

➤ Le Réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS)

évaluer et suivre l'état des sols français à long terme



06 février 2020 / Le RMQS a 20 ans ! / INRAE Val-de-Loire, Orléans / Claudy Jolivet *et al.*

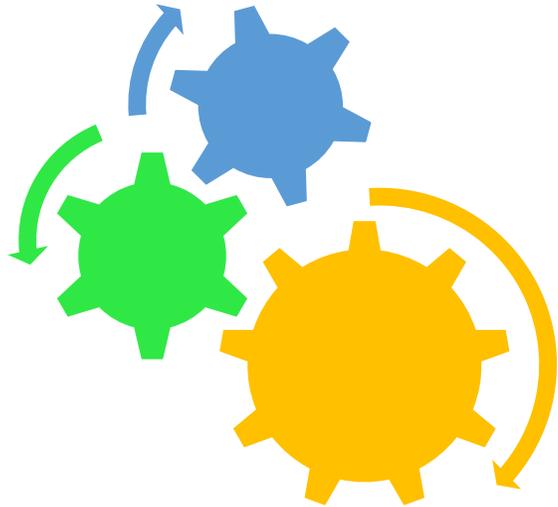
Le Réseau de mesures de la qualité des sols



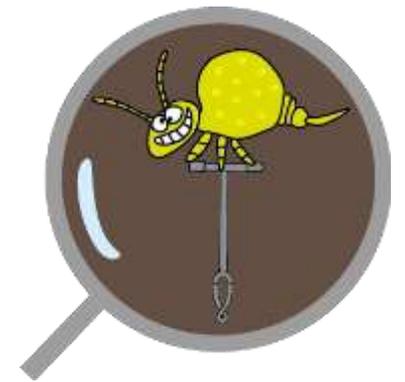
➤ Il était une fois le RMQS, dans le Loiret, il y a 20 ans...



Le RMQS a 20 ans!



Le RMQS, c'est quoi ?



INRAE **GisSol**

Le Réseau de mesures de la qualité des sols

06 février 2020 / Le RMQS a 20 ans ! / INRAE Val-de-Loire, Orléans / Claudy Jolivet *et al.*

Illustrations aimablement fournies par www.marinajolivet.fr



➤ RMQS : un programme du Gis Sol

LE GROUPEMENT D'INTERET SCIENTIFIQUE SOL
(MTES, MAA, ADEME, AFB, INRAE, IRD, IGN)



pour une gestion patrimoniale et durable des sols



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



INRAE **GisSol**

Le Réseau de mesures de la qualité des sols

06 février 2020 / Le RMQS a 20 ans ! / INRAE Val-de-Loire, Orléans / Claudy Jolivet *et al.*

www.gissol.fr



➤ Évaluer et suivre l'évolution à long terme de la qualité des sols français

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

Voir aussi :

Arrouays D., Jolivet C., Boulonne L., Bodineau G., Saby N. et Grolleau E., 2002 - Une initiative nouvelle en France : la mise en place d'un réseau multi-institutionnel de la mesure de la qualité des sols (RMQS). Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de Paris, 88, n° 5, pp. 93-103



© Claudy Jolivet (INRA Orléans)



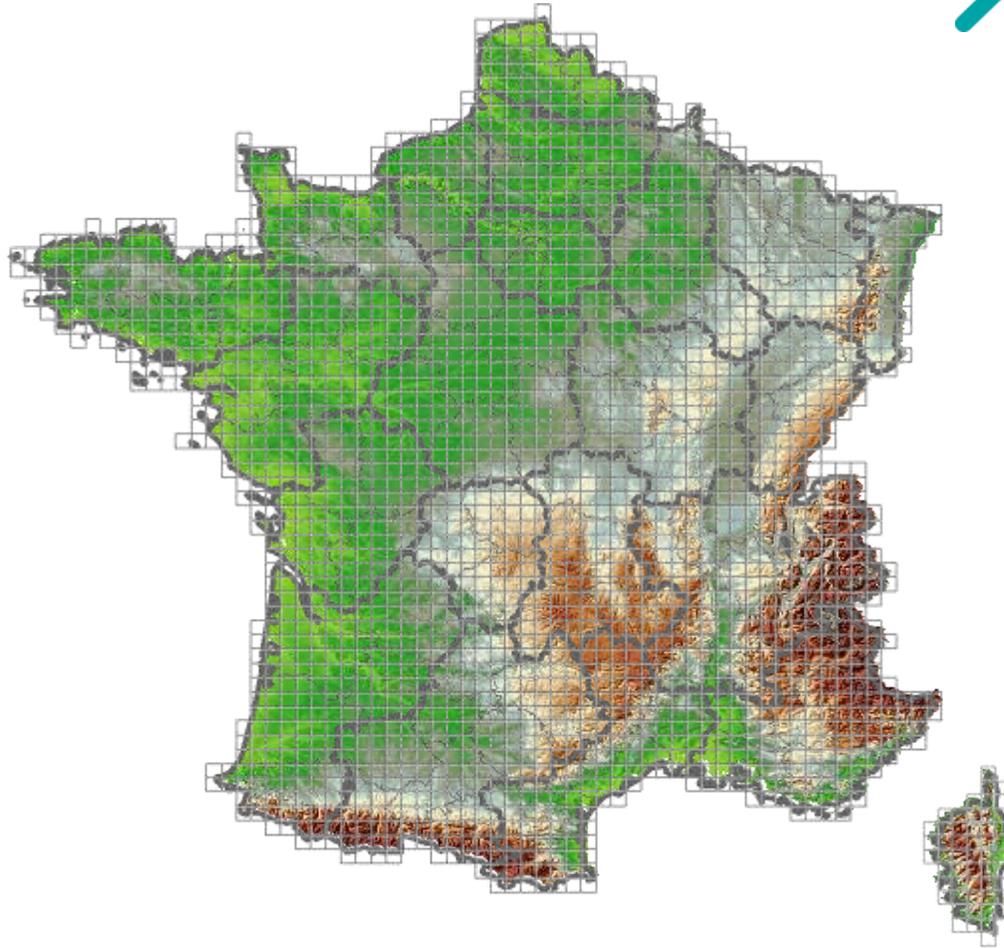
INRAE **GisSOL**

Le Réseau de mesures de la qualité des sols

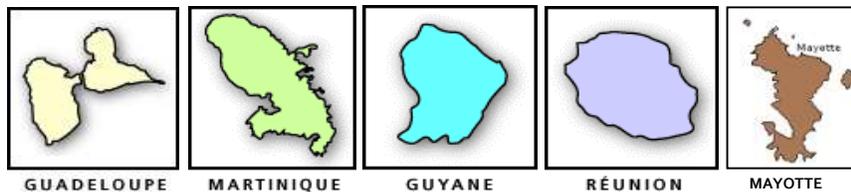
06 février 2020 / Le RMQS a 20 ans ! / INRAE Val-de-Loire, Orléans / Claudy Jolivet *et al.*



➤ Un réseau national systématique



- 2240 sites
- répartis selon une grille de 16 km x 16 km
- en métropole et départements d'outre-mer
- représentatifs des sols français et de leurs occupations
- rééchantillonnés tous les quinze ans



GUADELOUPE

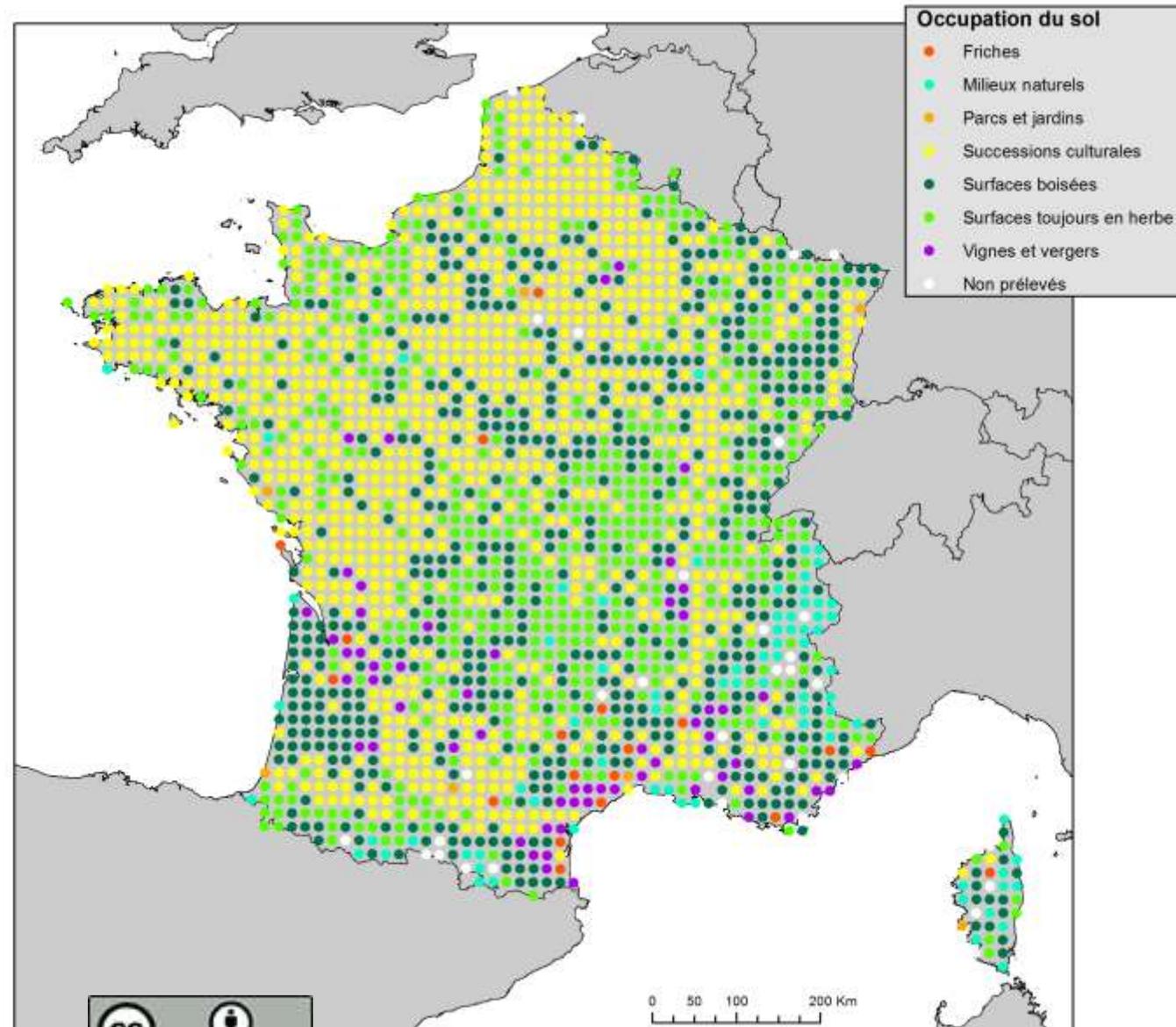
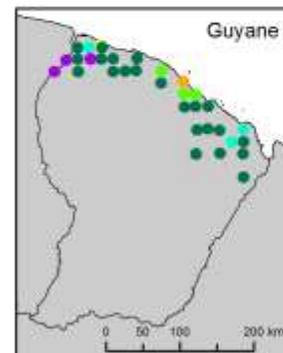
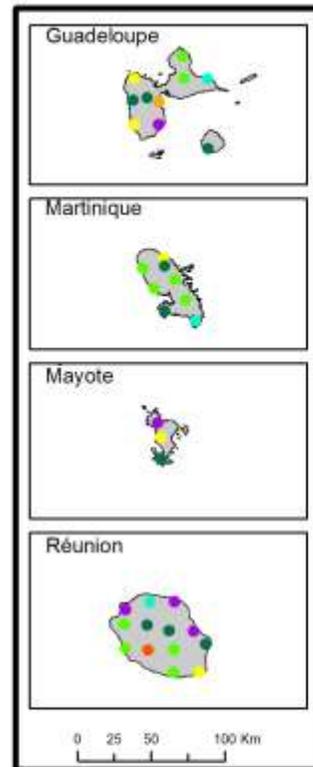
MARTINIQUE

GUYANE

RÉUNION

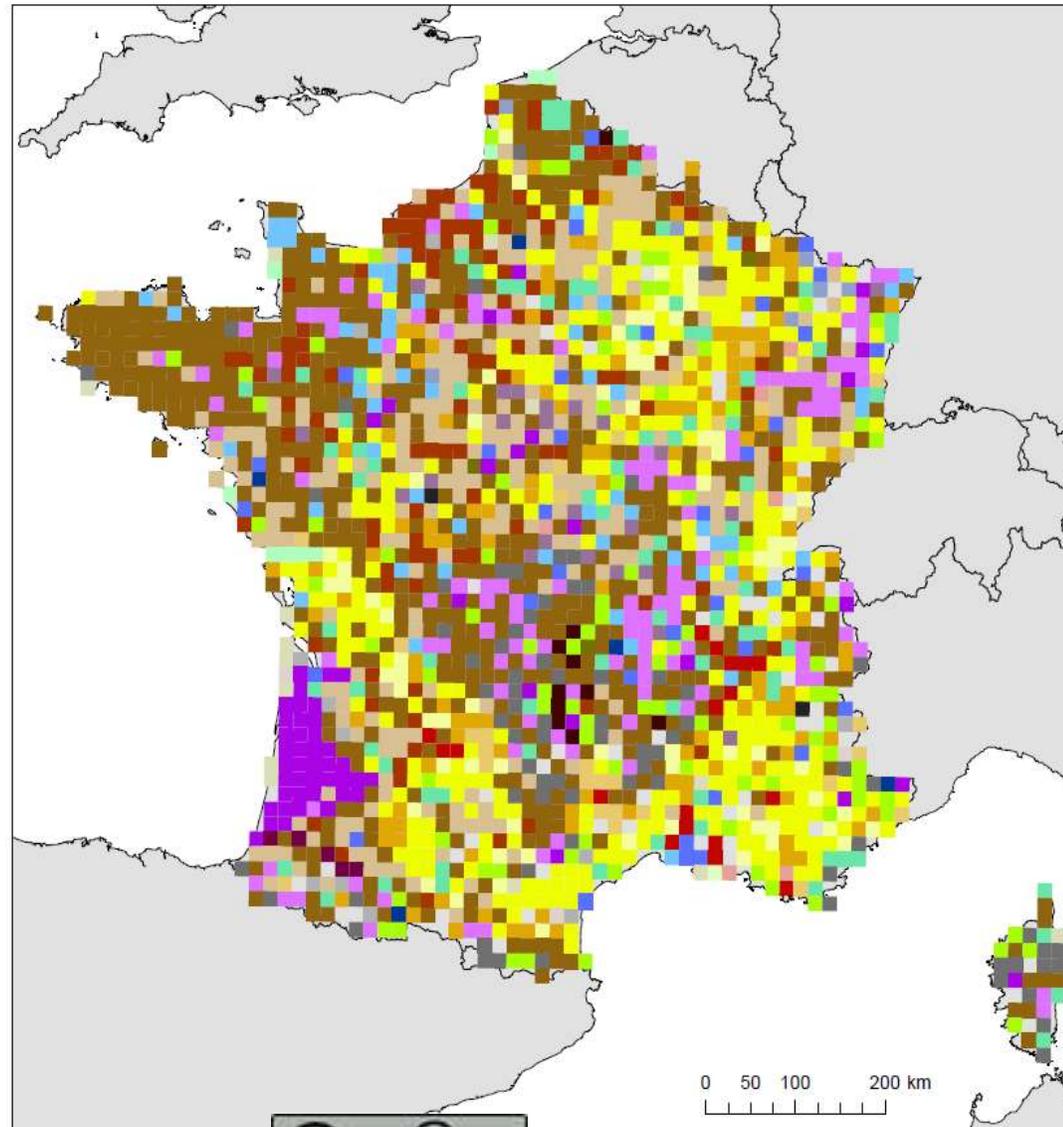
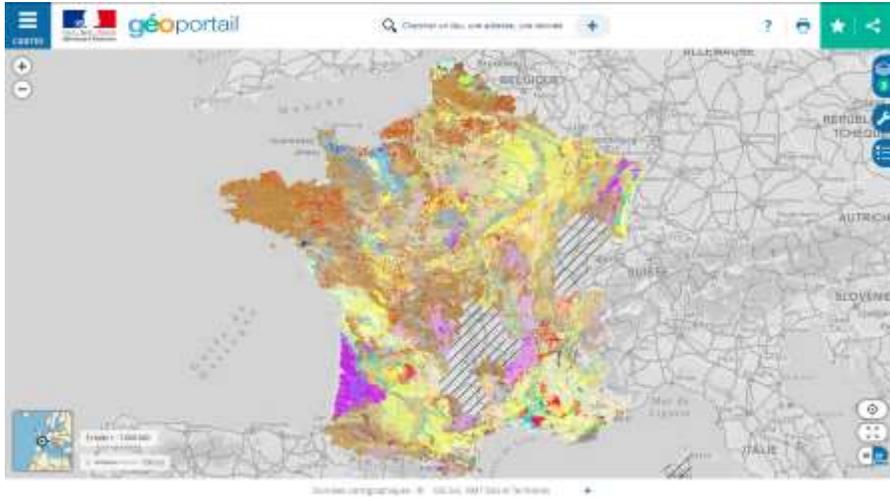
MAYOTTE

➤ Un réseau représentatif de l'occupation des sols français



Voir aussi :
Voisin E., Boulonne L., Jolivet C., Ratié C., Arrouays D. – 2012. Analysis of the representativeness of land use in France by the French soil monitoring network, Poster, Eurosoil congress, Bari, Italy

➤ Un réseau représentatif des principaux types de sols français



Principaux types de sols du RMQS

Sols minéraux

- Lithosols
- Régosols
- Rankosols
- Arénosols
- Peyrosols

Sols des vallons, vallées et milieux côtiers

- Colluviosols
- Fluviosols
- Thalassosols
- Sodisols

Sols issus de matériaux calcaires

- Rendisols
- Calcisols
- Rendosols
- Calcosols
- Dolomitosols

Sols peu évolués

- Brunisols
- Andosols
- Vertisols
- Organosols

Sols évolués

- Fersialisols
- Néoluvisols
- Luviosols
- Véracrisols
- Alocrisols
- Podzolsols

Sols soumis à l'excès d'eau

- Histosols
- Réductisols
- Rédoxisols
- Colluviosols-Rédoxisols
- Brunisols-Rédoxisols
- Néoluvisols-Rédoxisols
- Luviosols-Rédoxisols
- Planosols
- Pélosols

Voir aussi :

Arrouays D., Thorette J., Daroussin J. et King D., 2001 - Analyse de représentativité de différentes configurations d'un réseau de sites de surveillance des sols. *Étude et Gestion des Sols*, 8 (1), pp. 7-17

INRAE **GisSOL**

Le Réseau de mesures de la qualité des sols

06 février 2020 / Le RMQS a 20 ans ! / INRAE Val-de-Loire, Orléans / Claudy Jolivet *et al.*



➤ Une nouvelle campagne de mesure tous les quinze ans



Site n° 1402 Chamonix-Mont-Blanc (73)



Site n° 3030 St Philippe, Réunion

RMQS1 : 2000-2015

- Métropole : 2000-2009
- Outre-mer : 2006-2015
 - 2006 Guadeloupe
 - 2007 Martinique
 - 2012 Réunion & Mayotte
 - 2014-2015 Guyane (bande côtière)

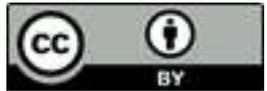
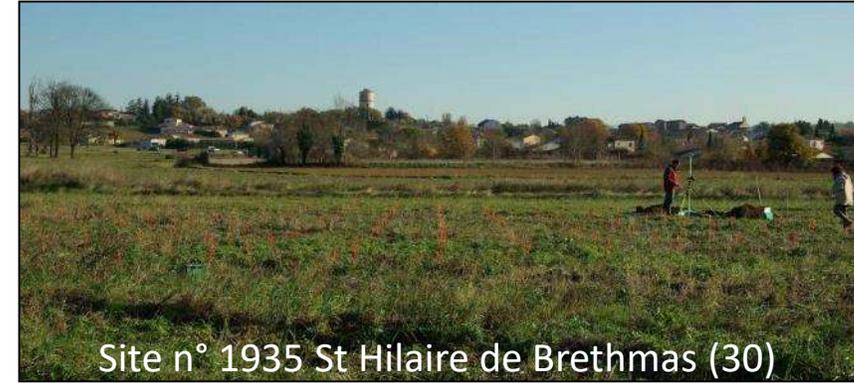
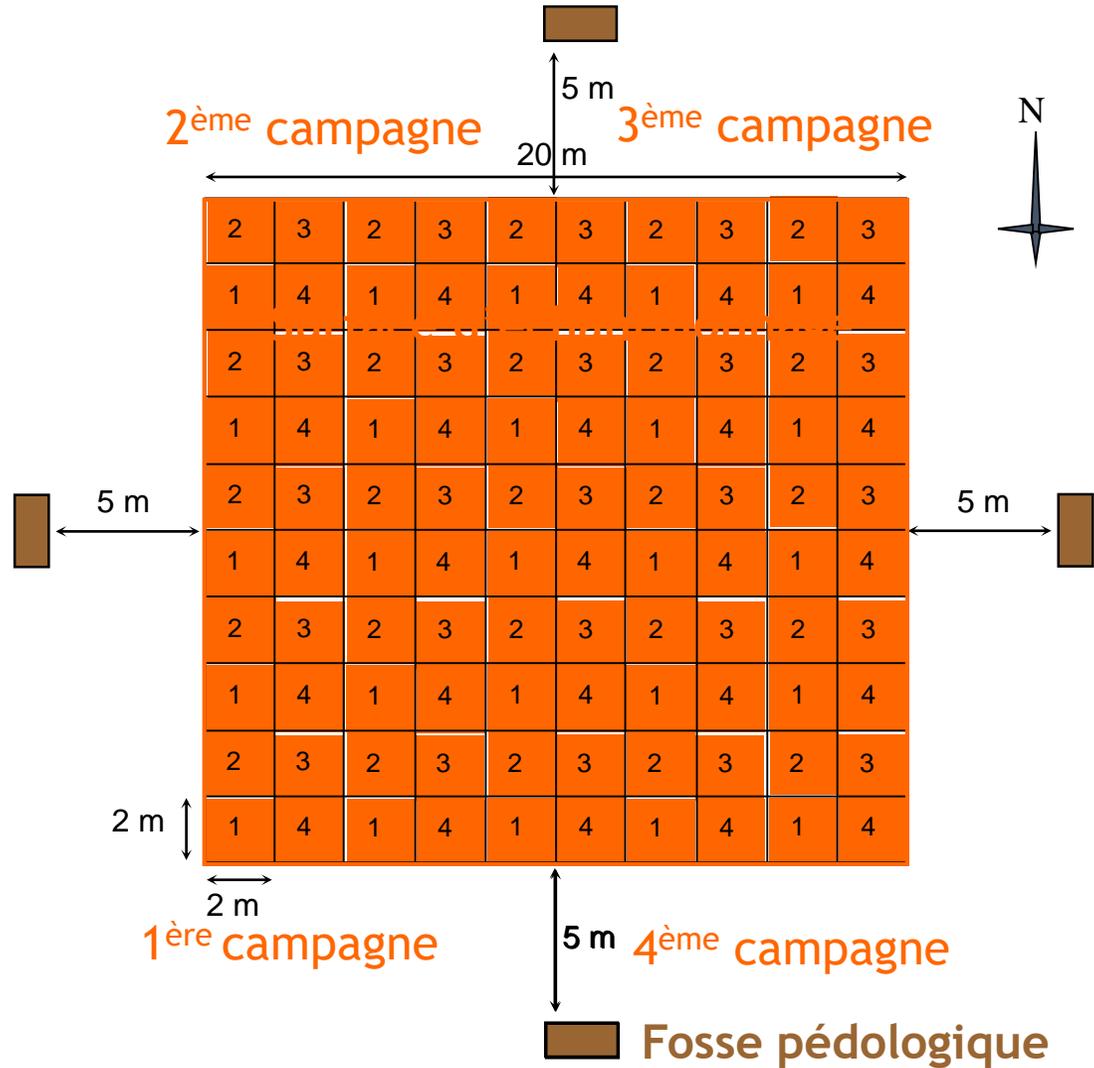
Ils creusent, ils creusent depuis 20 ans... Depuis le temps, ça en ferait de beaux terriers. Mais les imbéciles, ils rebouchent tout !!



RMQS2 : 2016-2030

- Métropole : 2016-2027
- Outre-mer : préparation en 2020, démarrage potentiel en 2021

➤ Un dispositif d'échantillonnage optimisé pour la surveillance des sols



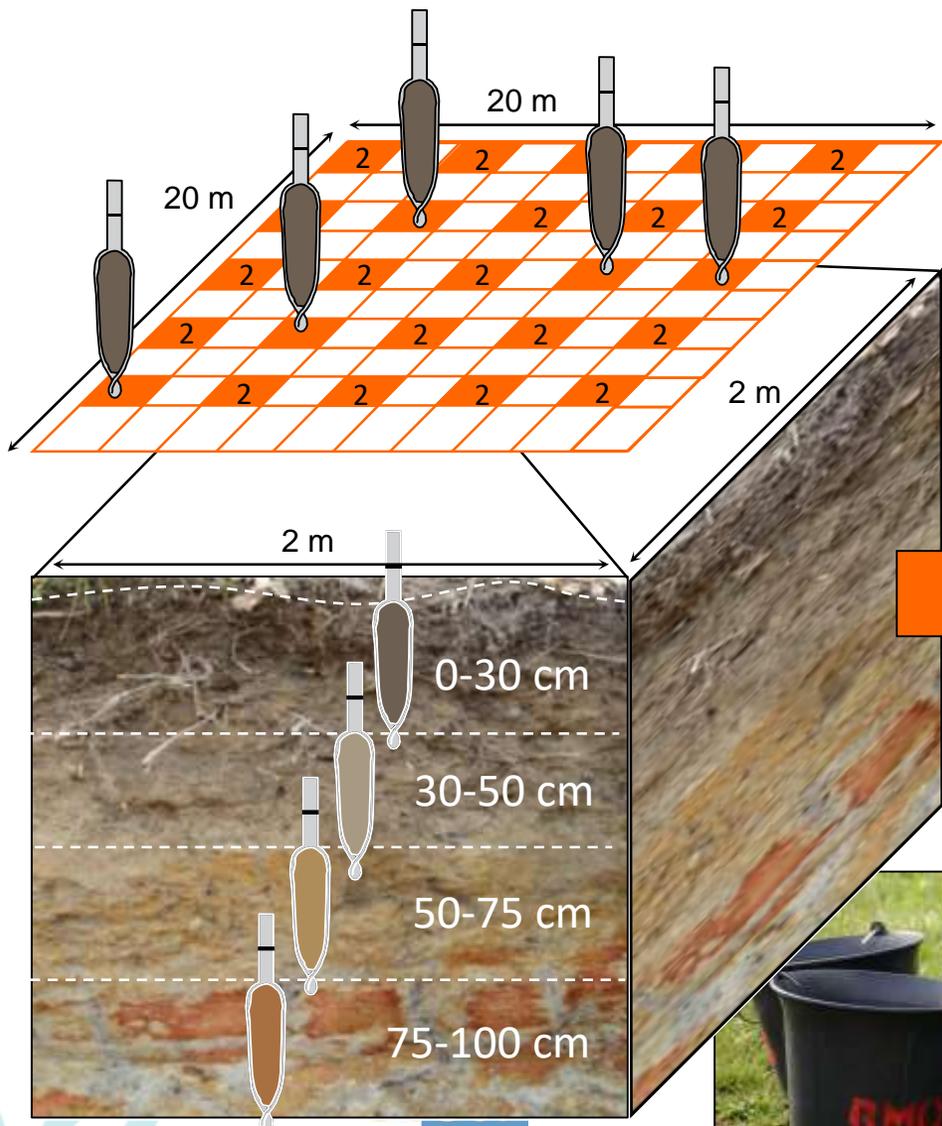
INRAE **GisSOL**

Le Réseau de mesures de la qualité des sols

06 février 2020 / Le RMQS à 20 ans ! / INRAE Val-de-Loire, Orléans / Claudy Jolivet *et al.*

Voir aussi : Jolivet C., Almeida-Falcon J-L., Berché P., Boulonne L., Fontaine M., Gouny L., Lehmann S., Maître B., Ratié C., Schellenberger E. & Soler-Dominguez N., 2018, Manuel du Réseau de mesures de la qualité des sols. RMQS2 : deuxième campagne métropolitaine, 2016 – 2027, Version 3, INRA, US 1106 InfoSol, Orléans, France

➤ La surface d'échantillonnage : collecter des échantillons composites pour le suivi spatio-temporel



Échantillonnage aléatoire non aligné



Plusieurs séries d'échantillons composites issus du mélange de 25 prélèvements élémentaires à la tarière :

- horizons O (forêts, prairies)
- couche de surface (labour ou 0-30 cm)
- couche de subsurface (~30-50 cm)
- deux couches de profondeur (50-75 et 75-100 cm)



➤ Des centaines de milliers de coups de tarière !



➤ La fosse pédologique : creuser, décrire, échantillonner les horizons du sol...



TABLE PROFIL					DONESOL3			
N° étude	Nom profil	Pin_prof_base	Commune	N° dép.	Auteur	Organisation	Date	Altitude (m)
RPRO3	2126		Aix en Provence		J.C. LACADIN C. JOLIVET	SCP DRIAL	13.04.16	

Coordonnées	Système de coordonnées	Erosion	Surface	Usage	Occupation du sol
X	Y			Zone naturelle 3000 Pays de Bassin	Forêt méditerranéenne Méditerranée de P. d'Alsace State de la culture

Climat					
Durée	Intensité	Nature	Domaine climatique		Climat local
1. Les jours précédents			1. tropical humide		
2. Les semaines précédentes			2. tropical semi-humide		
3. Mois			3. subtropical humide		
4. Trimestre			4. subtropical à demi sec		
5. Années			5. subtropical à demi aride		
6. Décennies			6. désertique ou aride		
7. Sécs			7. tempéré océanique		
8. Décennies			8. tempéré continental		
9. Sécs			9. boréal		
10. Décennies			10. polaire ou toundra		
11. Sécs			11. polaire des zones glaciales		
12. de montage			12. de montage		



Site n° 2126 Aix-en-Provence (13)



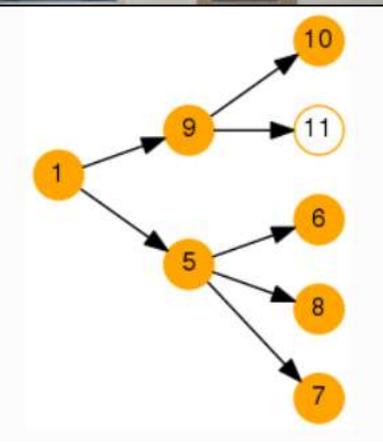
INRAE GISSOIL



➤ 2 240 fosses pédologiques décrites, échantillonnées et analysées



➤ RMQS : 40 000 échantillons frais par campagne = 200 000 après préparation !



➤ Des centaines d'interventions en appui aux équipes de terrain



➤ Une collecte de données sur l'environnement et les pratiques

Environnement et sources de contamination



Historique et pratiques de gestion = enquêtes



INRA Unité Indisol - RMQS

RMQS F01B version 3 1105

5.4. Façons culturales, itinéraires techniques

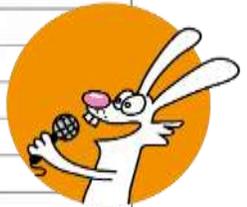
1. Lister la succession des opérations pour les principales cultures de la succession culturale en cours : sous-solage, déchaumage, semis, hersage ou semis combiné, labour, (préciser la profondeur de travail du sol), passages pour fertilisation et traitements...
2. Préciser pour chaque opération l'outil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

1^{ère} culture : *colza*.....année : *2005*..... précédent : *blé*.....

Opérations	Date	Outil-méthode	Profondeur du travail du sol
Déchaumage (2 passages)	août	outil à dents et disques	
Fertilisation PK	septembre	épandeur centrifuge	
Semis	11	hisse rotative et semoir	travail réduit du sol
Roulage	11	rouleau ondulé	
6 traitements (herbicide, fongicide...)	sept. à octobre	pulvérisateur	
Fertilisation N, S	janvier	épandeur centrifuge	
3 traitements fongicide	mars	pulvérisateur	
Récolte	juillet	moisson - batteuse	
Broyage des tiges	août		

2^{ème} culture : *blé*.....année : *2004 et 2000*..... précédent : *betterave*.....

Opérations	Date	Outil-méthode	Profondeur du travail du sol
Déchaumage (2 passages)	oct ou nov	outil à dents + disques	
Semis	oct ou nov	hisse rotative + semoir	
6 traitements	déc à juin	pulvérisateur	
4 passages fertilisation (N, S)	janv. à août	"	
Récolte	juillet	moisson - batteuse	
Récolte fèves	août	hisse - roundbaler	



INRAE **GisSol**

Le Réseau de mesures de la qualité des sols

06 février 2020 / Le RMQS a 20 ans ! / INRAE Val-de-Loire, Orléans / Claudy Jolivet et al.



➔ Enquêtes RMQS – Line Boulonne et al.



➤ Un menu analytique complet pour caractériser les sites

• Paramètres pédologiques

- Granulométrie, pH, C, N, P assimilable, CEC, cations échangeables, éléments majeurs, etc.

• Propriétés hydriques

- Réservoir en eau utilisable (1 site sur 4)

• Contaminants et santé

- Éléments traces : As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Tl, Zn
- Micropolluants organiques : HAP, PCB, dioxines, furanes, OCP, herbicides (sélection de sites)
- Microorganismes pathogènes

• Carbone et changement climatique

- Stocks de carbone profond $\leq 1\text{m}$
- Matières organiques particulières (1 site sur 2)
- Qualité des matières organique par spectrométrie NIRS, MIRS, Black carbon, Glomaline

• Biodiversité

- Richesse et diversité microbienne par extraction d'ADN bactérien et fongique (Génosol)
- Activités enzymatiques (BioChemEnv)
- Faune du sol : vers de terre, nématodes, collemboles, etc. (Bretagne)



Le RMQS a 20 ans!

20 ans d'efforts soutenus !



INRAE **GisSol**

Le Réseau de mesures de la qualité des sols

06 février 2020 / Le RMQS a 20 ans ! / INRAE Val-de-Loire, Orléans / Claudy Jolivet *et al.*

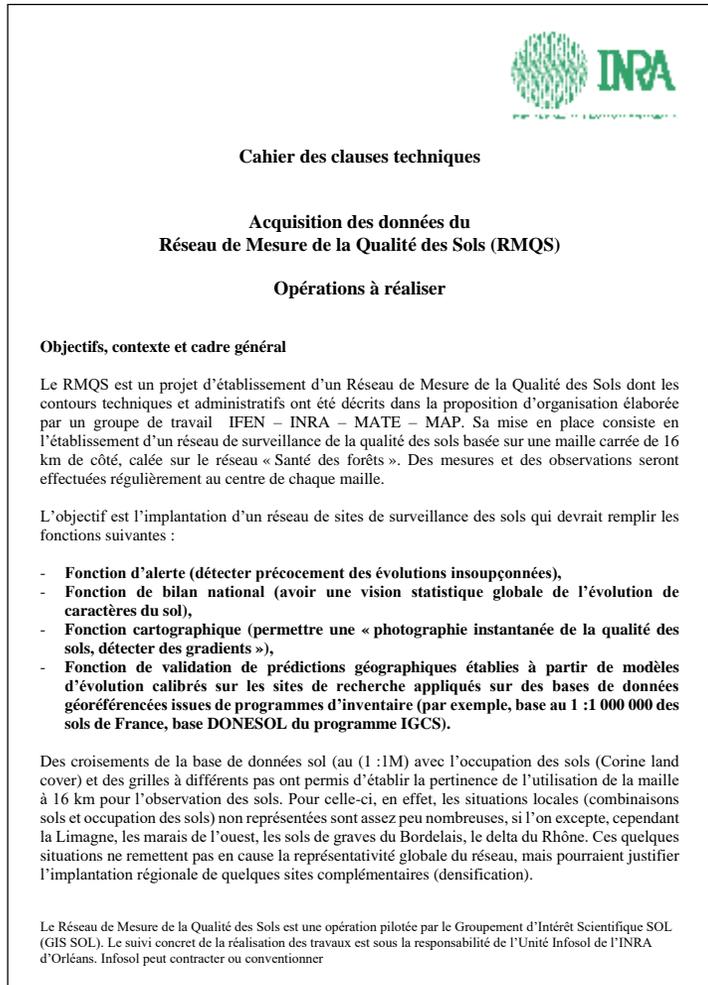


Illustrations aimablement fournies par www.marinajolivet.fr



➤ Du cahier des clauses techniques au manuel RMQS

Février 2001 : 5 pages



Cahier des clauses techniques

Acquisition des données du Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS)

Opérations à réaliser

Objectifs, contexte et cadre général

Le RMQS est un projet d'établissement d'un Réseau de Mesure de la Qualité des Sols dont les contours techniques et administratifs ont été décrits dans la proposition d'organisation élaborée par un groupe de travail IFEN – INRA – MATE – MAP. Sa mise en place consiste en l'établissement d'un réseau de surveillance de la qualité des sols basée sur une maille carrée de 16 km de côté, calée sur le réseau « Santé des forêts ». Des mesures et des observations seront effectuées régulièrement au centre de chaque maille.

L'objectif est l'implantation d'un réseau de sites de surveillance des sols qui devrait remplir les fonctions suivantes :

- **Fonction d'alerte** (détecter précocement des évolutions insoupçonnées),
- **Fonction de bilan national** (avoir une vision statistique globale de l'évolution de caractères du sol),
- **Fonction cartographique** (permettre une « photographie instantanée de la qualité des sols, détecter des gradients »),
- **Fonction de validation de prédictions géographiques établies à partir de modèles d'évolution calibrés sur les sites de recherche appliqués sur des bases de données géoréférencées issues de programmes d'inventaire** (par exemple, base au 1 :1 000 000 des sols de France, base DONESOL du programme IGCS).

Des croisements de la base de données sol (au 1 :1M) avec l'occupation des sols (Corine land cover) et des grilles à différents pas ont permis d'établir la pertinence de l'utilisation de la maille à 16 km pour l'observation des sols. Pour celle-ci, en effet, les situations locales (combinaisons sols et occupation des sols) non représentées sont assez peu nombreuses, si l'on excepte, cependant la Limagne, les marais de l'ouest, les sols de graves du Bordelais, le delta du Rhône. Ces quelques situations ne remettent pas en cause la représentativité globale du réseau, mais pourraient justifier l'implantation régionale de quelques sites complémentaires (densification).

Le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols est une opération pilotée par le Groupement d'Intérêt Scientifique SOL (GIS SOL). Le suivi concret de la réalisation des travaux est sous la responsabilité de l'Unité Infosol de l'INRA d'Orléans. Infosol peut contracter ou conventionner

Juin 2006 : 92 pages + annexes



Manuel du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS)

Edition 2006

Janvier 2018 : 110 pages + annexes



Manuel du Réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS)

Deuxième campagne métropolitaine 2016 - 2027



INRA SCIENCE & IMPACT



➤ De la salle des terres au Conservatoire européen des échantillons de sol



Entre 2000 et 2002 : La salle des terres de la carto
Une salle de préparation en sous-sol de 25 m² + quelques étagères de stockage



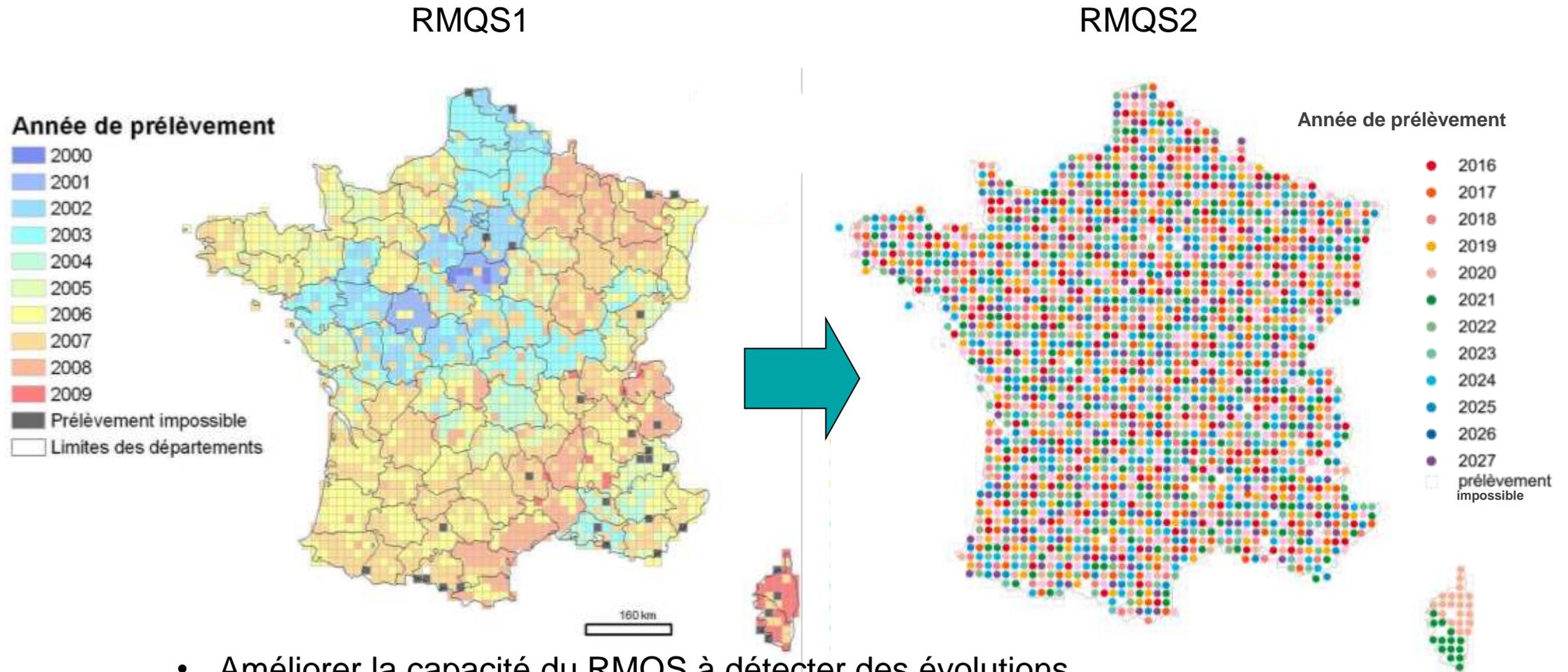
2003-2013 : Le conservatoire national d'échantillons de sols
Un hangar avec 50 m² de laboratoire + 100 m² de stockage



Depuis 2014 : Le conservatoire européen des échantillons de sols
Un bâtiment en pisé avec 150 m² de laboratoire + 400 m² de stockage



➤ D'une stratégie d'échantillonnage régionalisée à l'annualisation optimisée

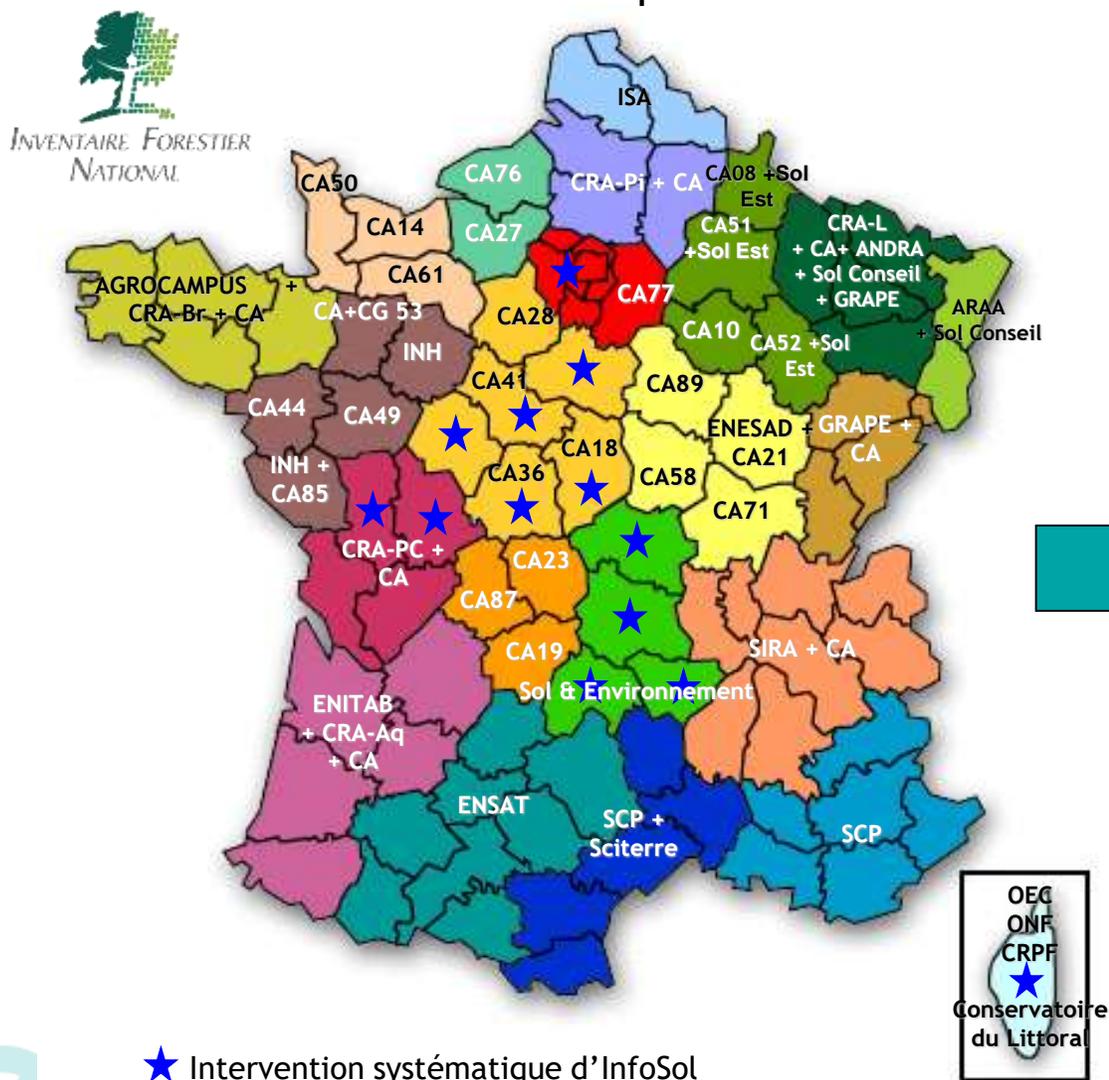


- Améliorer la capacité du RMQS à détecter des évolutions
- Cartographier plus rapidement des variables à l'échelle de la France
- Intégrer les contraintes techniques et logistiques de nouvelles déterminations (RU)

➤ une collaboration renouvelée avec nos partenaires régionaux

RMQS1 : 52 partenaires

RMQS2 : 12 partenaires



Illustrations
aimablement fournies
par
www.marinajolivet.fr



Le Réseau de mesures de la qualité des sols

06 février 2020 / Le RMQS a 20 ans ! / INRAE Val-de-Loire, Orléans / Claudy Jolivet et al.

Un réseau optimisé pour
une meilleure efficacité



Bretagne

Normandie

Nord - Pas de Calais

Grand-Est Fr. Comté

Pays de Loire

Centre VdL

Auvergne RA, IDF

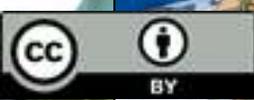
Merci à tous!

Nouvelle Aquitaine

Occitanie

Bourgogne

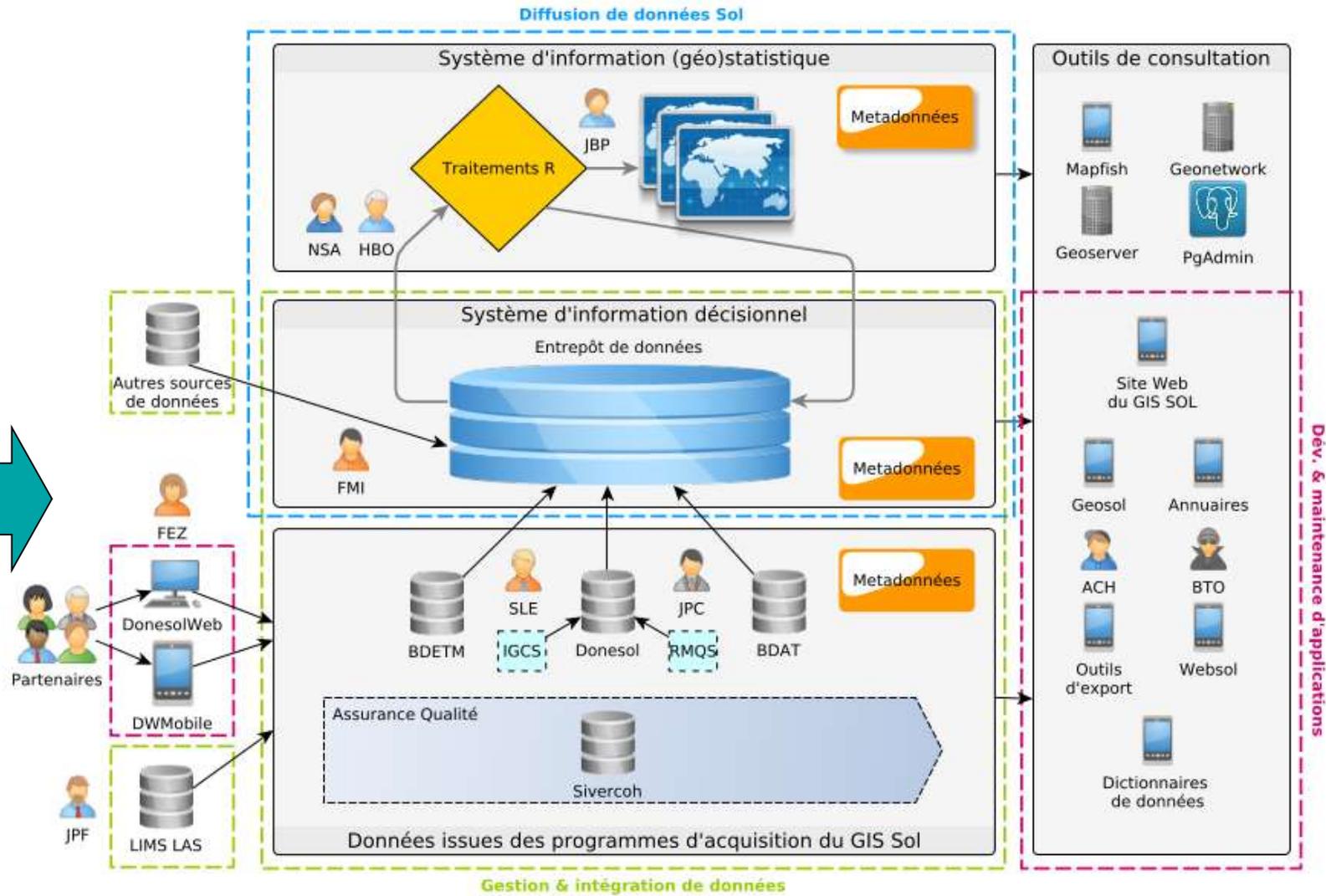
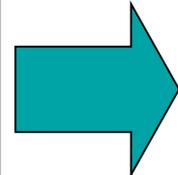
LR PACA Corse



➤ De DONESOL PC au Système d'information SOL

Saisie / Modification et Consultation

Répertoire Organismes	Profil Synthétique
Etude	Horizon
Département Etude	Analyse Horizon
Organisme CE	Affectation Profil/Etude
Auteur Etude	
Unité Cartographique de Sol(s)	
Unité Typologique de Sol	
Strate UTS	Quitter
Affectation UTS/UCS	Quitter DONESOL



➤ Un programme à 1M d'euros par an

Dépenses (M€)	RMQS 1	RMQS 1bis	RMQS 2	RMQS 1-OM	Recettes (M€)	RMQS 1	RMQS 1bis	RMQS 2	RMQS 1-OM
Mise en place sites	3,2		4,8	0,04	Gis Sol	4,8	1,2	8,8	0,4
Pers. permanent	2,4	0,8	3,7	0,2	INRA salaires perm.	2,4	0,8	3,7	0,15
Projet BIOSOIL	1,1				IRD salaires perm.				0,05
Pers. contractuel	1,0	0,1	2,1	0,04	BIOSOIL EUROPE	1,0			
Analyses	0,8	1,1	0,9	0,1	BIOSOIL DSF	0,3			
Fonctionnement	0,6	0,03	0,8	0,02	INRA (contrats, SE, EA)	0,3			
Déplacements	0,4		0,6	0,15	Partenaires RMQS	0,9		0,6	
Frais gestion INRA	0,1	0,04	0,2	0,01					
Total	9,6	2,0	13,1	0,6	Total	9,6	2,0	13,1	0,6

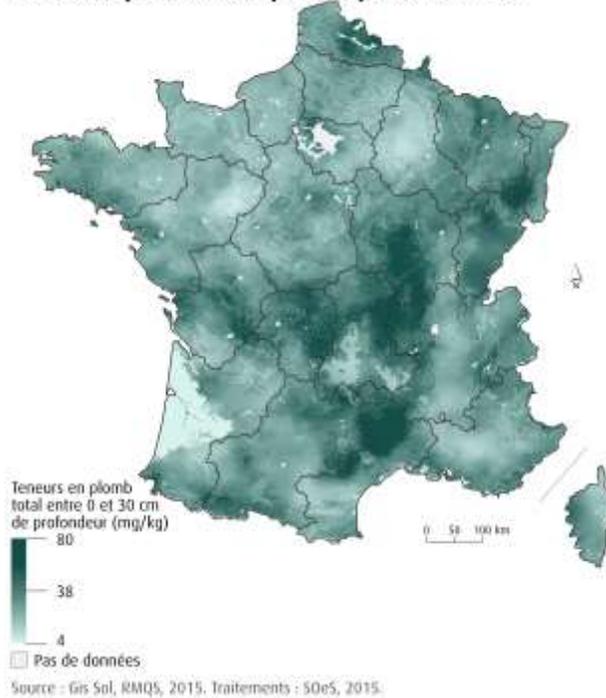
➔ RMQS1 : 4 000 € /site ; RMQS2 : 6 000 € /site ; RMQS-OM : 8 000 € /site

➤ Des données pour répondre aux enjeux actuels et futurs concernant les sols



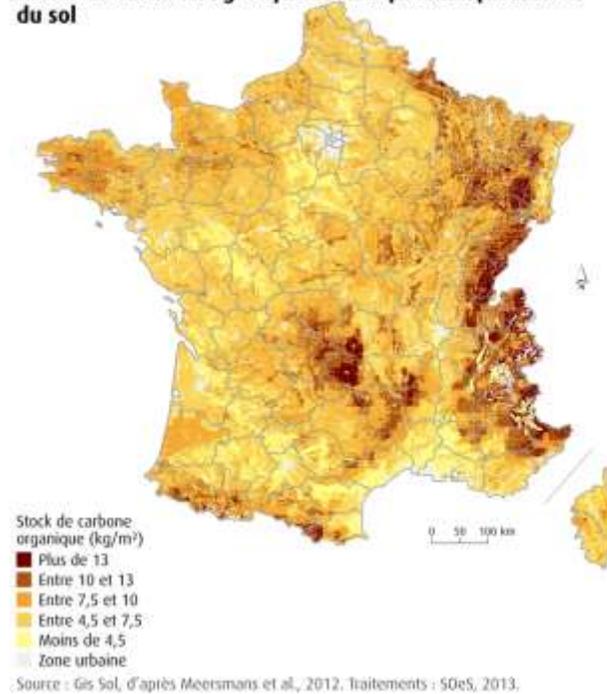
Contaminants et santé

Teneurs en plomb dans la partie superficielle du sol



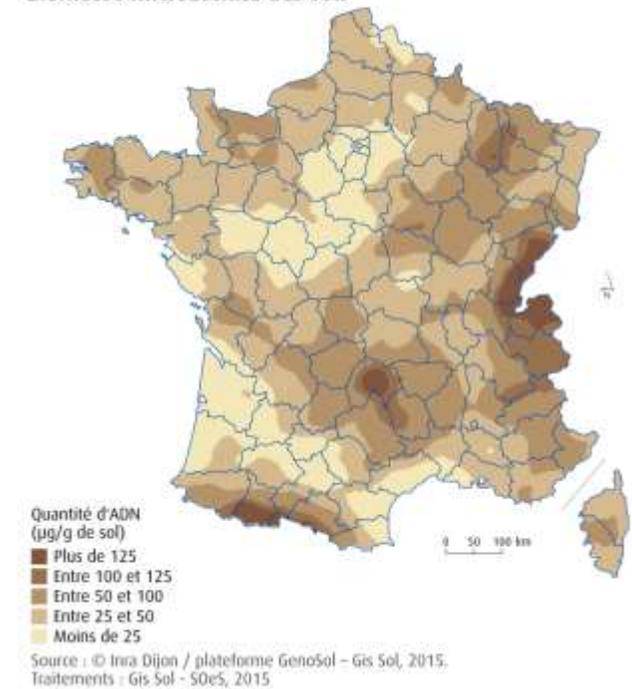
Carbone et changement climatique

Stocks de carbone organique dans la partie superficielle du sol



Biodiversité

Biomasse microbienne des sols



→ Contaminants - Nicolas SABY *et al.*

→ Carbone – Manuel MARTIN *et al.*

→ Biodiversité – Camille IMBERT *et al.*



INRAE **GisSol**

Le Réseau de mesures de la qualité des sols

06 février 2020 / Le RMQS à 20 ans ! / INRAE Val-de-Loire, Orléans / Claudy Jolivet *et al.*



Illustrations aimablement fournies par www.marinajolivet.fr



➤ Recherche, expertise et appui aux politiques publiques

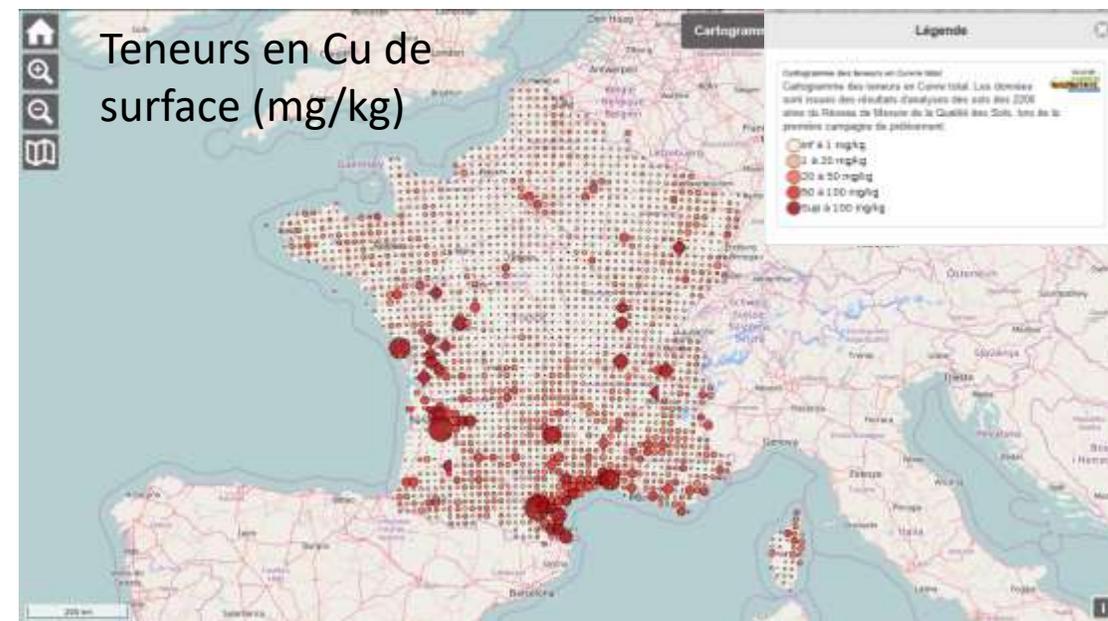
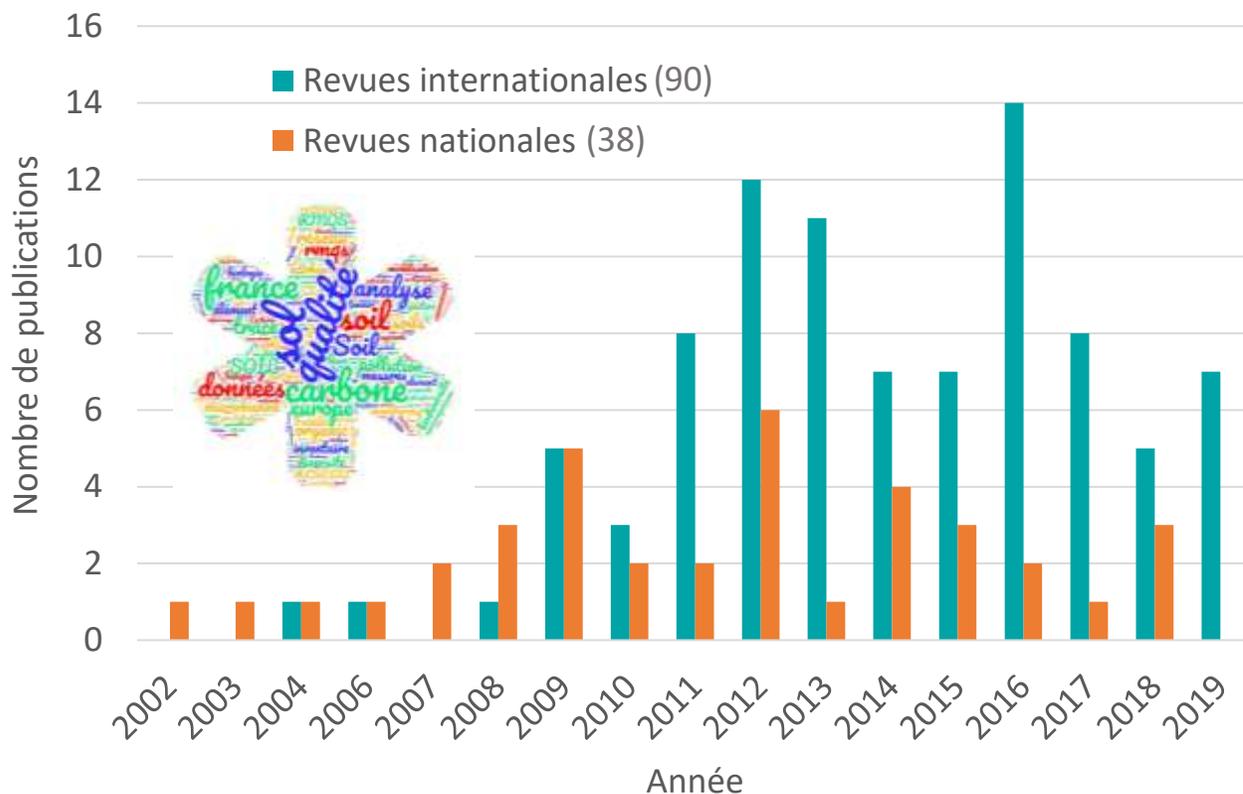
RMQS1 = 37 projets de recherche associés

Thématique de recherche	Nombre de projets
Éléments traces métalliques	7
Analyses microbiennes	7
Carbone et matières organiques	6
Micropolluants organiques	5
Spectrométrie (NIRS et MIRS)	5
Phosphore total	2
Autres éléments	2
Mesures magnétiques	1
Mesures physiques	1
Gaz à Effet de Serre	1
Total	37

- **Contaminants et santé**
 - INERIS / PNSE : *évaluation de l'exposition et inégalités environnementales*
 - ANSES / PPV : *fonder la phytopharmacovigilance dans les sols français sur le RMQS ?*
- **Carbone**
 - CITEPA : *bilan des émissions et rapports européens*
 - FAO : *carte des stocks de carbone mondiaux*
 - COP21 : *initiative 4pour1000 Les sols pour la sécurité alimentaire et le climat*
- **Biodiversité**
 - OFB : *fonder la surveillance de la biodiversité des sols sur le RMQS ?*

RMQS2 : déjà plus de 10 projets associés ou en préparation

➤ Une politique de publication et diffusion des données tournée vers l'open access



> 128 publications, 67 licences d'accès aux données

+ services web cartographiques <http://www.gissol.fr/donnees>

+ données <https://data.inra.fr/dataverse/gissol> p. 30



Le RMQS a 20 ans!



Et demain ?



INRAE **GisSOL**

Le Réseau de mesures de la qualité des sols

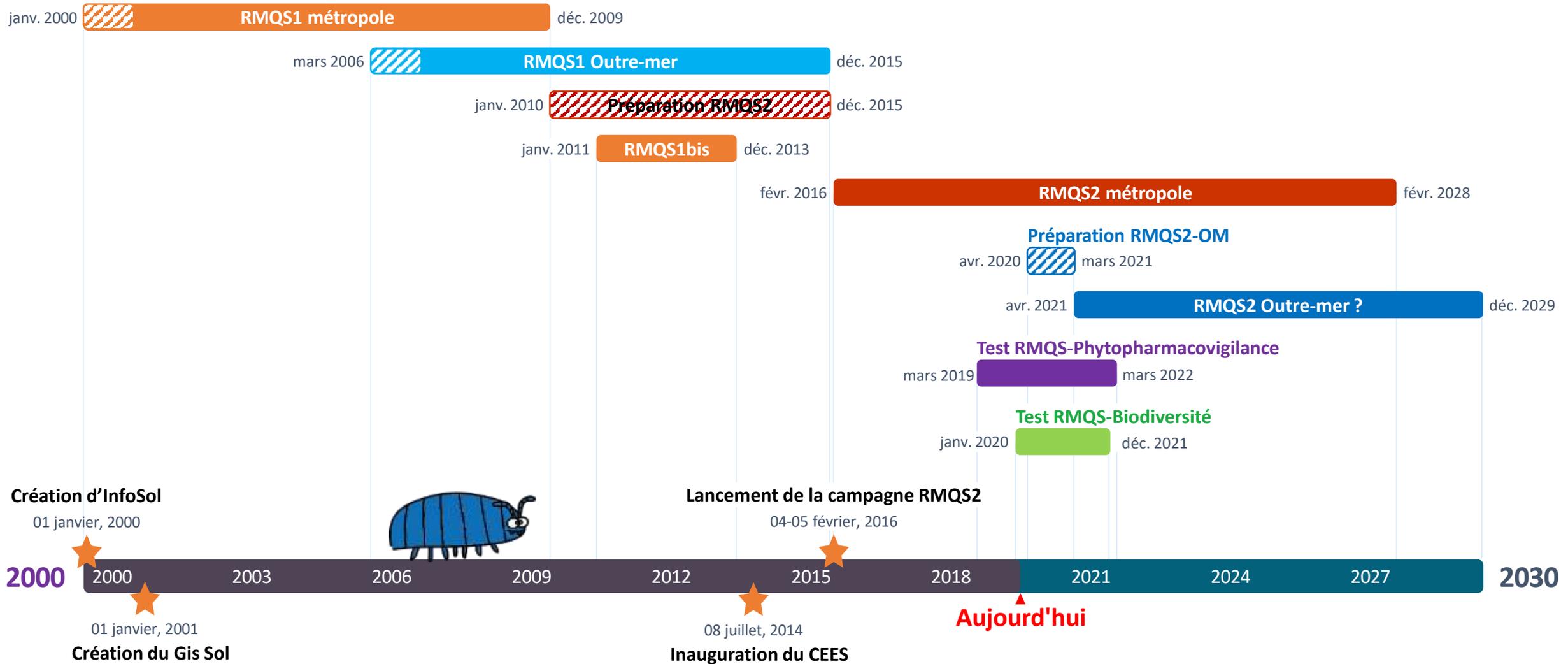
06 février 2020 / Le RMQS a 20 ans ! / INRAE Val-de-Loire, Orléans / Claudy Jolivet *et al.*



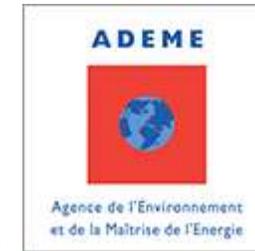
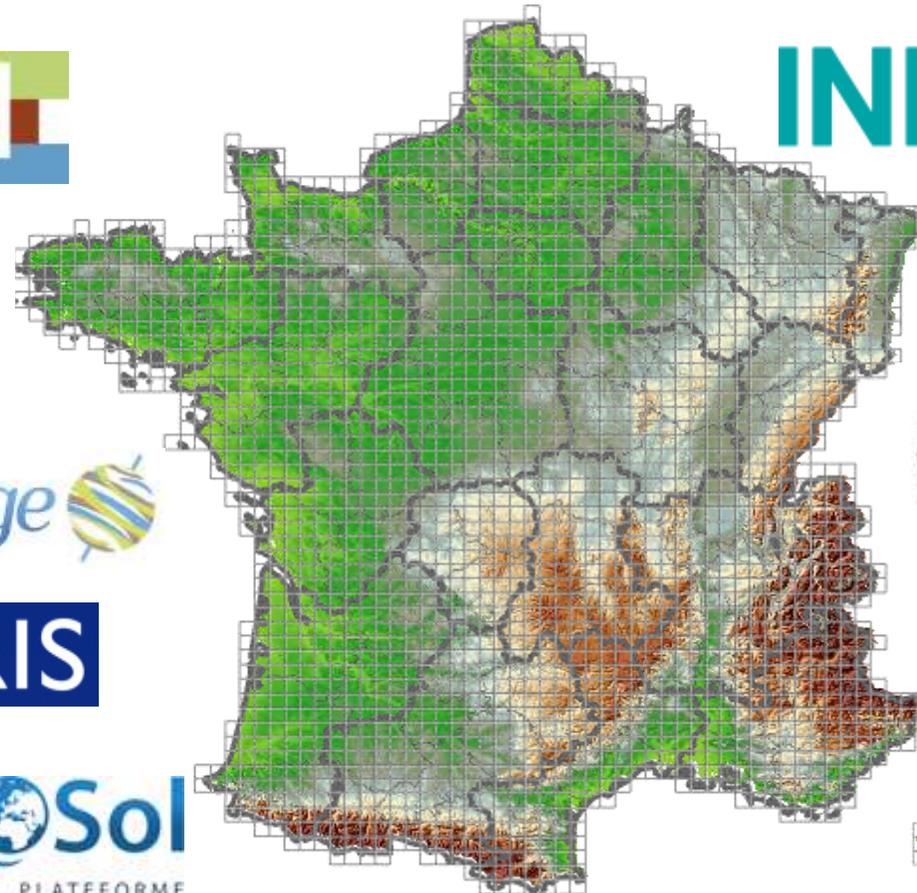
Illustrations aimablement fournies par www.marinajolivet.fr



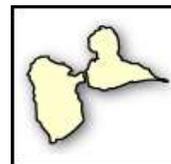
➤ La ligne de vie du RMQS : 2000 – 2030



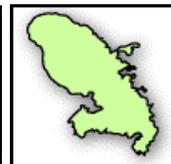
➤ Demain, le RMQS sera au cœur des actions sur les sols



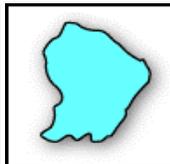
Géosciences pour une Terre durable



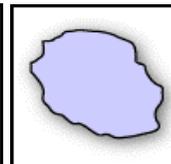
GUADELOUPE



MARTINIQUE



GUYANE



RÉUNION



MAYOTTE



➤ Durant 20 ans, à quoi avons-nous résisté ?

- A l'épuisement professionnel : ceci est mon 175^e diaporama powerpoint sur le RMQS !
- A l'incertitude récurrente sur les financements
- A la valse des CDD (87 personnes recrutées sur le RMQS en 20 ans !)

Le secret ?

- Savoir se remettre en question et se renouveler
- Prendre du recul et de la hauteur pour sortir la tête du guidon
- Ténacité et détermination
- Exigence sur la qualité
- Collaborer et travailler en réseau
- Toujours se faire plaisir !



Ensemble nous avons construit un dispositif pour aujourd'hui et pour les générations futures

Bon anniversaire !

Et longue vie au RMQS !





*« On n'a pas tous les jours vingt ans,
Ça nous arrive une fois seulement,
C'est le jour le plus beau d'la vie,
Alors on peut faire des folies ! »*



(Léon Raiter / Fernand Pothier)