



Groupement
d'intérêt
scientifique



INRA
SCIENCE & IMPACT

L'état des sols de France enjeux et évaluation

Claudy Jolivet
Unité InfoSol INRA Val de Loire
claudy.jolivet@orleans.inra.fr

Master 2 HBV
Univ. Tours 03 octobre 2014

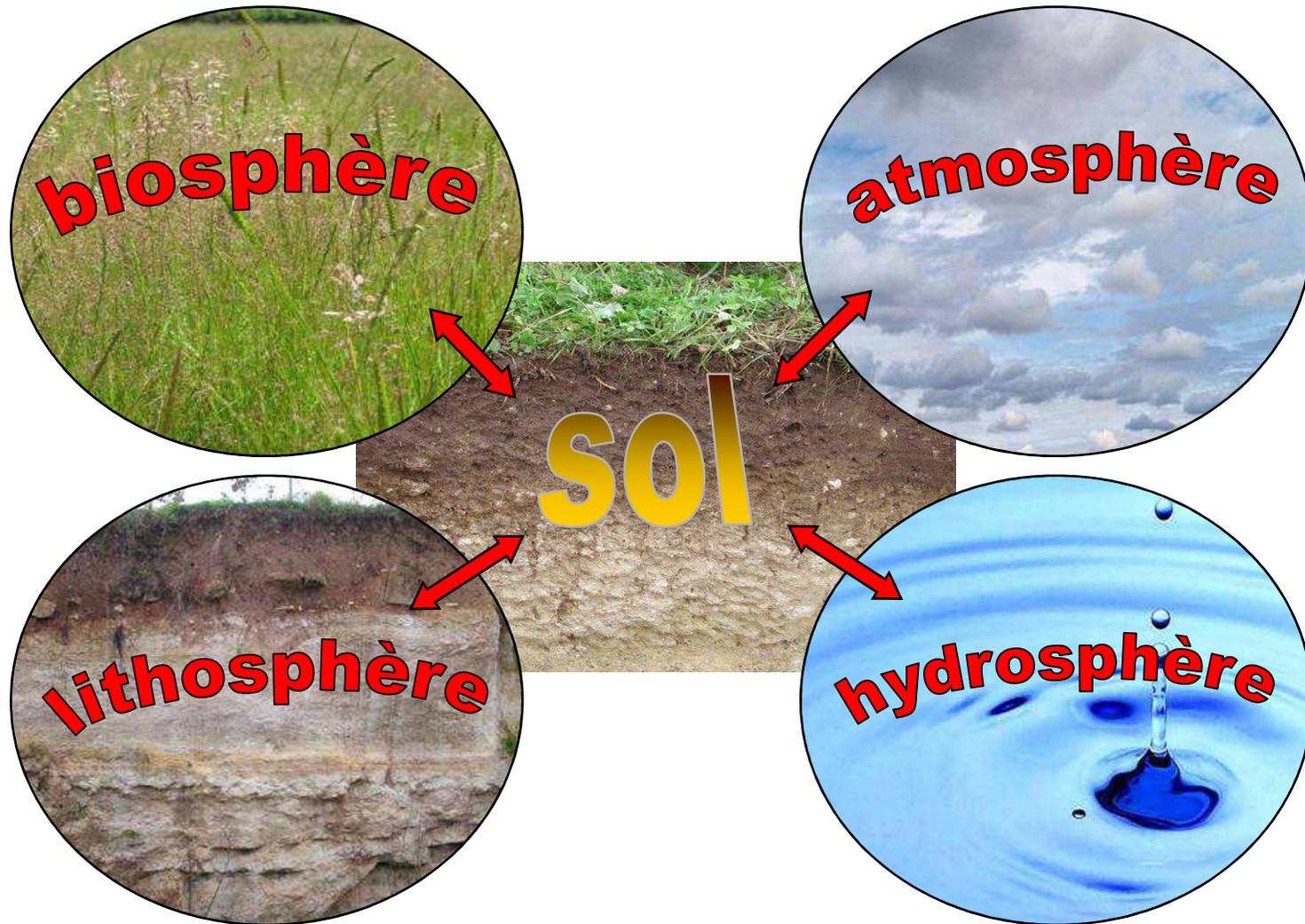


Plan

- Comment définir la qualité d'un sol ?
 - Fonctions et services rendus par les sols
 - La diversité des sols français
 - Les programmes d'acquisition de données sur les sols

- L'état des sols de France
 - Les pertes en sol
 - Les sols et le changement climatique
 - L'état de la fertilité chimique des sols
 - La contamination des sols
 - L'état de la biodiversité dans les sols
 - Le tassement des sols

Le sol : interface dans l'environnement



Qu'est ce que la qualité d'un sol ?

**C'est sa capacité à fonctionner
(caractère vivant et dynamique du sol),
à remplir un certain nombre de fonctions
=> à rendre des services**

- La qualité en soi n'existe pas
- Elle se définit par rapport à des fonctions, à des services rendus et à leur durabilité

Fonctions et services rendus par les sols

Production d'aliments et de biomasse



Source : A. Richer de Forges (CA 45)

Source : Infosol (INRA Orléans)

Habitat et patrimoine génétique



Source : Infosol (INRA Orléans)

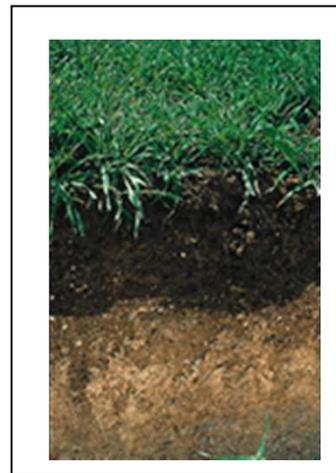
Source : J. Moulin (CA 36)

Stockage, filtration Transformation des mat.org, régulation des flux hydriques

(minéraux, matière organique, eau,
énergie, substances chimiques, gaz)



Source : A. Richer de Forges (CA 45)



Source de matières premières



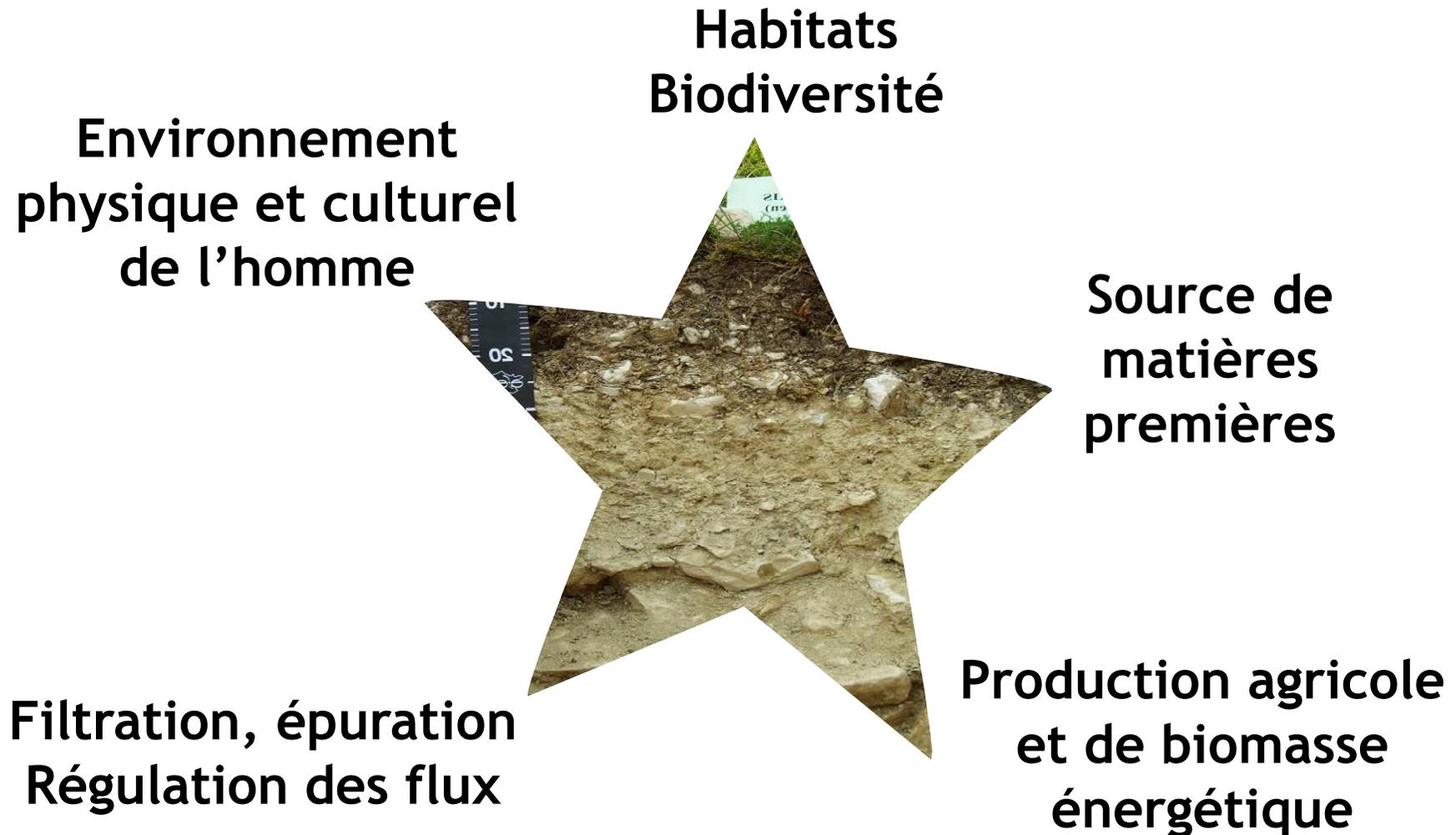
Source : J. Moulin (CA 36)

Environnement physique et culturel pour l'homme



Source : C. Schwartz (ISAL)

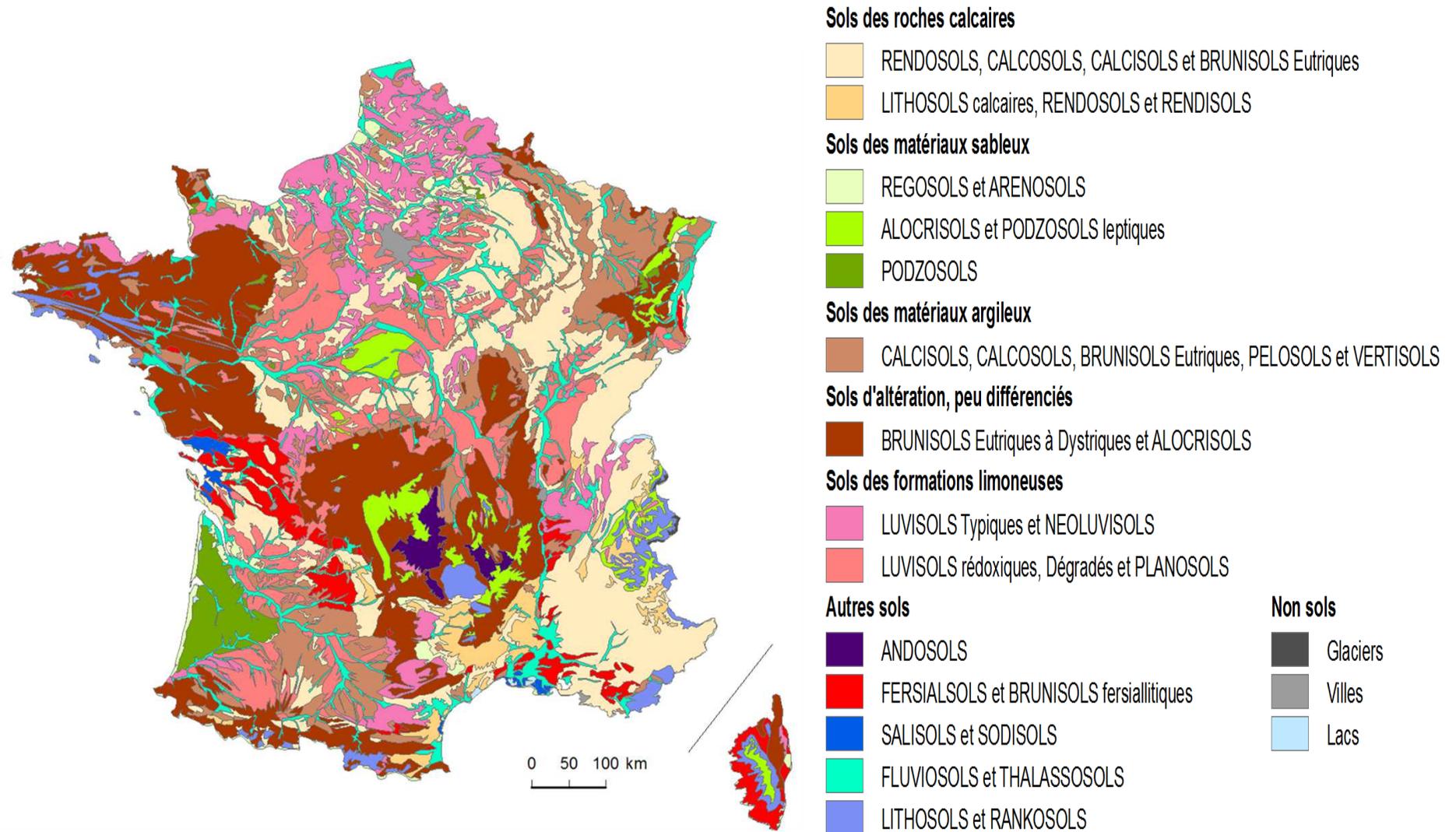
Des fonctions multiples et des services parfois antagonistes : conflits d'usage du sol



La diversité des sols



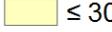
La diversité des sols de France

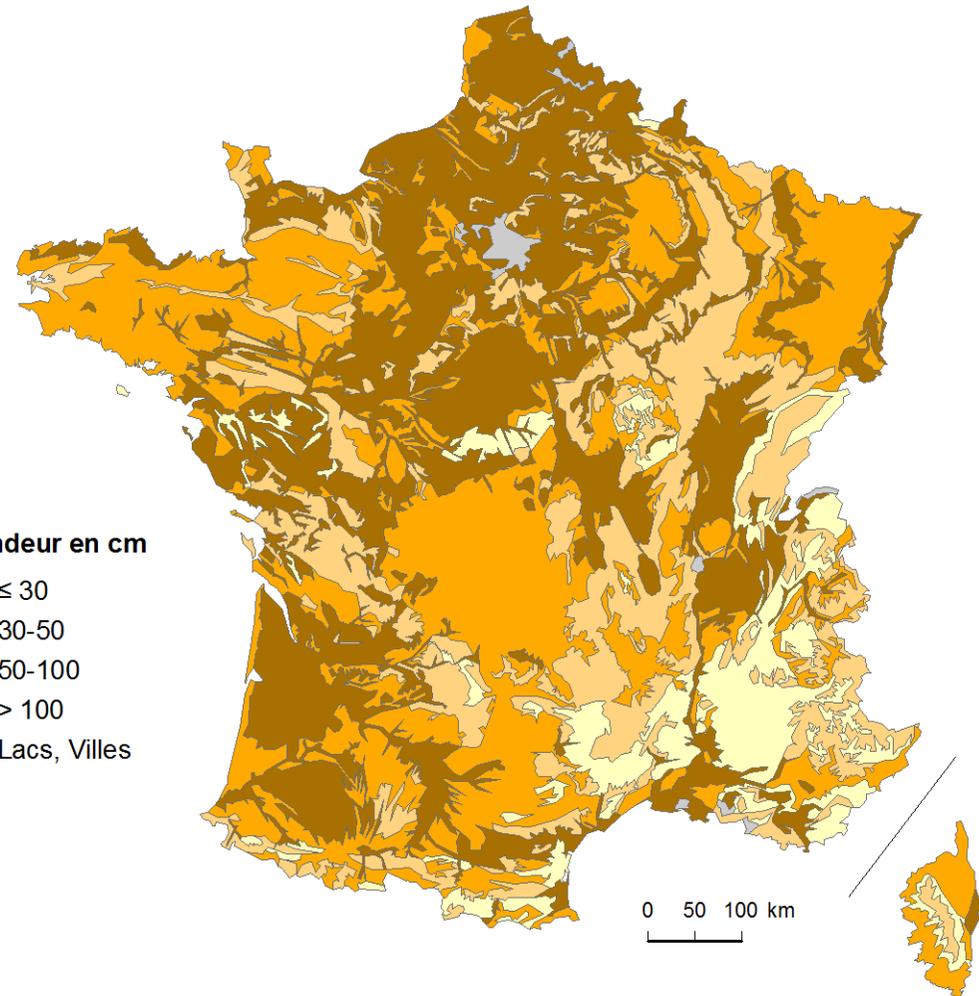


Principales caractéristiques des sols : la profondeur



Profondeur en cm

-  ≤ 30
-  30-50
-  50-100
-  > 100
-  Lacs, Villes



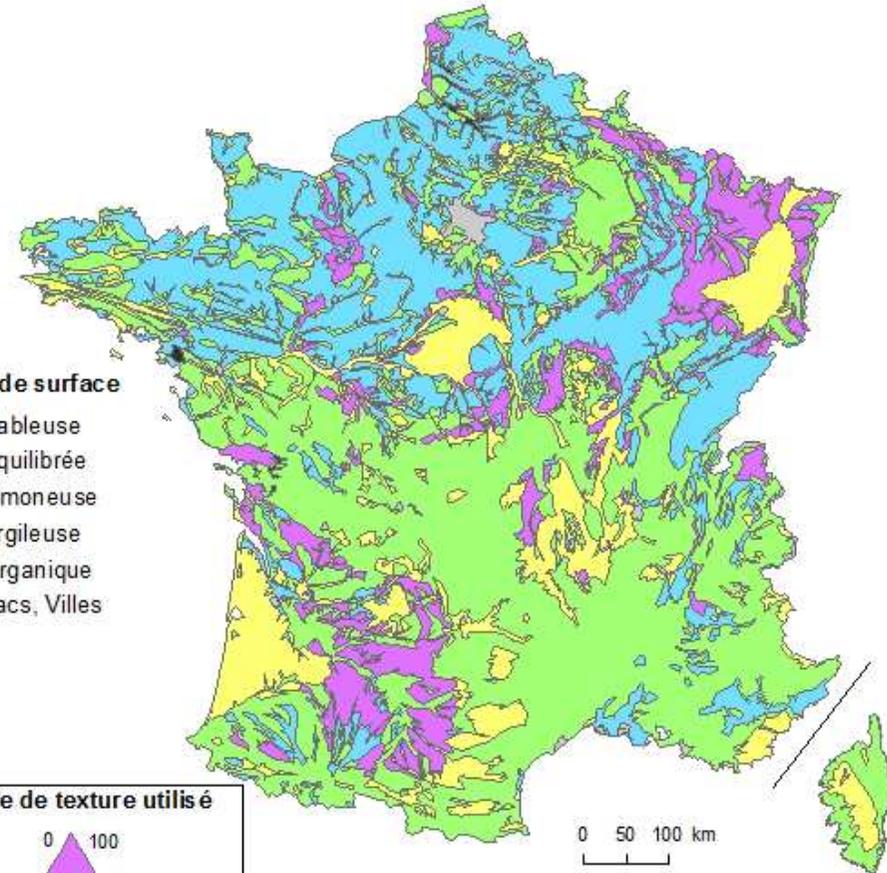
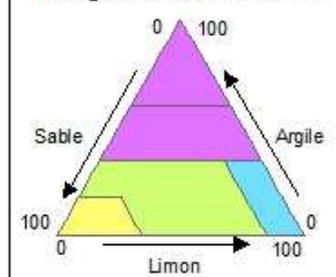
Principales caractéristiques des sols : la texture



Texture de surface

- Sableuse
- Equilibrée
- Limoneuse
- Argileuse
- Organique
- Lacs, Villes

Triangle de texture utilisé

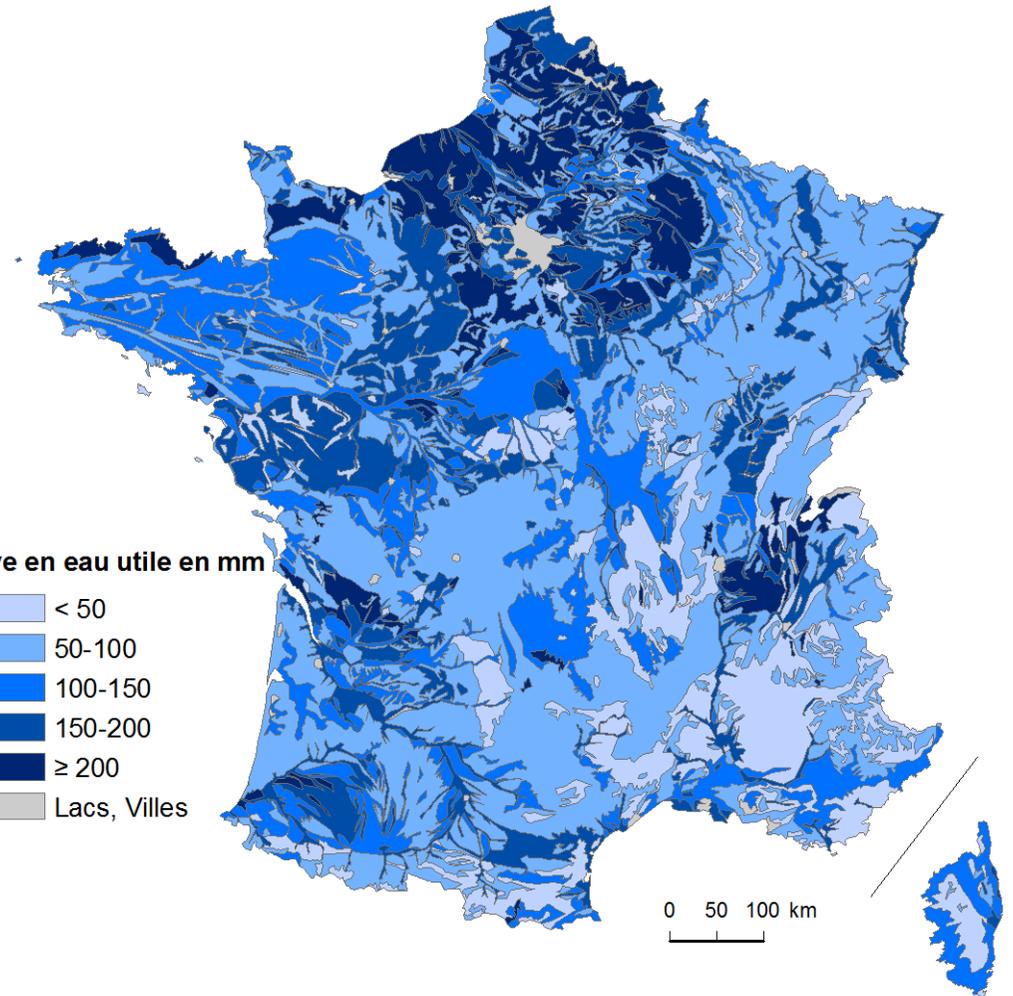


Principales caractéristiques des sols : l'eau dans les sols



Réserve en eau utile en mm

-  < 50
-  50-100
-  100-150
-  150-200
-  ≥ 200
-  Lacs, Villes



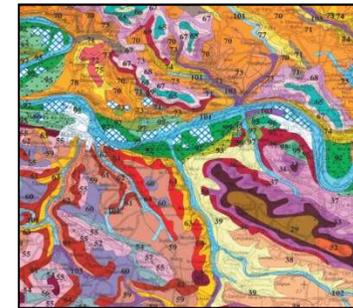
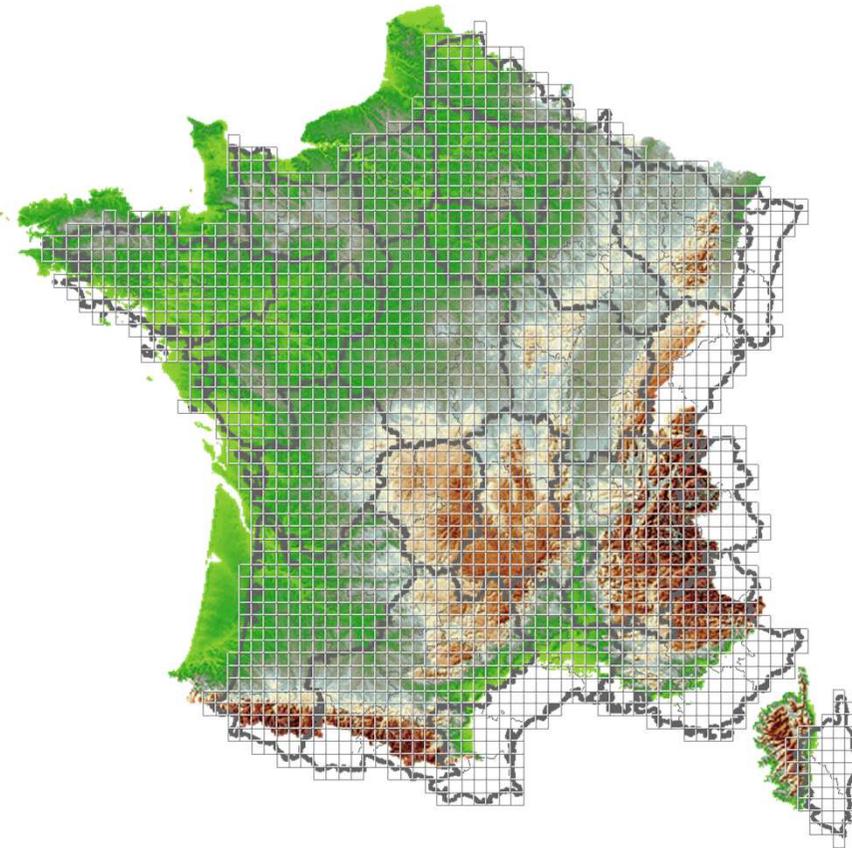
Comment évaluer et suivre la qualité des sols face à cette diversité ?



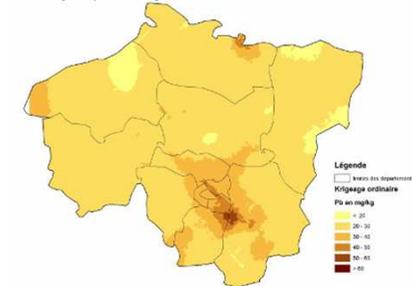
Les programmes d'acquisition de données sur les sols



© Claudy Jolivet (INRA Orléans)



Carte 8-4 : légende adaptée au contexte régional





Des programmes financés par le Gis Sol

LE GROUPEMENT D'INTERET SCIENTIFIQUE SOL (**MEDDE**, **MAAF**, **ADEME**, **INRA**, **IRD**, **IGN**)



pour une gestion patrimoniale et durable des sols



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

www.gissol.fr

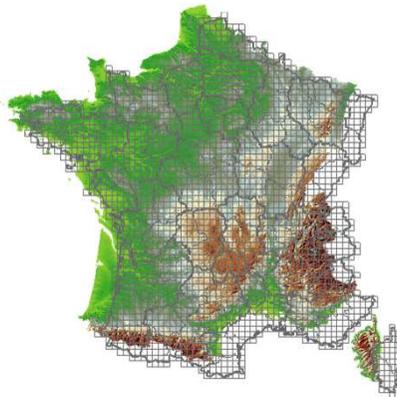


Les programmes du Gis Sol

Des programmes nationaux pour améliorer la connaissance et la surveillance des sols de France



Inventaire Gestion et
Conservation des Sols (IGCS)



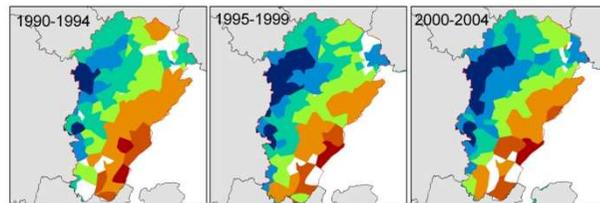
Réseau de Mesures de la
Qualité des Sols (RMQS)



Les programmes du Gis Sol

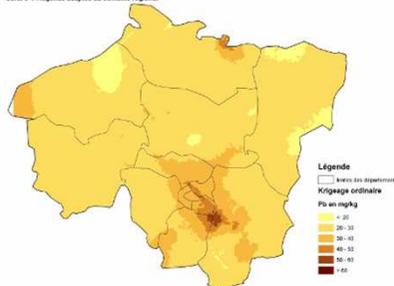
Des bases de données nationales pour capitaliser
les analyses de sols réalisées en France

Soil organic carbon content (g kg⁻¹)



Base de Données
d'Analyses de Terre (BDAT)

Carte B-4 : légende adaptée au contexte régional



Base de Données Éléments
Traces Métalliques (BDETM)



Les programmes du Gis Sol

Le Conservatoire des Sols :
un conservatoire national pour archiver et valoriser
les échantillons de sols collectés en France

© Claudy Jolivet (INRA Orléans)

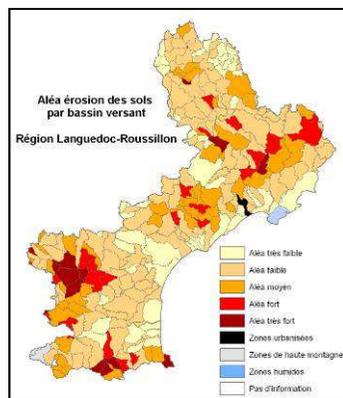


© Philippe Berché (INRA Orléans)



Inventaire Gestion et Conservation des Sols (IGCS)

« Inventorier les sols pour mieux les gérer »



- identifier, définir et localiser les **principaux types de sols** d'une région ou d'un territoire et caractériser leurs propriétés
- constituer des **bases de données** de qualité répondant aux besoins des utilisateurs
- évaluer les **aptitudes des sols et les risques pour différents usages** (agriculture, environnement, aménagement des territoires)

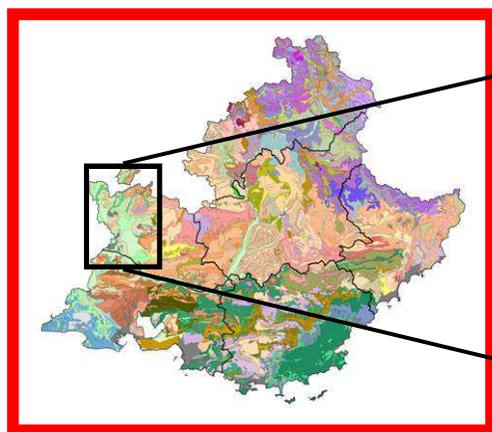


IGCS : un programme multi-échelle

Référentiels Régionaux
Pédologiques (RRP)

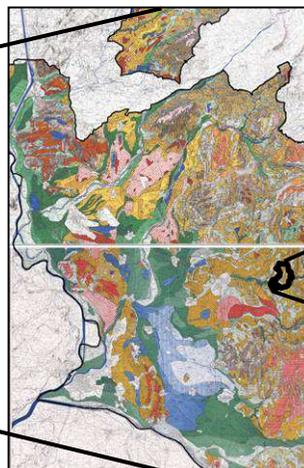
Connaissance Pédologique
de la France (CPF)

Secteurs de
référence (SR)



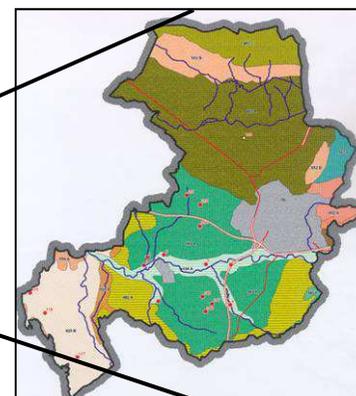
1/250 000

Régions, Départements



1/50 000 à 1/100 000

Petites Régions



1/10 000

Parcelles

← Un enrichissement progressif →

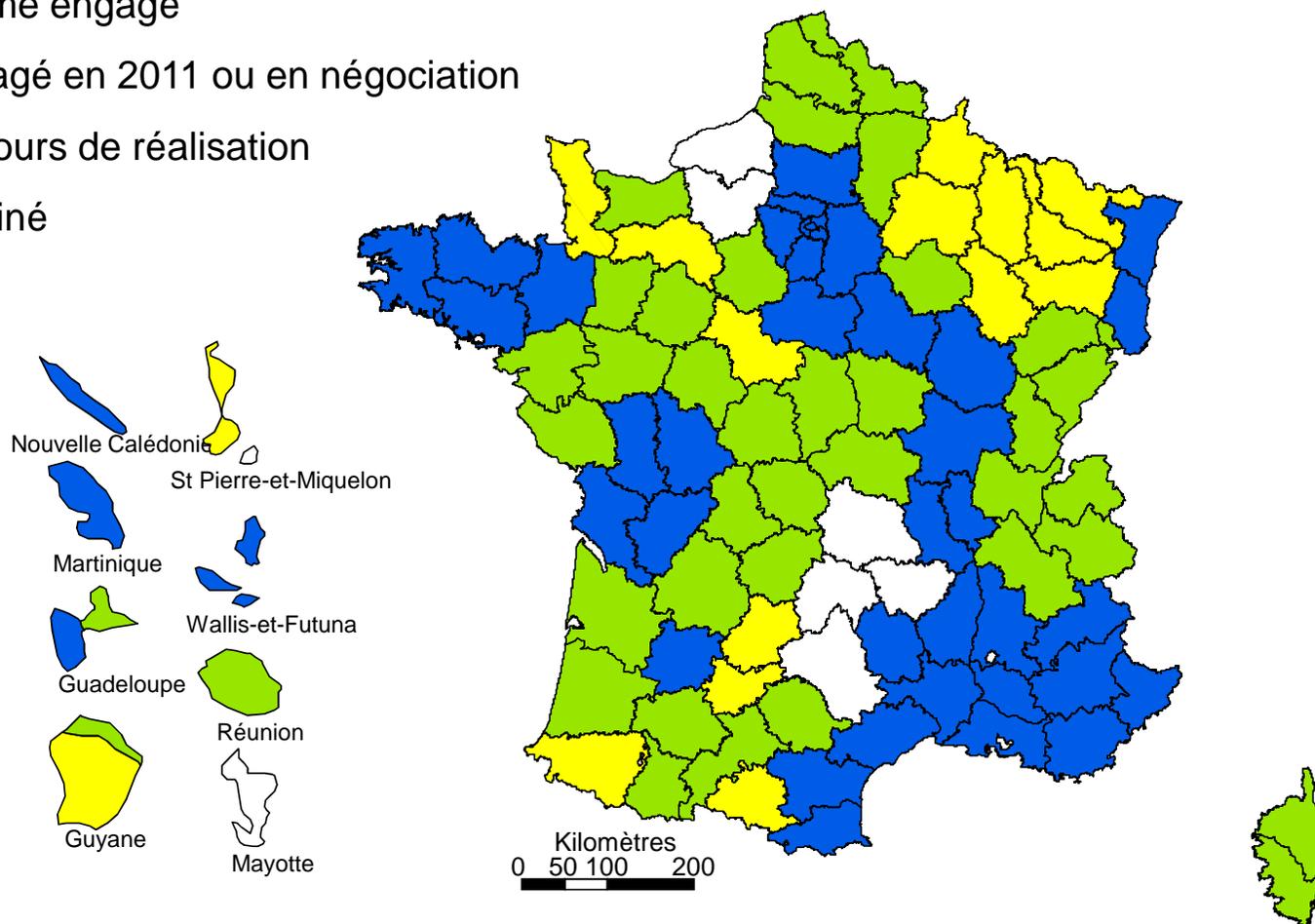


Référentiels régionaux pédologiques : état d'avancement

Légende

-  Pas de programme engagé
-  Programme engagé en 2011 ou en négociation
-  programme en cours de réalisation
-  programme terminé

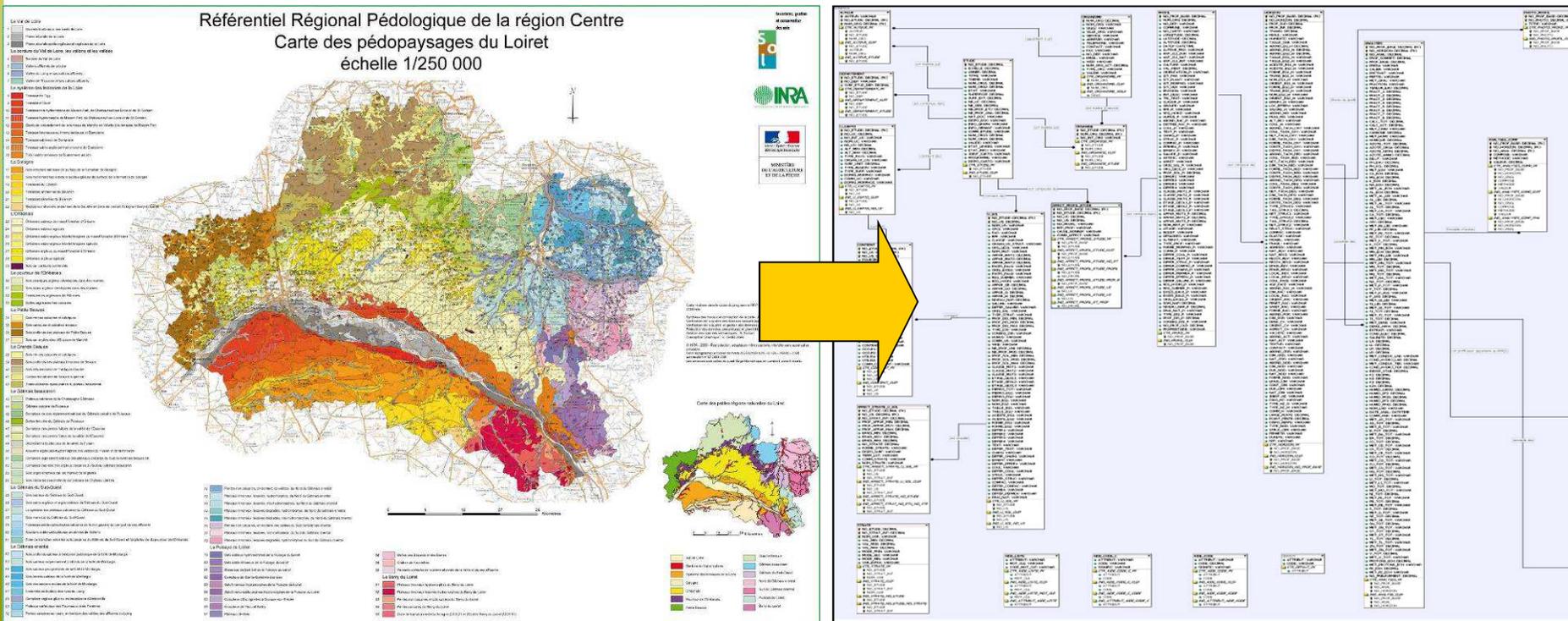
80% du territoire métropolitain est couvert





Qu'est-ce qu'un référentiel régional pédologique ?

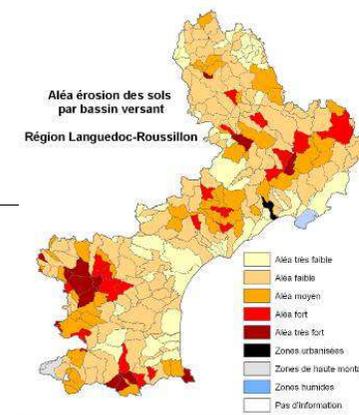
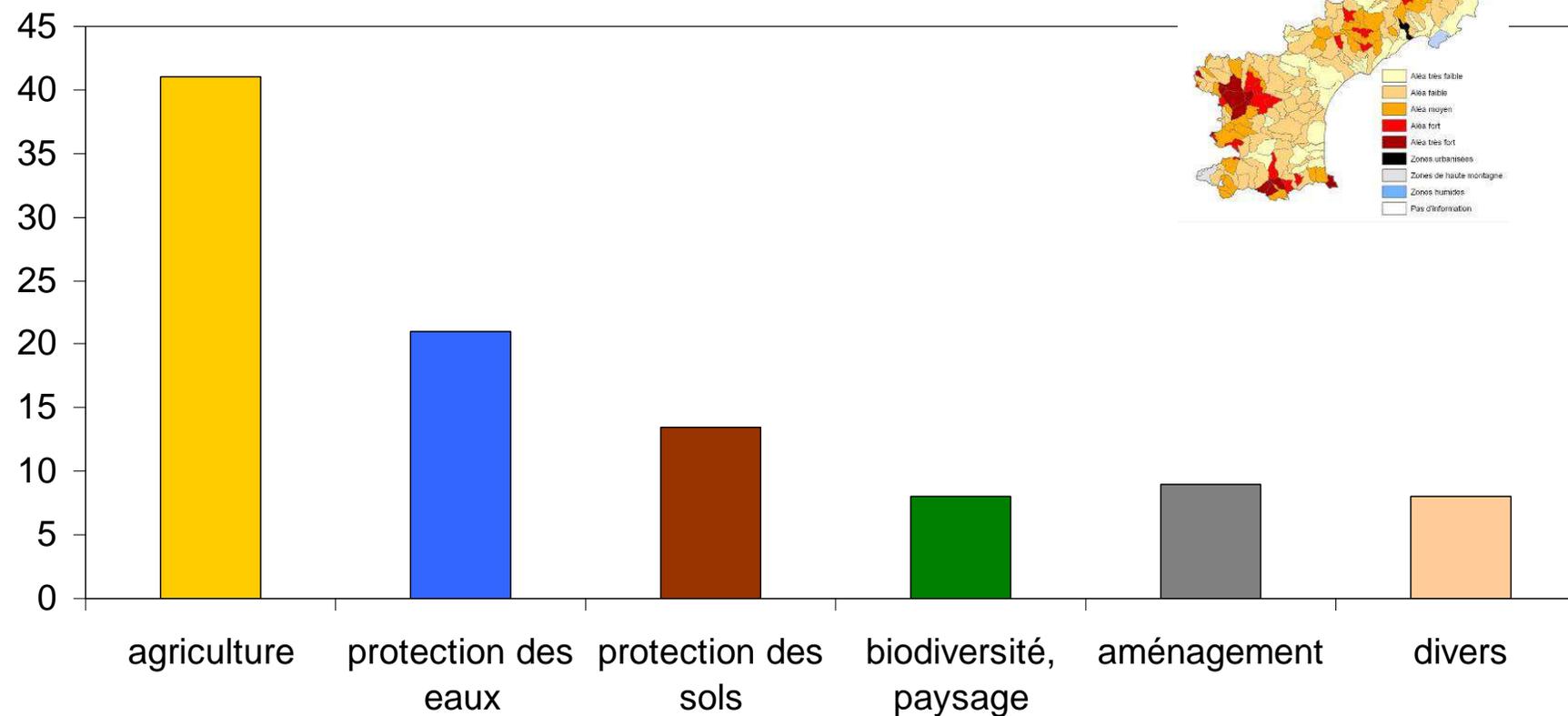
une **carte de sols** et une **base de données**





Valorisation thématique des bases de données IGCS

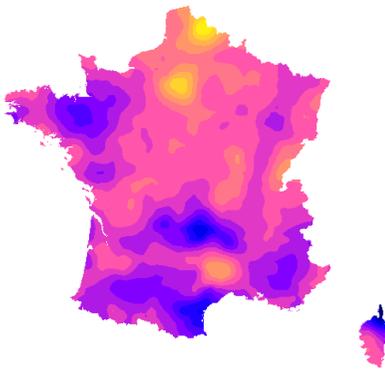
(%) Des centaines d'applications thématiques





Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS)

« Suivre l'évolution de la qualité des sols français »

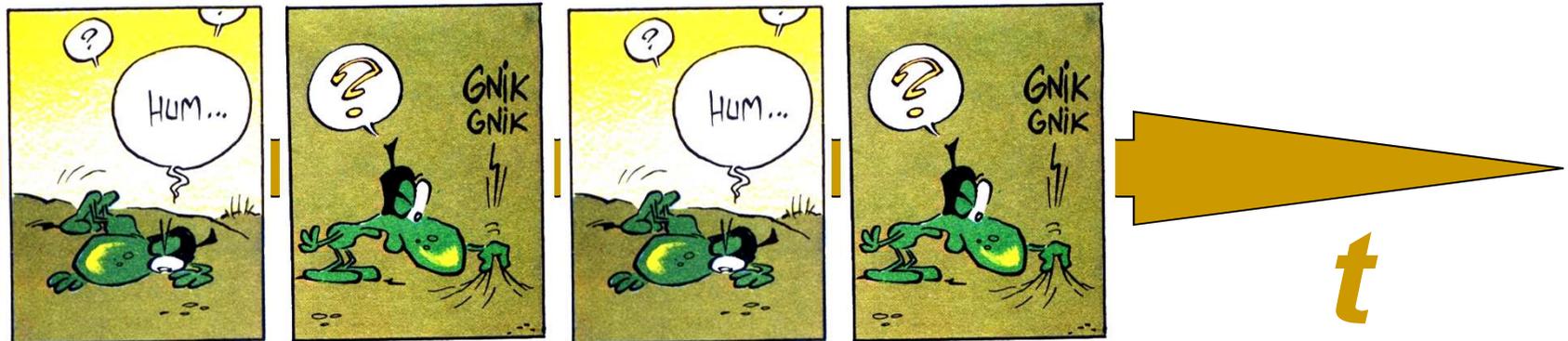


- Établir un **tableau de bord** de la qualité des sols (bilan et référence)
- **Cartographier** les propriétés des sols (contamination diffuse)
- Détecter des **évolutions** (réseau d'alerte)
- Constituer une **banque d'échantillons** de sols

Qu'est-ce que la surveillance ?

Surveiller vt :

Observer attentivement pour contrôler, vérifier.



Implique un processus de répétition des observations

Qu'est-ce que la surveillance appliquée aux sols ?

La surveillance des sols est la détermination systématique des propriétés du sol afin d'enregistrer leurs variations temporelles et spatiales (FAO/ECE, 1994)



Un réseau de surveillance est un ensemble de sites où l'évolution des caractéristiques du sol est mesurée périodiquement à partir d'un ensemble étendu de propriétés de sol (Morvan *et al.*, 2008)

Quelles solutions pour surveiller les sols ?

- Réutiliser des données acquises pour d'autres objectifs (ex : BDAT)
- Ré-échantillonner des sites initialement analysés pour d'autres objectifs (ex : profils IGCS)
- Développer des programmes de surveillance dédiés (ex : RMQS)



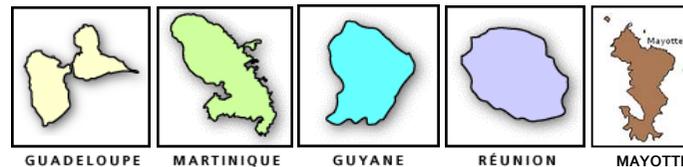
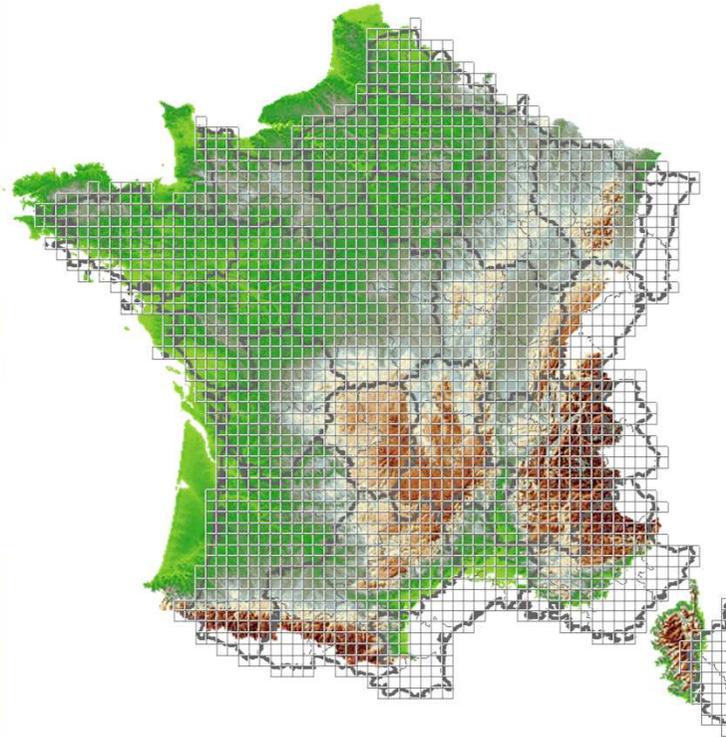
→ Rôle essentiel des SI et des conservatoires



Le RMQS : un réseau systématique



© Claudy Jolivet (INRA Orléans)

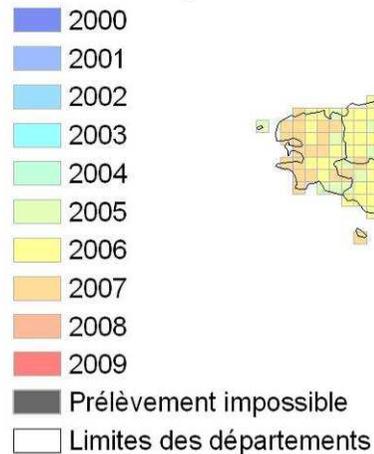


- 2200 sites
- répartis selon une grille de 16 km x 16 km
- représentatifs des sols français et de leurs usages
- rééchantillonnés régulièrement

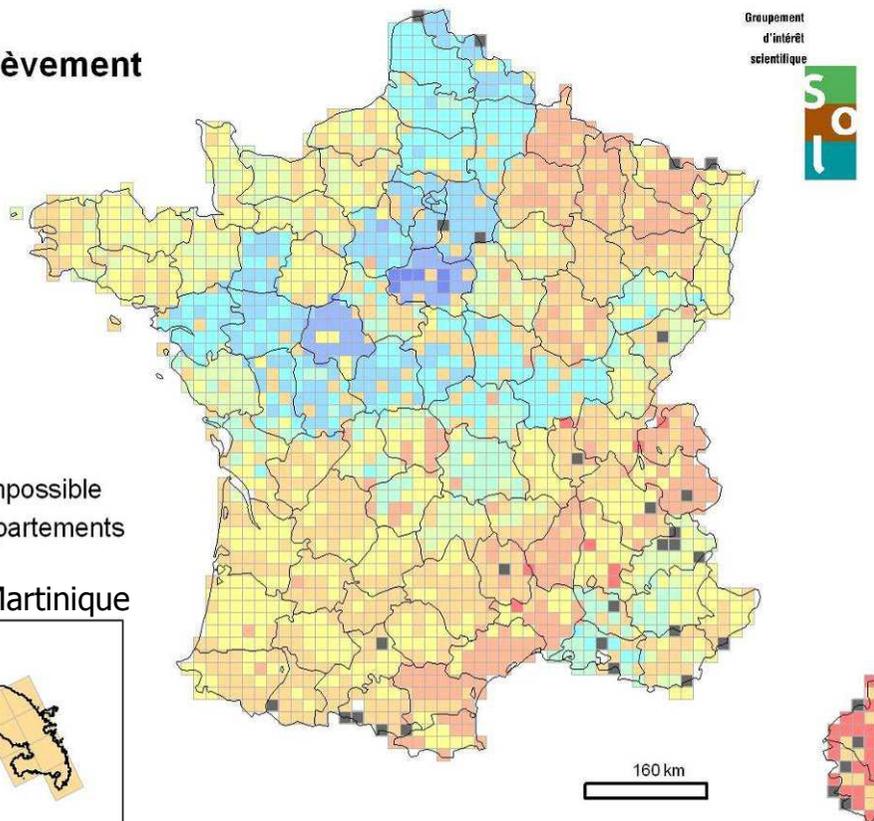
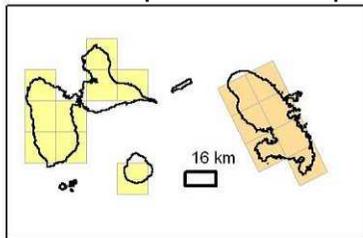


Un suivi à long terme

Année de prélèvement



Guadeloupe et Martinique



Métropole

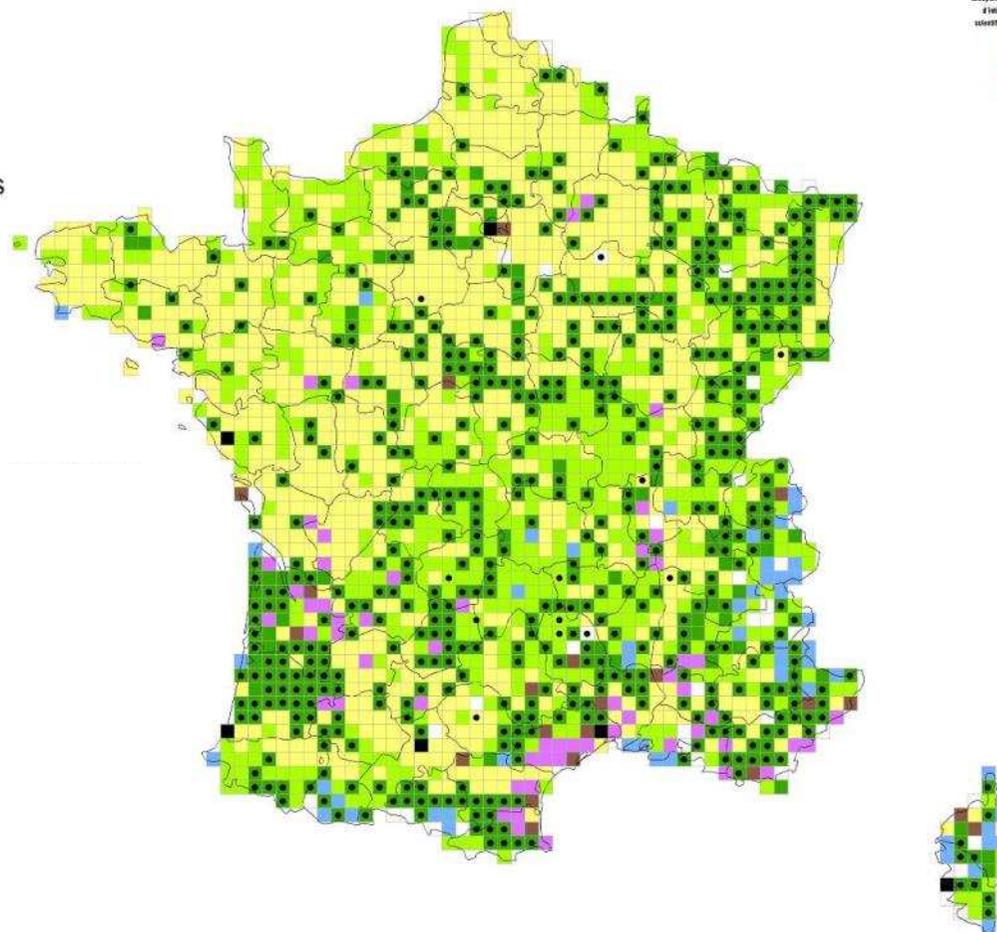
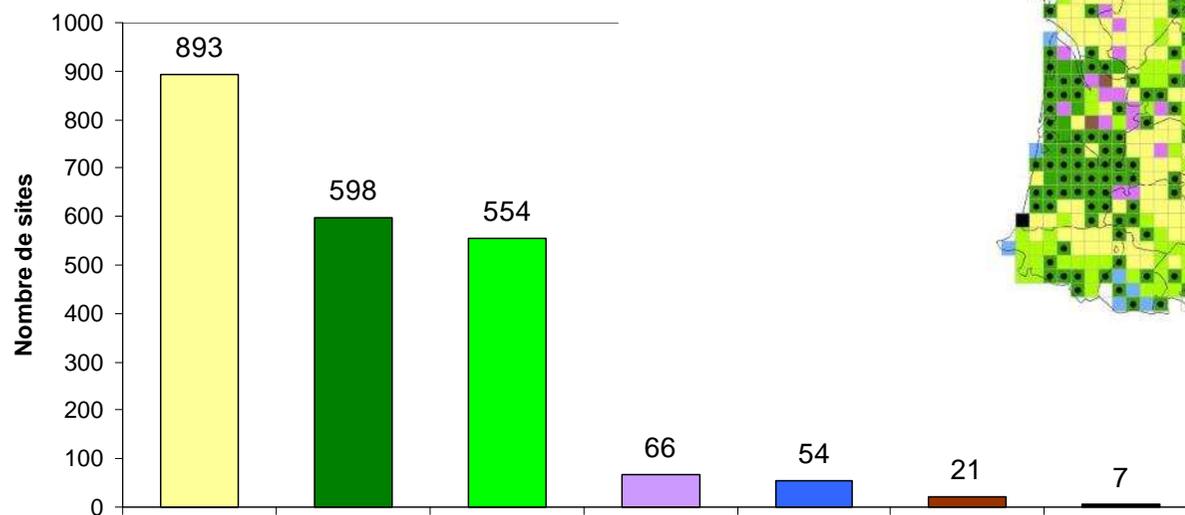
- 2000-2009
1^{ère} campagne
- 2015-2026
2^{ème} campagne

Outre-mer

- 2006 Guadeloupe
- 2007 Martinique
- 2012 Réunion
- 2012 Mayotte
- 2014/15 Guyane

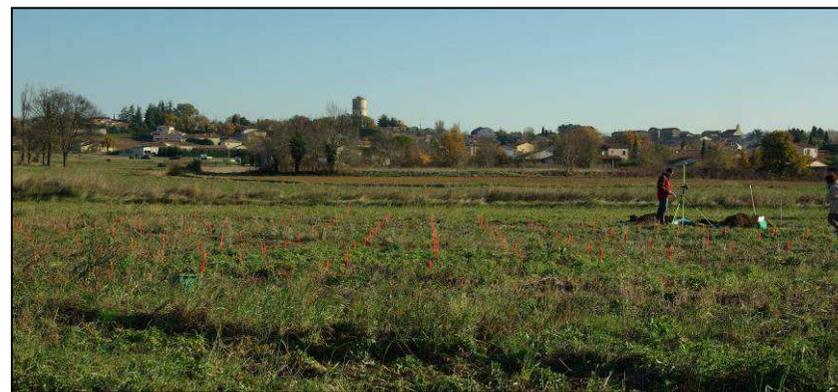
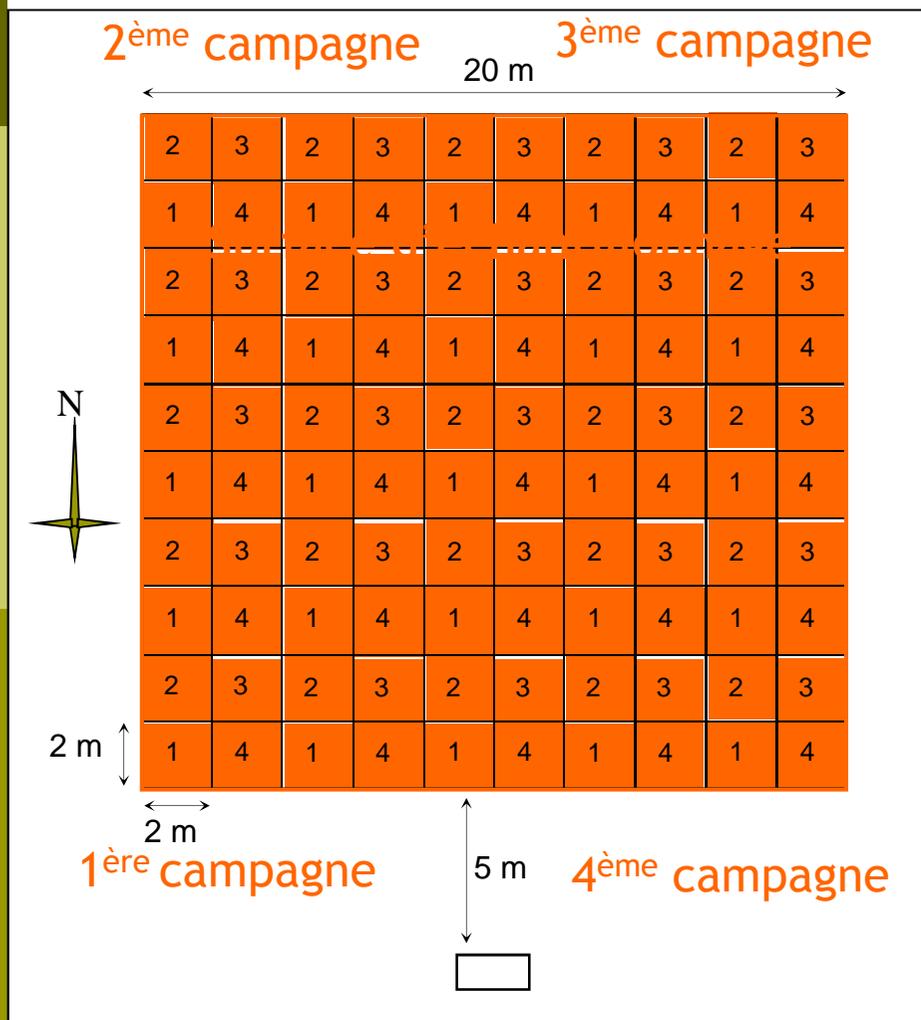


Une diversité d'occupation





Qu'est ce qu'un site RMQS ? la surface d'échantillonnage



- Des échantillons composites issus du mélange de 25 prélèvements
- horizons 0 (forêts, prairies)
 - couche travaillée ou 0-30 cm
 - couche sous-jacente ou 30-50 cm



Qu'est ce qu'un site RMQS ? la fosse pédologique

20 m

2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
1	4	1	4	1	4	1	4	1	4

Saisie des horizons du profil (compatible DONESOL 2) RMQS F 04 0305

Etude RMOS N° RMQS 1463

Eléments grossiers

Abondance (% volumique)	
1	3
2	3
3	5
4	4
5	5
6	6

Abondance EG A et B (% volumique)	
1	3
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6

Nature	
1	quartz
2	W
3	W
4	W
5	W
6	W

Schéma du profil

Forme

1	7
2	7
3	7
4	7
5	7
6	7

Taille

1	2
2	2
3	2
4	2
5	2
6	2

Acidité (r.msmatique)

1	4
2	4
3	4
4	4
5	4
6	4

Réaction

1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1

Transformation

1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0

Orientation globale

1	4
2	4
3	4
4	4
5	4
6	4

Types d'horizons

Type d'horizon H	
1	Horizon H1 (Brogue)
2	Horizon H2 (mésique)
3	Horizon H3 (supra)
4	Horizon H4 (Mack)

Type d'horizon O	
1	Horizon O1
2	Horizon O2
3	Horizon O3
4	Horizon O4
5	Horizon O5
6	Horizon O6
7	Horizon O7
8	Horizon O8
9	Horizon O9
10	Horizon O10
11	Horizon O11

Code de l'horizon	
1	A-1
2	A-2 (P)
3	S
4	C
5	
6	

Commentaires sur les horizons :

1 A1: très organique à forte densité racinaire, peu épais et bien drainé. Enracinement régulier dû à son couvert végétal aéré.

2 A2p: moyenne - moyenne à forte mésomorphie, brun rouge, à très nombreux débris de bois de bruyère, à forte perturbation anthropique.

3 S: horizon structurel partiellement localement brisé par racines d'origine charbonnière, diffuse zone localement caillouteuse à 50 cm (craie de quai).

4 C: horizon d'altération de micaschiste, bariolé (B5Y5/4 dominant et P5YR/68), peu fertile, morceaux de micaschiste entre identifiable nombreux, liés.

5 On retrouve sur l'ensemble du profil quelques pierres et blocs quartz, rare, d'origine fluviale et quelques fragments de briques.

(version modifiée par InfoSol - INRA Orléans pour le RMQS, mars 2005)

↓

Fosse pédologique





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

Historique et pratiques de gestion



Environnement et sources de contamination





Bilan de la première campagne en quelques chiffres

- 10 ans de prélèvements
- 1 600 fosses pédologiques
- de 0 à 2500 mètres d'altitude
- 98 000 coups de tarière
- 24 000 échantillons (60 t de terre)
- 1 800 000 données collectées
- 300 participants (dont 6 mules et 3 ânes)



© David Sardin (ENITA Bordeaux)



© Claudy Jolivet (INRA Orléans)

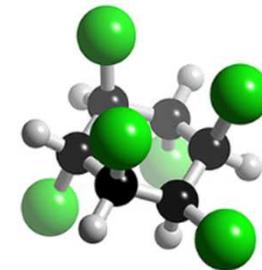




RMQS1 : un menu analytique axé sur la contamination des sols

Menu standard

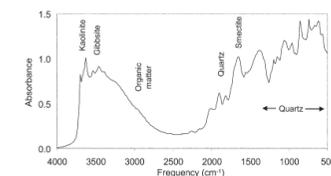
- **Paramètres pédologiques** : pH, C, N, P ass., granulométrie, CEC, cations éch., éléments majeurs, B, ...
- **Contaminants** :
 - éléments traces : As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Tl, Zn (extraction totale ou partielle)
 - micropolluants organiques : HAP, PCB, dioxines, furanes, OCP, herbicides (sélection de sites)



© Claudy Jolivet (INRA Orléans)

Projets de recherche

- **Biodiversité** :
 - microorganismes : ADN bact./champ., pathogènes
 - faune : vers de terre, nématodes, collemboles (Bretagne)
- **Qualité des matières organiques** :
 - NIRS, MIRS
 - Black carbon
 - Glomaline

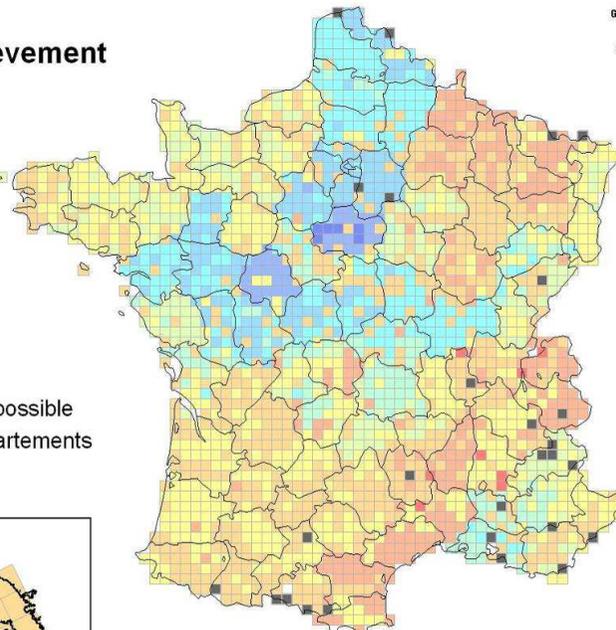
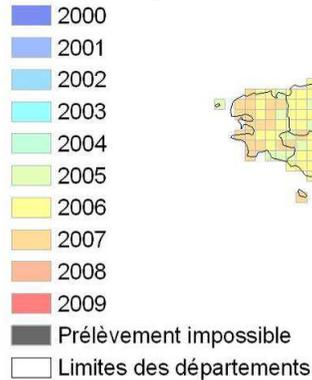




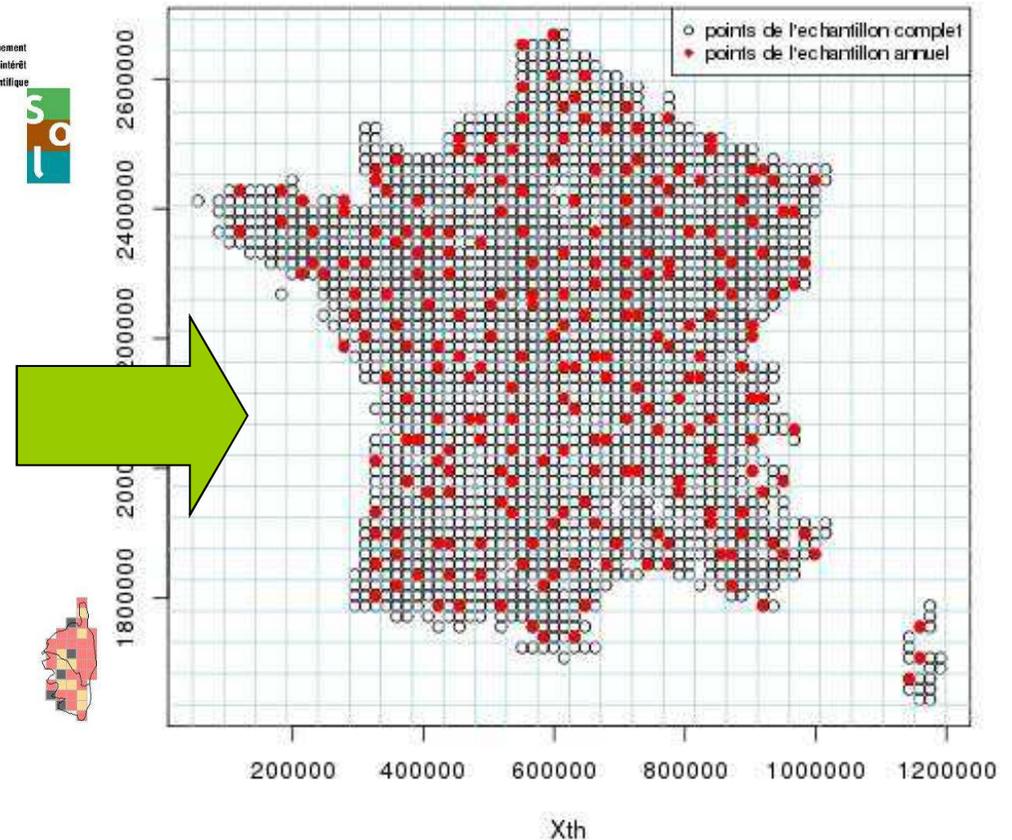
RMQS2 : une nouvelle stratégie d'échantillonnage annualisée

RMQS1

Année de prélèvement



RMQS2 : exemple d'échantillon annuel



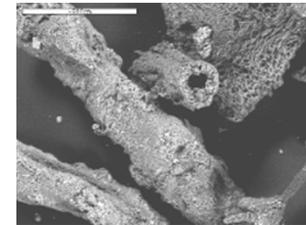
Améliorer la capacité du RMQS à détecter des évolutions et pouvoir cartographier plus rapidement des variables à l'échelle de la France



RMQS2 : un menu analytique axé sur le changement climatique

Menu standard

- **Paramètres pédologiques** : pH, C, N, P ass., CEC, cations éch., ...
- **Carbone et gaz à effet de serre:**
 - stock de carbone jusqu'à 1 mètre
 - matières organiques particulaires (sélection)
 - black carbon
 - test de réduction du N_2O en N_2



© Claudy Jolivet (INRA Orléans)

Options

- **Réservoir en eau utilisable des sols**
 - teneurs en eau à pF 2 et pF 4,2
 - volume des éléments grossiers
 - réservoir utilisable des éléments grossiers

+ PROJETS DE RECHERCHE



DONESOL : une base de données nationale les programmes du Gis Sol

DoneSolWeb 3.4.3

Recherche rapide

celine.rabe@orleans.inra.fr (Compte)

Bienvenue sur l'application DoneSolWeb 3.4.3. Cette application va vous permettre de gérer l'ensemble des entités définissant les études pédoagiques. Veuillez trouver ci-dessous l'ensemble des opérations auxquelles vous avez accès en fonction de vos droits. Seuls les Administrateurs de la base de données pourront modifier vos droits.
Si dans la colonne de l'opération souhaitée vous avez un  vos droits ne vous permettent pas d'effectuer cette opération. Bonne utilisation.

	Rechercher	Saisir	Personnaliser
INFORMATIONS GÉNÉRALES			
ÉTUDES			
AUTEUR(S)			
ORGANISME			
INFORMATIONS PONCTUELLES			
PROFIL(S) (AFFECTATION À UNE ÉTUDE)			
HORIZONS			
ANALYSES			
PRÉLEVEMENTS			
PHOTOS			
INFORMATIONS RMQS ET CONSERVATOIRE DE(S) SOL(S)			
FORMULAIRE SIMPLIFIÉ			
CELLULE			
SITE			
INTERVENTION			
PHOTO D'ENVIRONNEMENT			
STATUT DES PRÉLEVEMENTS			
PROJET			
DEMANDE DE PRÉLEVEMENTS			

Aide : Dictionnaire de données | Liste de diffusion : DoneSol User | Journal de DoneSolWeb : Ici
Copyright © 2009-2014 INRA. Tous droits réservés.

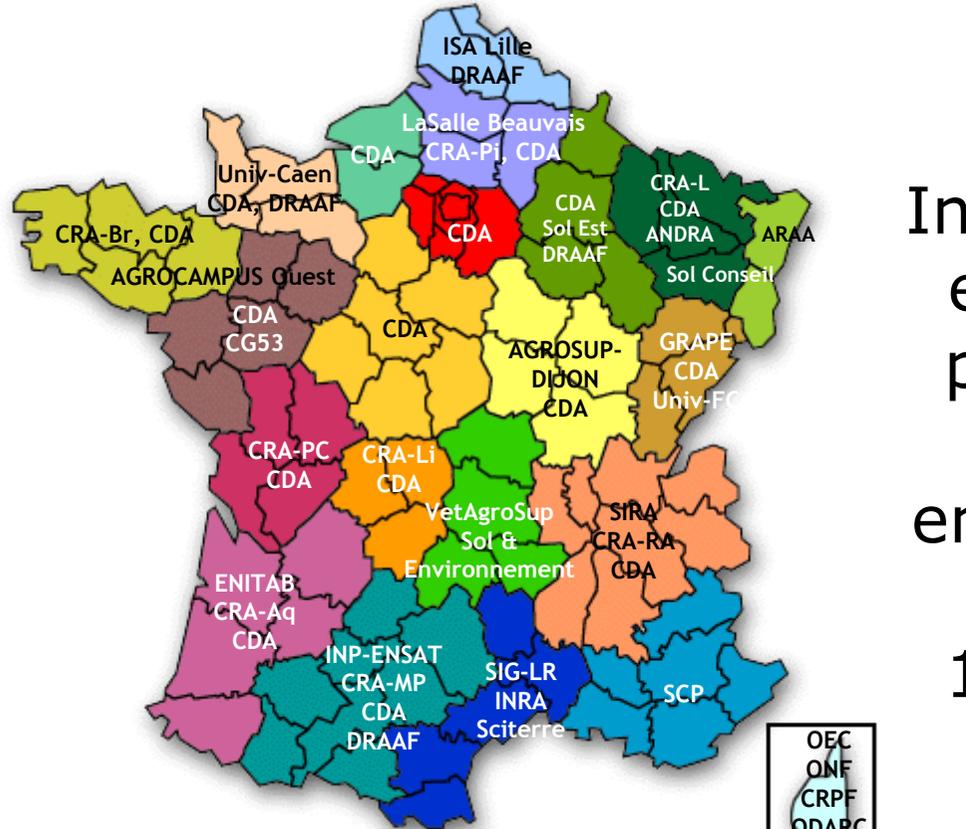
Groupement
d'intérêt
scientifique

4 500 études
88 000 profils de sols
12 300 000 données

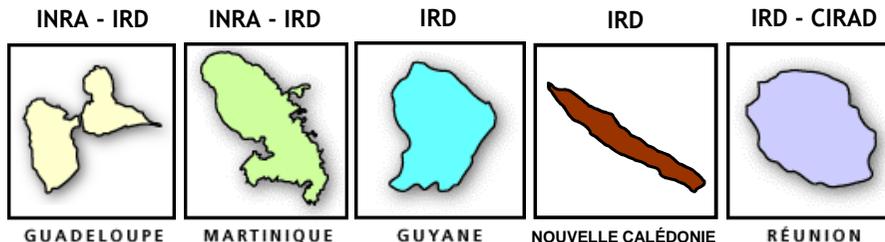
Une base de
données :

multi-échelle
harmonisée
contrôlée
évolutive
partagée

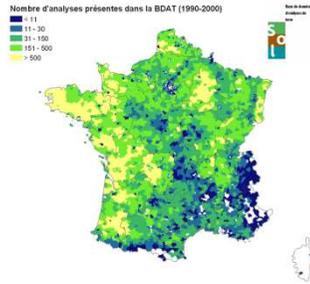
ICGS et RMQS : un réseau de partenaires en région



InfoSol coordonne
et participe aux
programmes du
Gis Sol
en s'appuyant sur
un réseau de
180 partenaires
régionaux



Les bases de données BDAT et BDETM

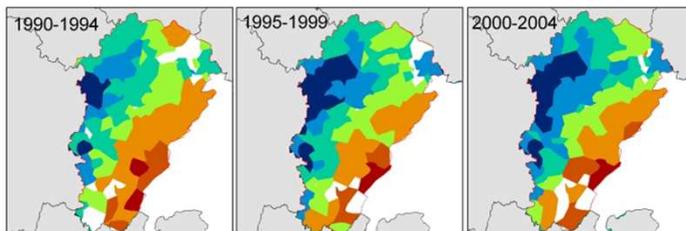


«Capitaliser les analyses des sols agricoles français»

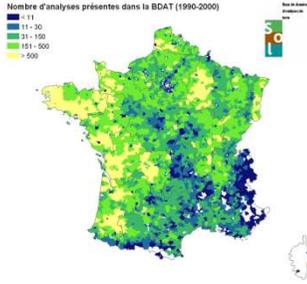
- **Collecter** les milliers d'analyses de sols agricoles réalisées chaque année
- Transformer des informations individuelles, isolées, dispersées et atemporelles en **bases de données** riches, géoréférencées et temporelles
- Développer des **outils de suivi** de l'évolution de la qualité des sols



Soil organic carbon content (g kg⁻¹)

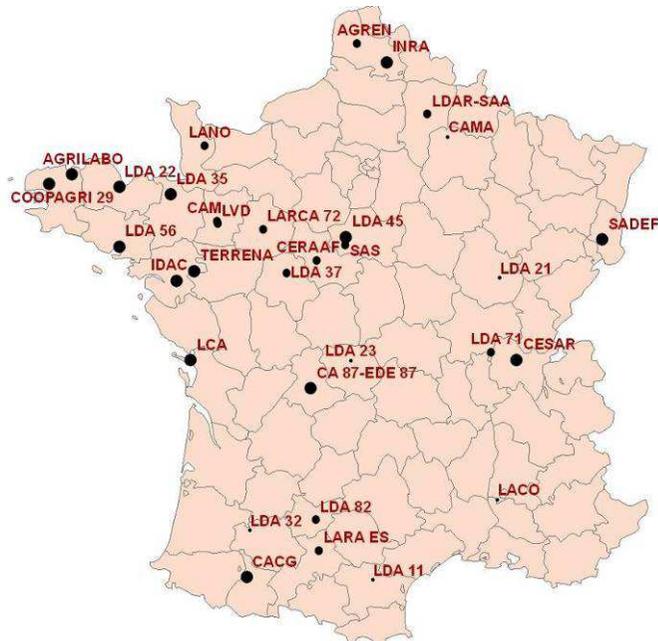


BDAT et BDETM : sources de données



BDAT :
40 laboratoires
d'analyses de sols

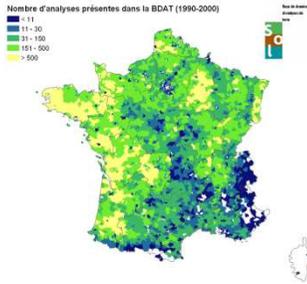
Analyses agronomiques
pour gérer la fertilisation



BDETM :
100 fournisseurs
de données

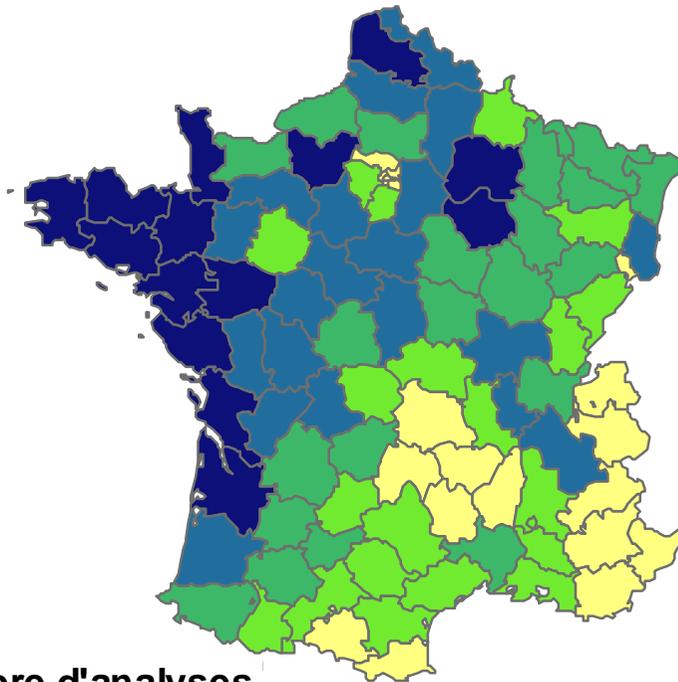
Analyses d'ETM réglementaires
préalables aux autorisations
d'épandage de boues

- Chambres d'agriculture
- Directions Départementales des Territoires (DDT)
- Services d'Assistance Technique aux Exploitants de Station d'Épuration (SATESE)
- Bureaux d'études
- ...

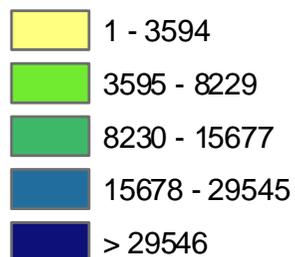


Les bases de données BDAT et BDETM : contenu

1 800 000 échantillons
19 000 000 déterminations

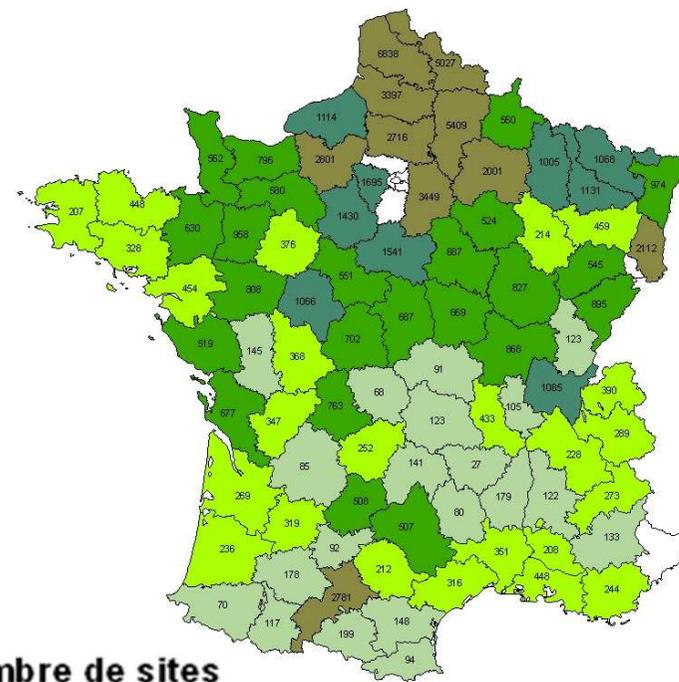


Nombre d'analyses

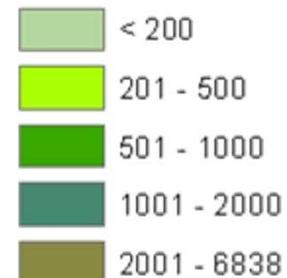


Collecte continue
depuis 1990

74 000 échantillons
520 000 déterminations



Nombre de sites

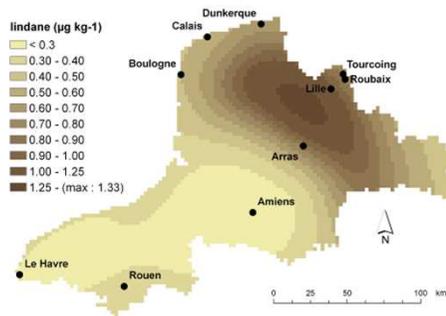
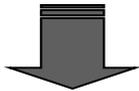


2 campagnes :
1998 et 2008



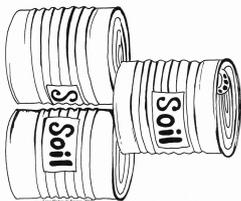
Le Conservatoire des sols

© Claudy Jolivet (INRA Orléans)

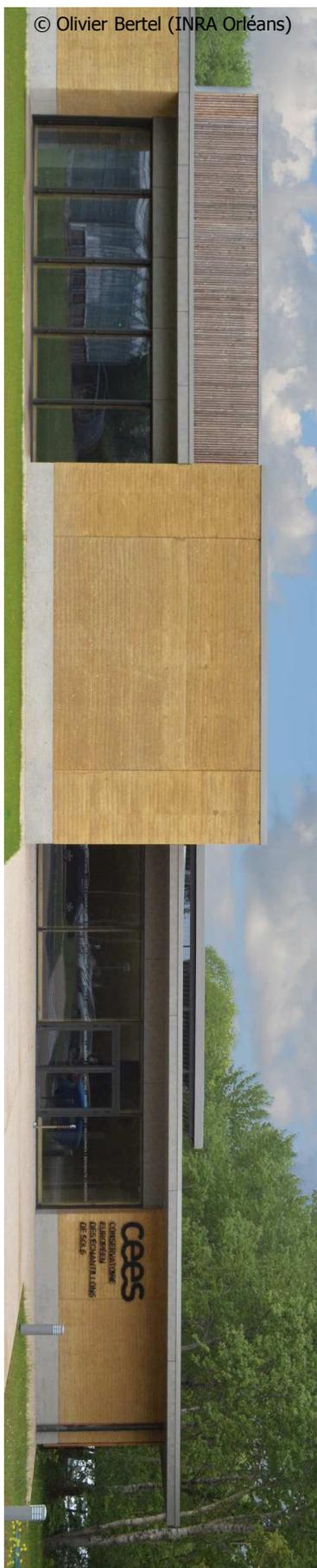


« Construire la mémoire de nos sols »

- Constituer une **banque de sols**
- Pouvoir «**remonter le temps**»



Le Conservatoire des sols : laboratoire et pédothèque



© Olivier Bertel (INRA Orléans)



© Claudy Jolivet (INRA Orléans)



Le trésor du Conservatoire : 35 000 échantillons

Près de 70 tonnes de terre !



RMQS (première campagne)	24 000 échantillons 60 tonnes
IGCS (SR, CPF, RRP)	7 000 échantillons 3 tonnes
Santé des Forêts (campagne européenne BIOSOIL 2006-2007)	2 000 échantillons 2,5 tonnes
Observatoires de l'environnement	500 échantillons 1 tonne
Etudes ponctuelles	1000 échantillons 2,5 tonnes



Bilan et perspectives des programmes du Gis Sol

	Bilan	Perspectives
IGCS	Réseau, labels de qualité, normalisation, RMT Sols & Territoires	Terminer les RRP Valoriser les données
RMQS	1 ^{ère} campagne achevée Valorisation	Poursuivre la valorisation 2 ^{ème} campagne
BDAT & BDETM	Couverture exhaustive 15 ans de recul	Une nouvelle campagne de collecte
Conservatoire des sols	35 000 échantillons Un modèle reconnu	Enrichir le conservatoire

Plan

- Comment définir la qualité d'un sol ?
 - Les fonctions et les services rendus par les sols
 - La diversité des sols français
 - Les programmes d'acquisition de données sur les sols

- L'état des sols de France
 - Les pertes en sol
 - Les sols et le changement climatique
 - L'état de la fertilité chimique des sols
 - La contamination des sols
 - L'état de la biodiversité dans les sols
 - Le tassement des sols