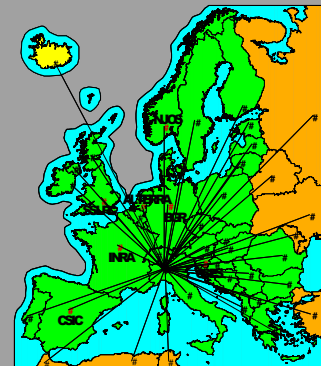


Le GIS sol : une dimension européenne

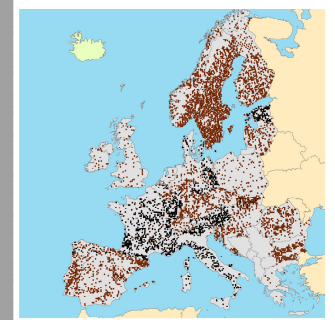
Environmental assessment of soil for monitoring



European soils bureau network

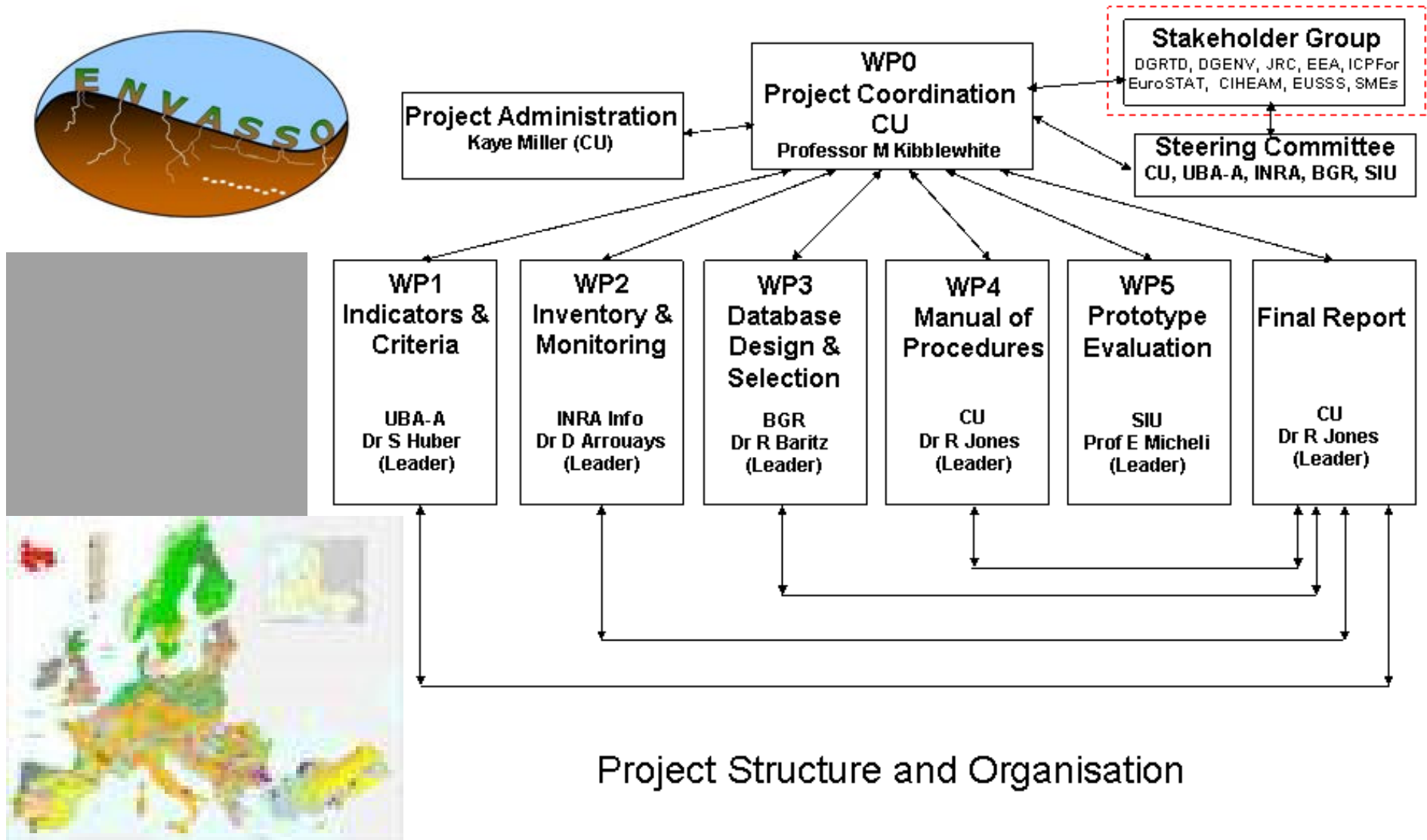


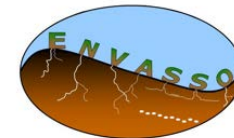
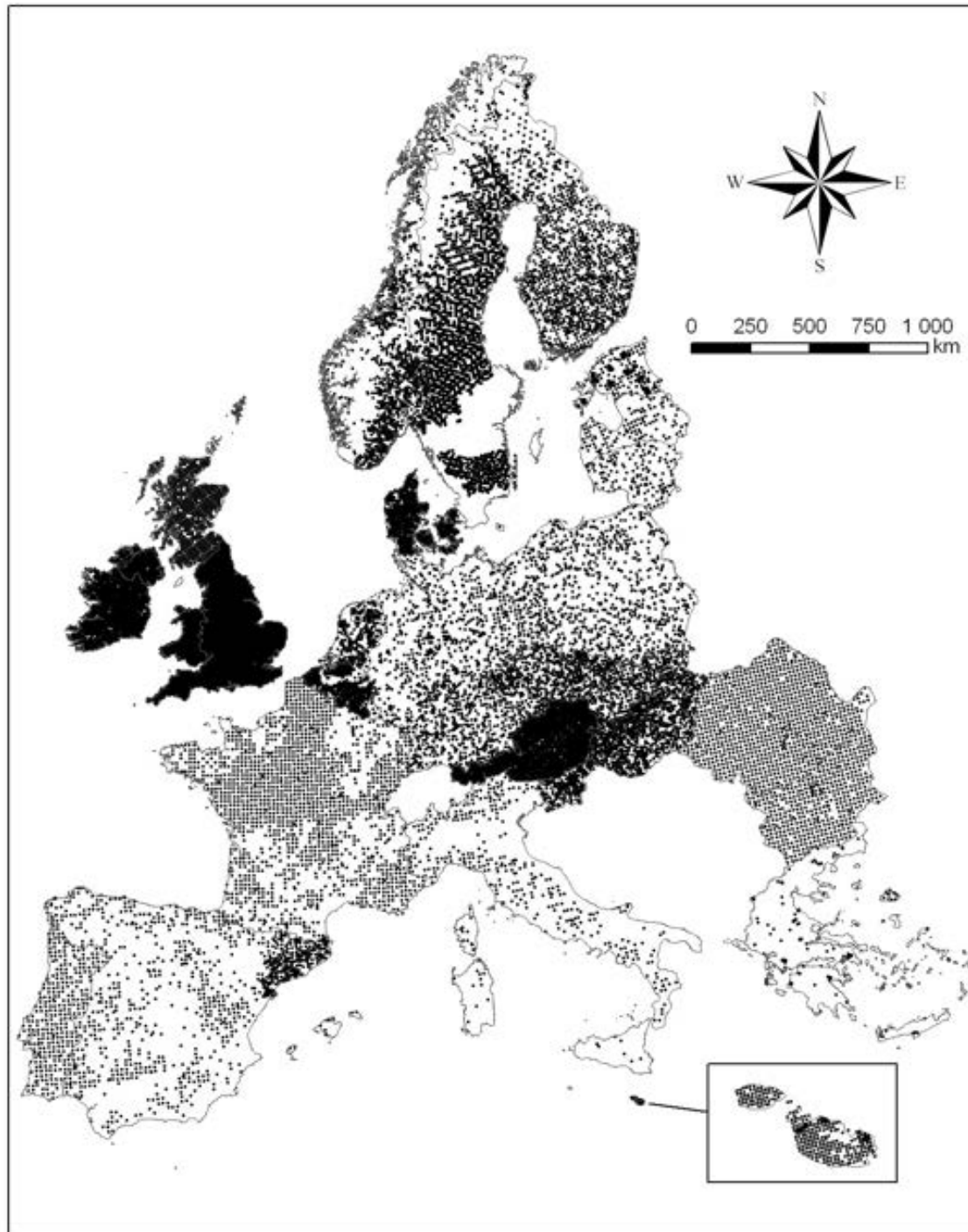
Coordination of the Biosoil database and quality control

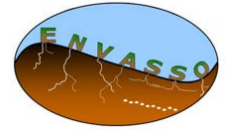


Le GIS sol : une dimension européenne

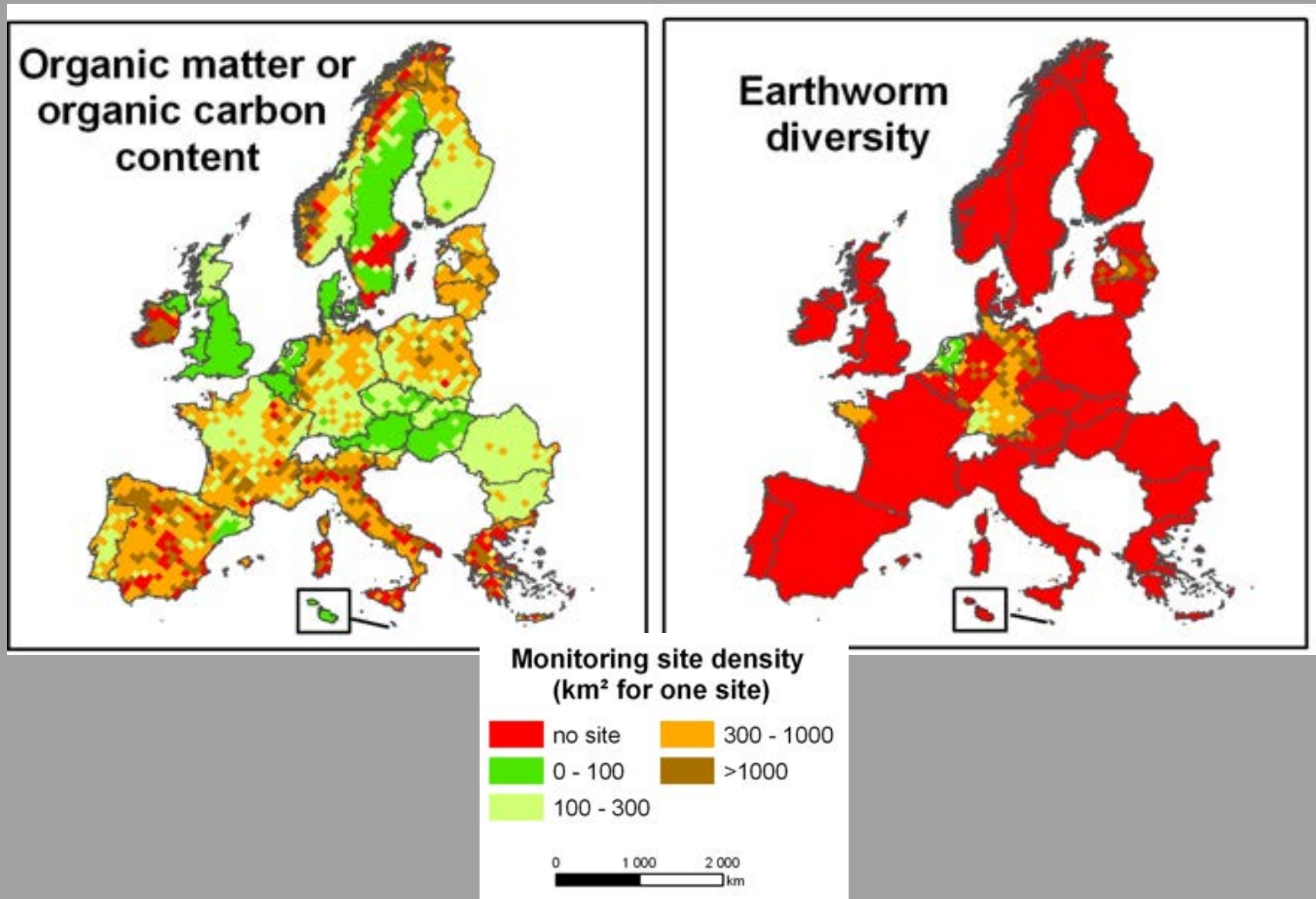
Environmental assessment of soil for monitoring

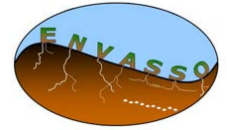






Soil Indicators



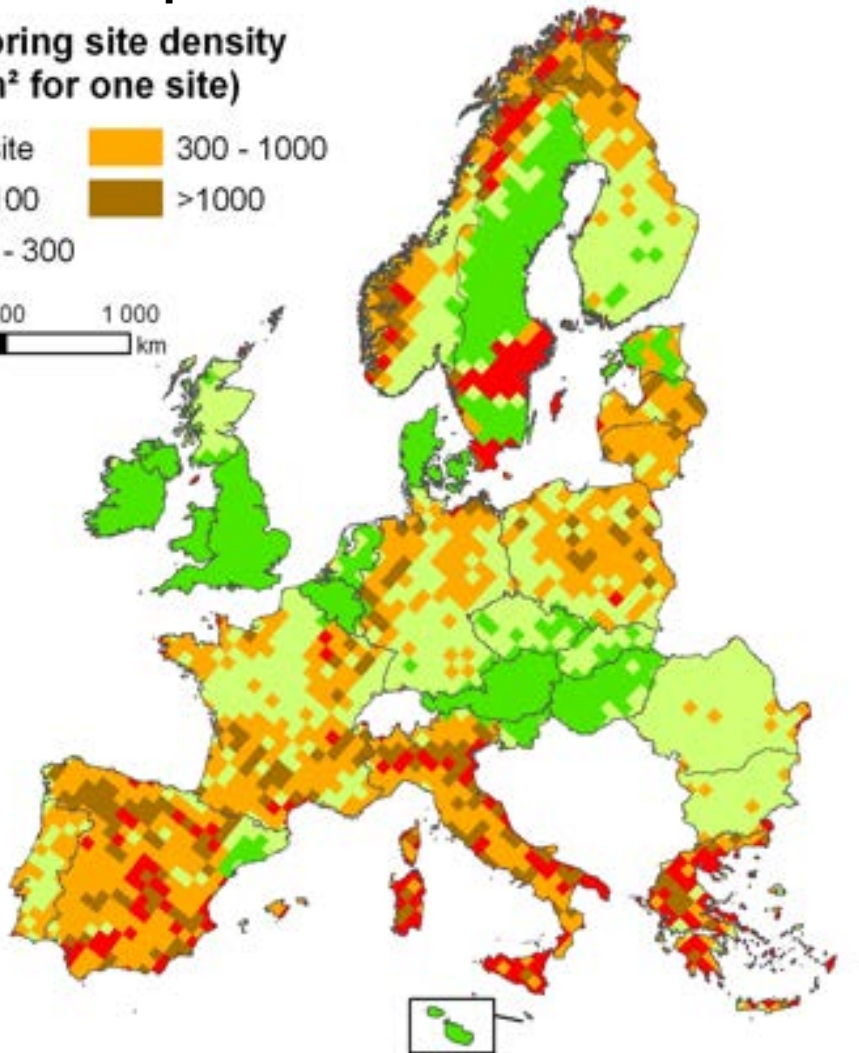


Density of soil monitoring sites in Europe

Monitoring site density
(km² for one site)



0 500 1 000
km



Recommendation

At least 1 site for 300 km²

$$\sqrt{300} = 17,320508$$

$$16^2 = 256$$

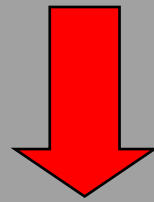


Le GIS sol

Une structure et des programmes ayant démontré leur efficacité

Des premiers bilans nationaux complets à l'horizon 2010

Un engagement européen fort



Un engagement des programmes sur le long terme

Groupement
d'intérêt
scientifique

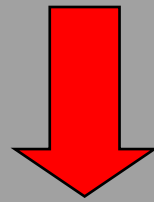


La Conférence d'Orientation du GIS sol

Communiquer sur les programmes du GIS Sol

Susciter des applications et des collaborations nouvelles. Analyser les besoins des utilisateurs.

Anticiper les besoins futurs



Groupement
d'intérêt
scientifique



De quoi aurons nous besoin demain ?

Et après-demain ?

Le GIS sol : pour les générations futures...

Groupement
d'intérêt
scientifique



Merci de votre attention !



dominique.arrouays@orleans.inra.fr