

Les dispositifs nationaux de surveillance à long-terme de l'évolution des propriétés des sols de France

Objectifs, description, potentialités, limites et complémentarités avec les expérimentations de longue durée

Dominique Arrouays¹, Antonio Bispo¹, Blandine Lemerrier², Claudy Jolivet¹, Mathieu Jonard³, Manuel P. Martin¹, Manuel Nicolas⁴, Nicolas P.A. Saby¹, Christian Walter²

1- INRAE, InfoSol, 45075, Orléans, France

2- UMR SAS, Institut Agro, INRAE, F-35000 Rennes, France

*3- Université Catholique de Louvain, Faculty of Bioscience Engineering & Earth and Life Institute
Environmental sciences, Louvain-la-Neuve, Belgique*

4- ONF, Direction forêts et risques naturels. Département recherche, développement, innovation, 77300, Fontainebleau, France



Structure de la présentation

- 1. Les principaux dispositifs nationaux et leurs caractéristiques
- **2. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses**
- 3. Un petit tableau de synthèse
- 4. Conclusions sur les réseaux d'observation, potentiels, complémentarité avec les expérimentations de longue durée

1. Quatre dispositifs nationaux et leurs caractéristiques

- 1. Réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS)
- 2. Réseau systématique de suivi des dommages forestiers (RSSDF)
- 3. Réseau de suivi des écosystèmes forestiers (RENECOFOR)
- 4. Base de données d'analyses de terre (BDAT)

1. Leurs caractéristiques majeures – extension et échantillonnage

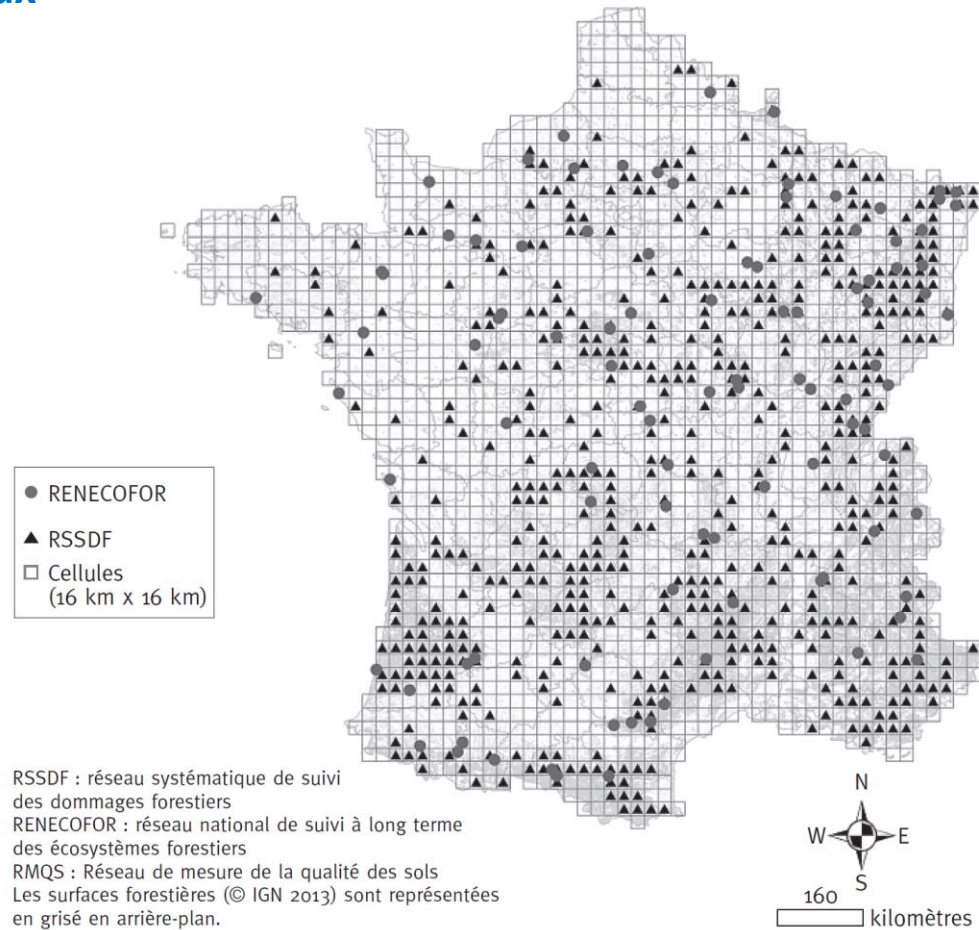
RMQS et RSSDF: grille commune systématique de 16x16 km (**2200 placettes dont 550 forestières**), des protocoles de prélèvement standardisés (pour RSSDF changement notable entre la première et la deuxième campagne), un menu analytique standard commun, mais évolutif, un archivage des échantillons. Une extension outre-mer pour le RMQS. Une campagne commune coordonnée entre 2007 et 2008.

RENECOFOR: échantillonnage orienté de **102 placettes** réparties dans différents contextes de **forêt de production**, des protocoles de prélèvement standardisés, un menu analytique standard commun, mais évolutif, un archivage des échantillons. Des placettes avec suivi plus intensif.

BDAT: sols agricoles (topsoil) analysés par les laboratoires agréés de France (2,8 M de parcelles depuis 1990 sans contrôle de l'échantillonnage spatial) des protocoles de prélèvement peu standardisés, un menu analytique variable selon les échantillons, pas d'archivage des échantillons

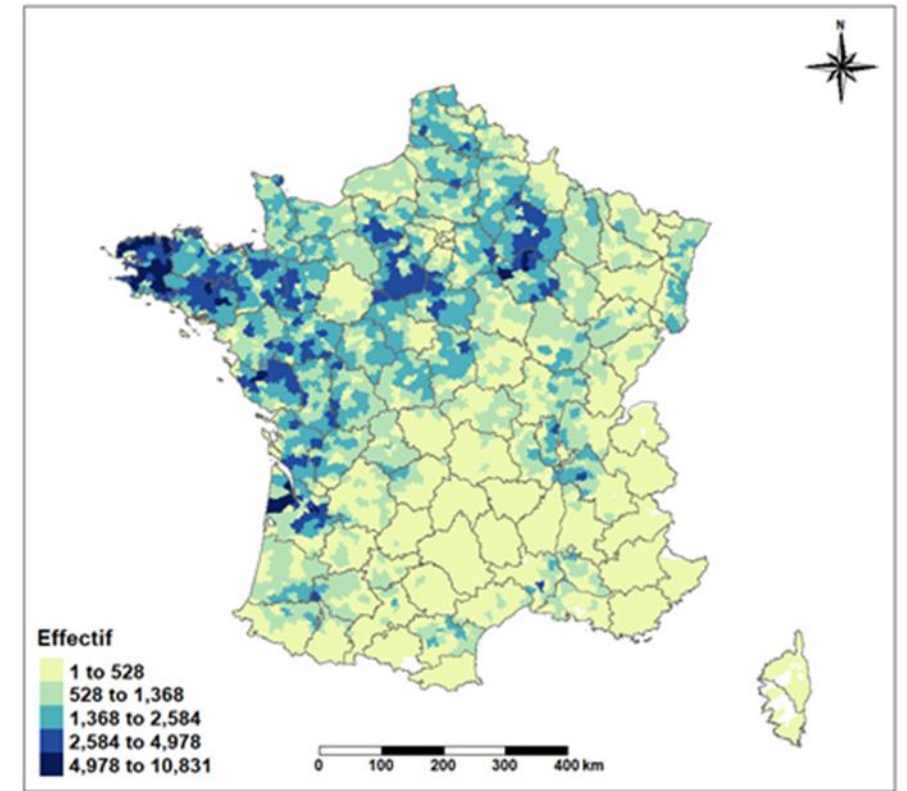
Extension, et échantillonnage spatiaux

RMQS, RSSDF, RENECOFOR



Nicolas, Jolivet, Jonard. 2014. *Revue Forestière Française*

BDAT



2,8 millions échantillons
33,8 millions d'analyses

bdat.gissol.fr

Des grilles systématiques compatibles, des échantillonnages orientés, des échantillonnages non contrôlés...

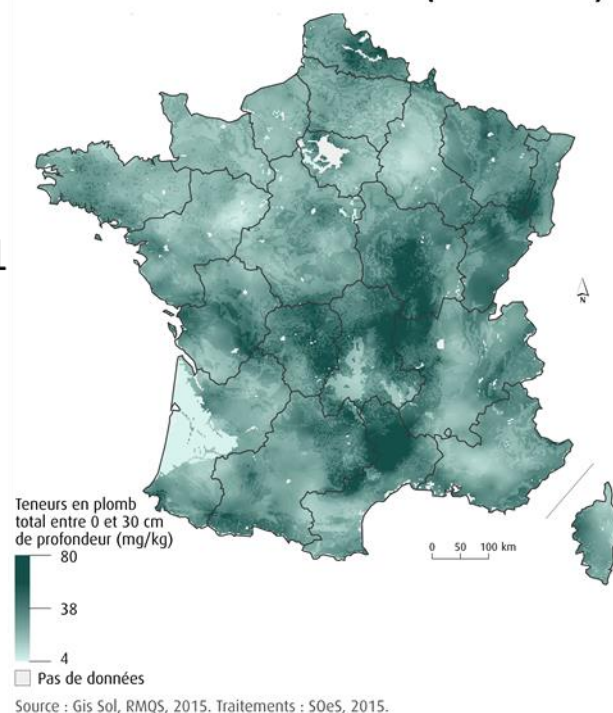
2. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses

Cartographie et mise en évidence de facteurs de contrôle (exemple du RMQS)

Contaminants & human health

Total lead content (0-30 cm)

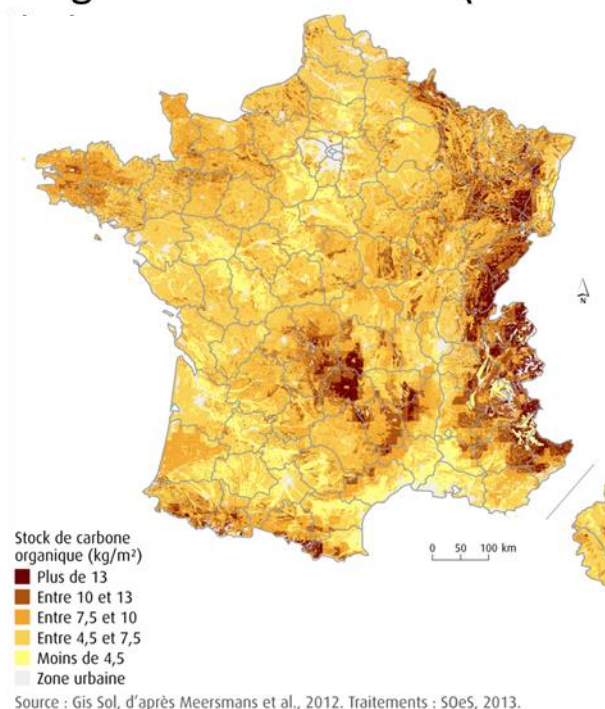
RMQS1



Saby et al. 2011. Geoderma

Carbon & climate change

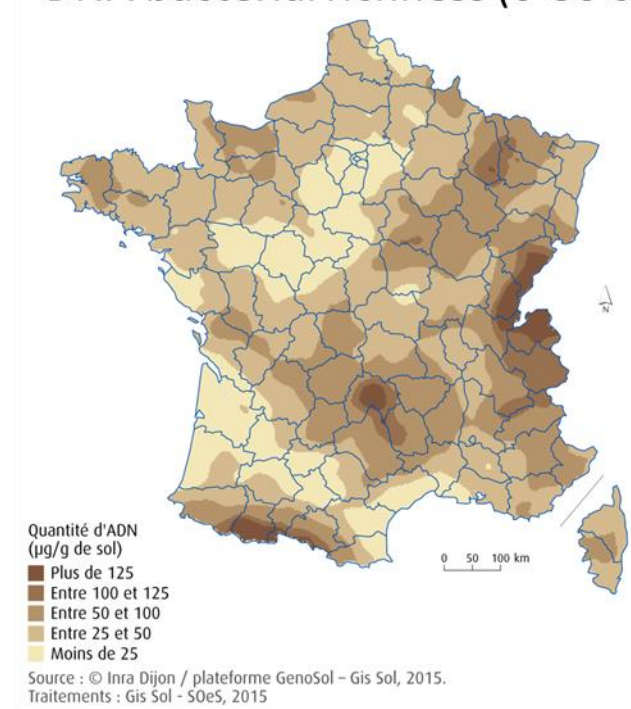
Organic carbon stocks (0-30 cm)



Meersmans et al, 2012. Agr. Sust. Devt

Soil biodiversity

DNA bacterial richness (0-30 cm)

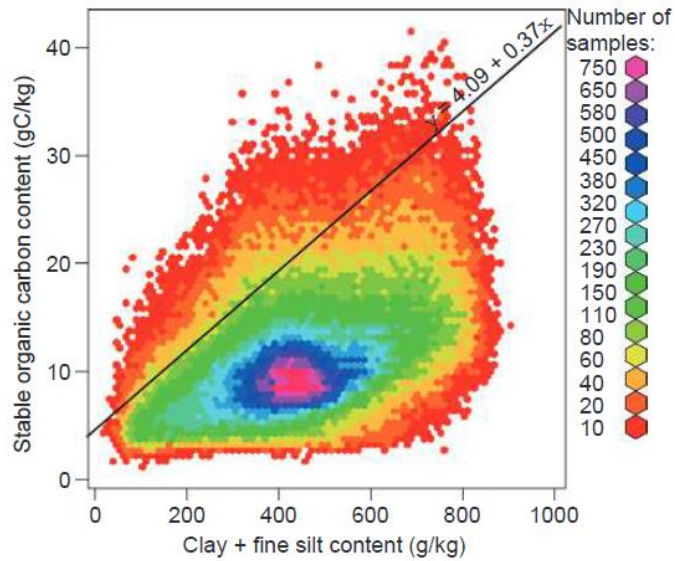


Dequiedt et al ou Ranjard et al

2. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses

Mise en évidence statistique de facteurs de contrôle

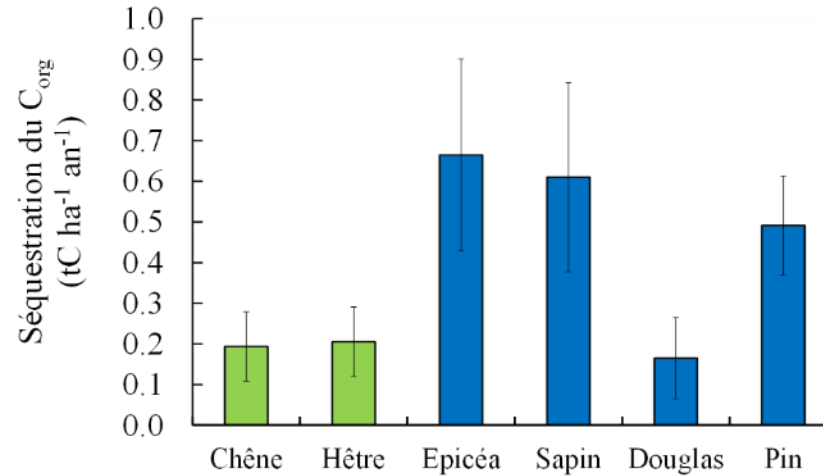
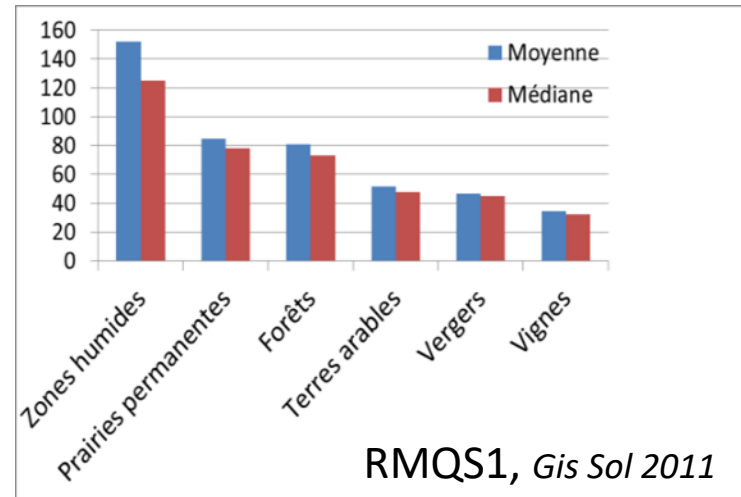
Carbone/texture



BDAT

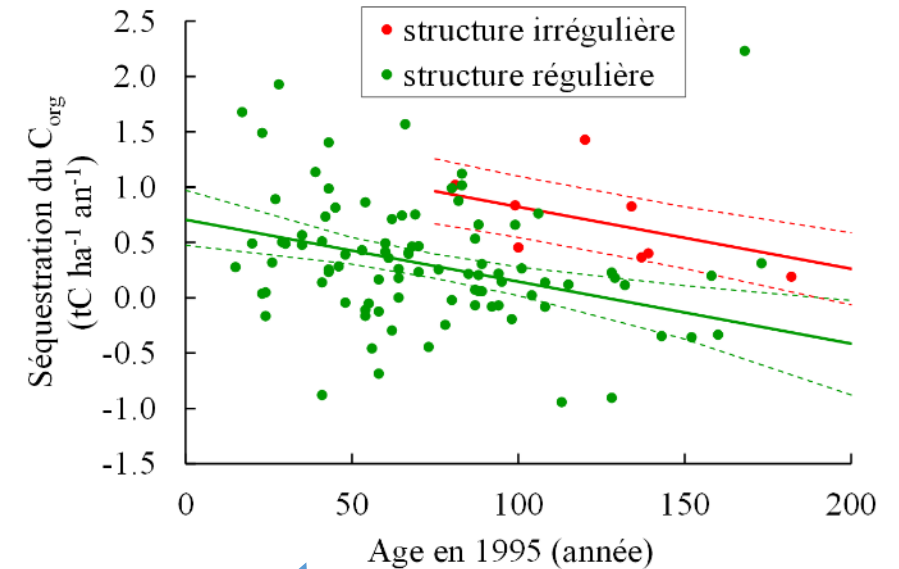
Angers et al. 2011 Soil Use & manag.

Stock C tC ha⁻¹ (0-30 cm) occupation



Stockage C en 15 ans/essence

Stockage C (tC ha⁻¹ an⁻¹)/âge



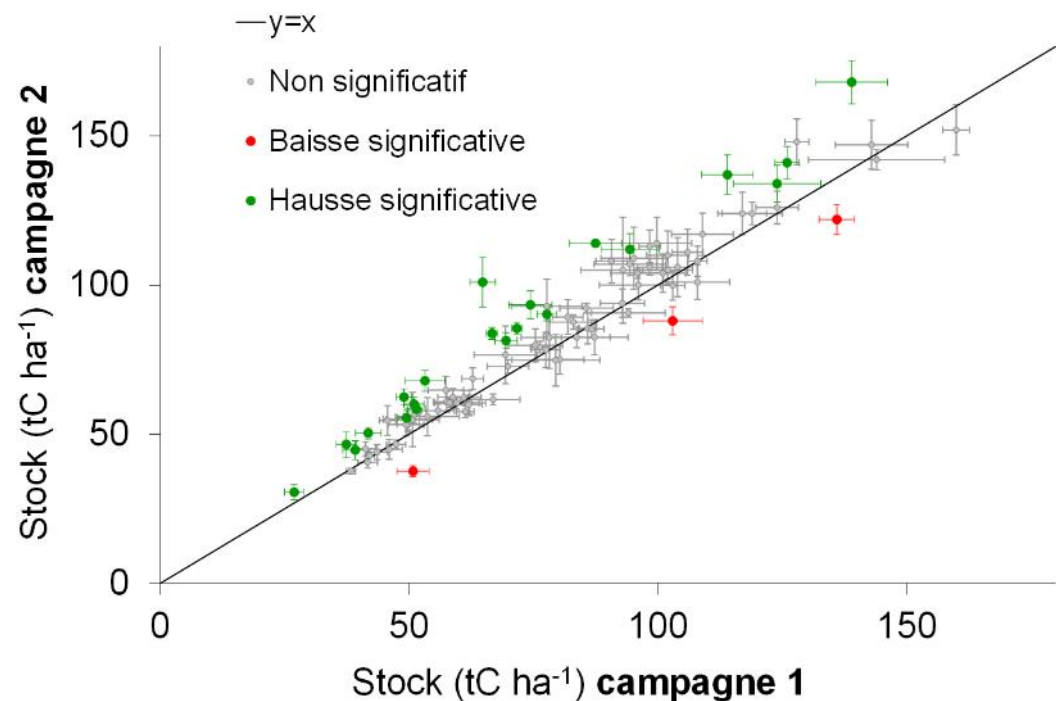
RENECOFOR

Jonard et al. 2017. Sci. Tot. Env.

2. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses

Mise en évidence d'évolutions *a posteriori*

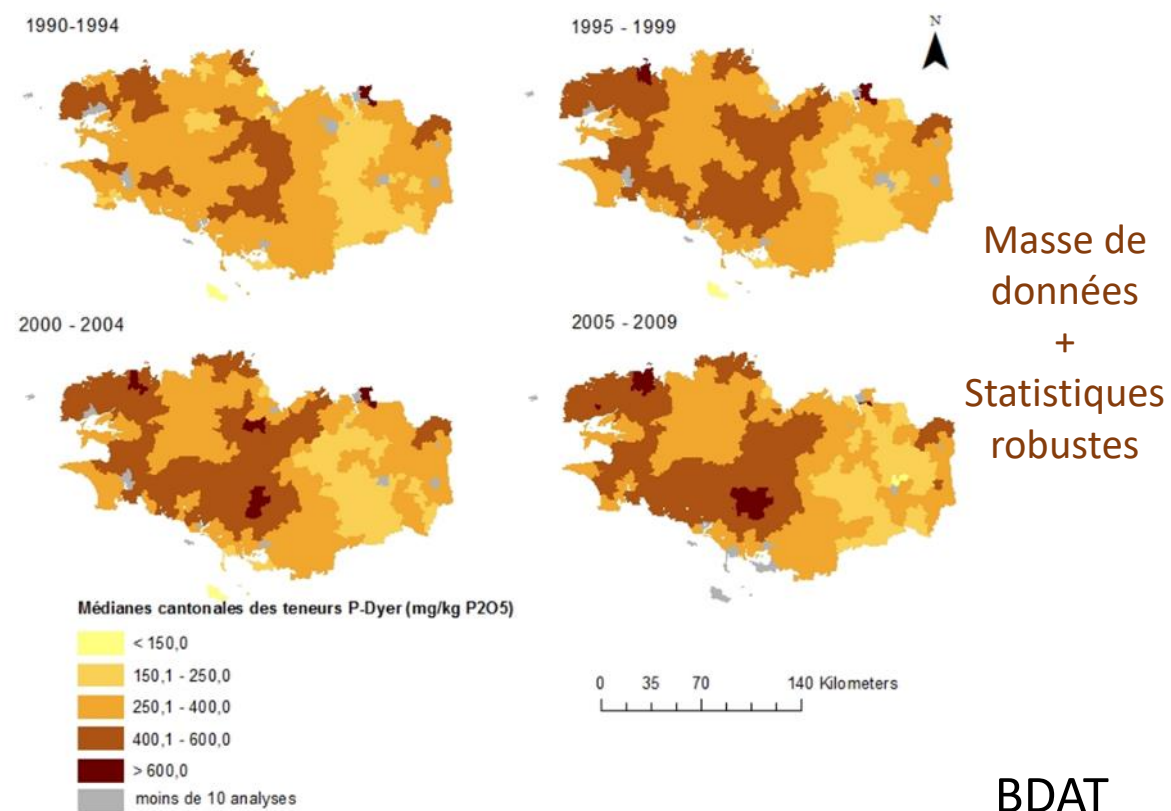
Evolution des stocks de C sous forêt en 15 ans



RENECOFOR

Jonard et al., 2017. Sci. Tot. Env.

Evolution des teneurs en P en Bretagne en 20 ans

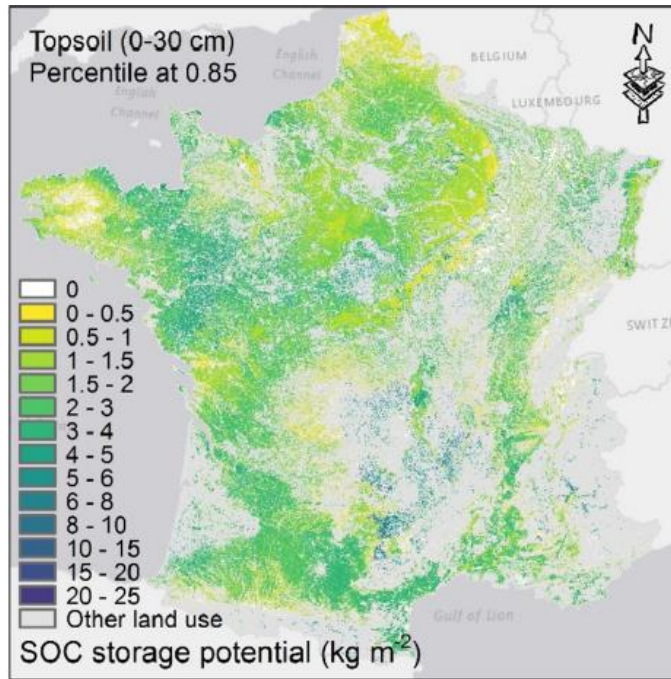


BDAT

Lemercier et al. 2008. Soil Use & Manage.

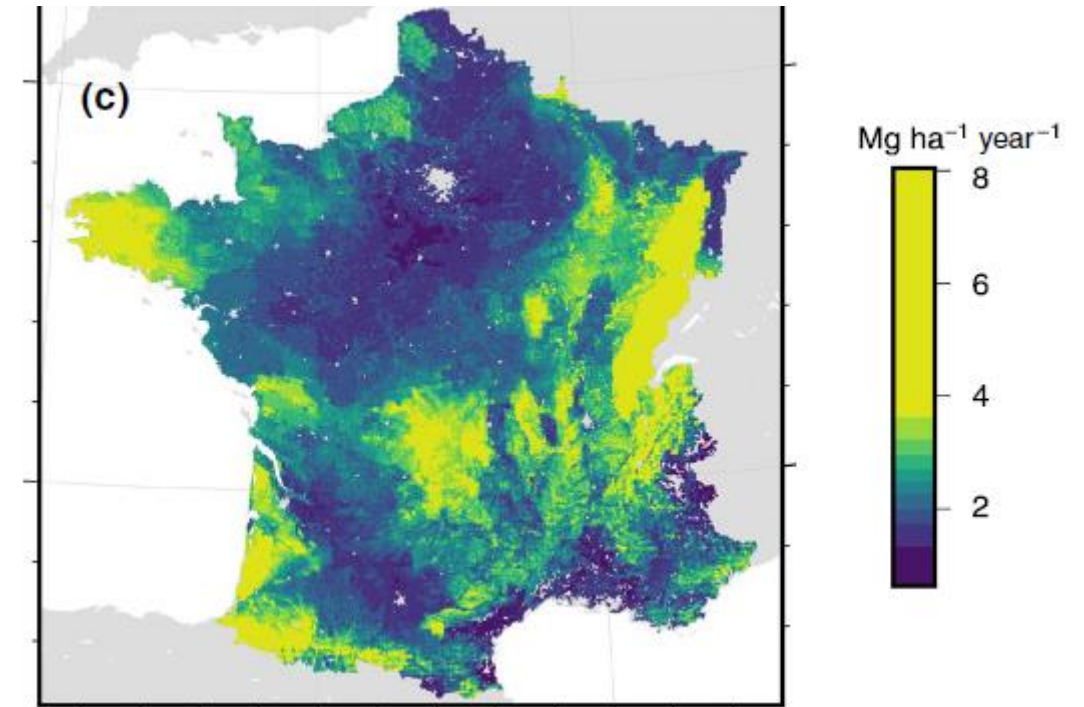
3. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses

Potentiels théoriques et simulations de changements par modélisation



Potentiel de stockage additionnel en SOC des sols cultivés de France par une approche « data-driven » (amener l'ensemble des sols cultivés à atteindre le 85 centile observé dans les mêmes conditions agro-pédo-climatiques)

Chen et al. 2019. Sci. Tot. Env.



Besoins d'input en C aux sols pour maintenir les stocks de SOC actuels. Combinaison d'une carte initiale des stocks (0-30cm) et du modèle RothC

Martin et al. 2021. Glob. Change. Biol..

2. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses

Un formidable réservoir pour la recherche

Une banque d'échantillons et un support pour le développement de nouvelles approches et de nouveaux observatoires

RMQS1 = **37** associated research projects

Research theme	Number of projects
Trace elements	7
Microbial analyses	7
Carbon & organic matter	6
Organic pollutants	5
Spectrometry (NIRS et MIRS)	5
Phosphorus	2
Other elements	2
Magnetic measurements	1
Physical measurements	1
Greenhouse gaz	1
Total	37

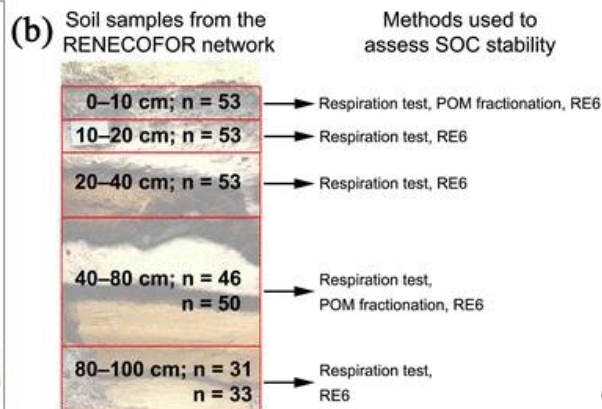
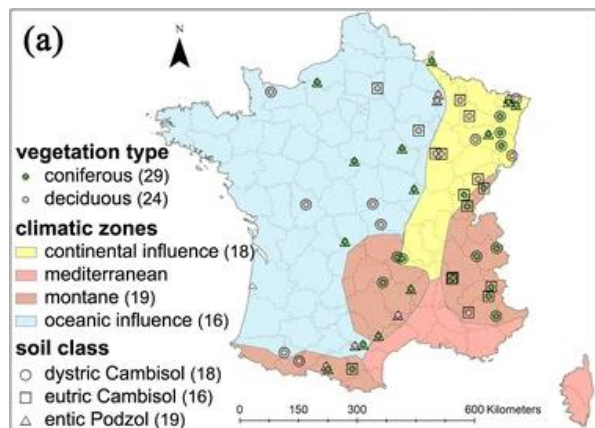
RMQS2 : > **15** associated research projects

- **Contaminants & human health**
 - INERIS / PNSE : *human exposure assessment and environmental inequalities*
 - ANSES / PPV : *basing pesticides residues evaluation and monitoring in French soils on the RMQS ?*
- **Carbon & climate change**
 - CITEPA : *European emissions review and reporting*
 - FAO : *map of global carbon stocks*
 - COP21 : *initiative 4per 1000 Soils for Food Security and Climate*
- **Soil biodiversity**
 - OFB : *basing soil biodiversity monitoring in French soils on the RMQS ?*

2. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses

Un formidable réservoir pour la recherche

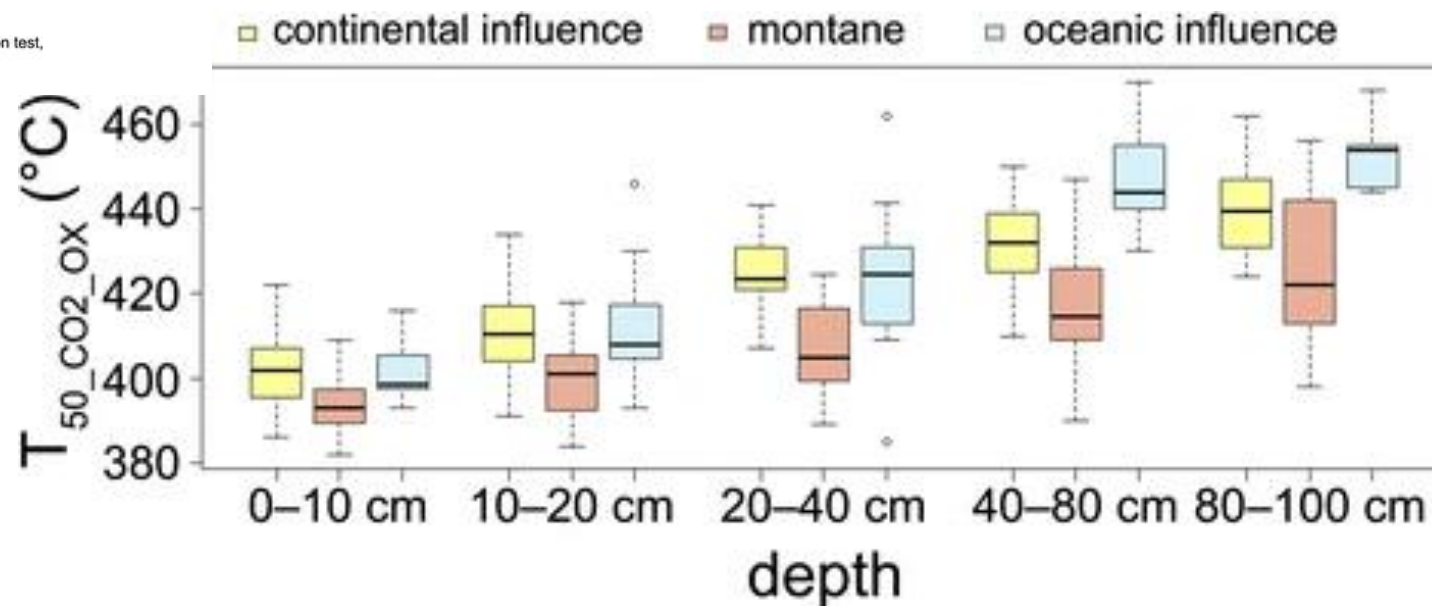
Une banque d'échantillons et un support pour le développement de nouvelles approches



Respiration
Matières Org. Particulaires
Mesures Rock-Eval

Indicateurs de stabilité des MOS

RENECOFOR

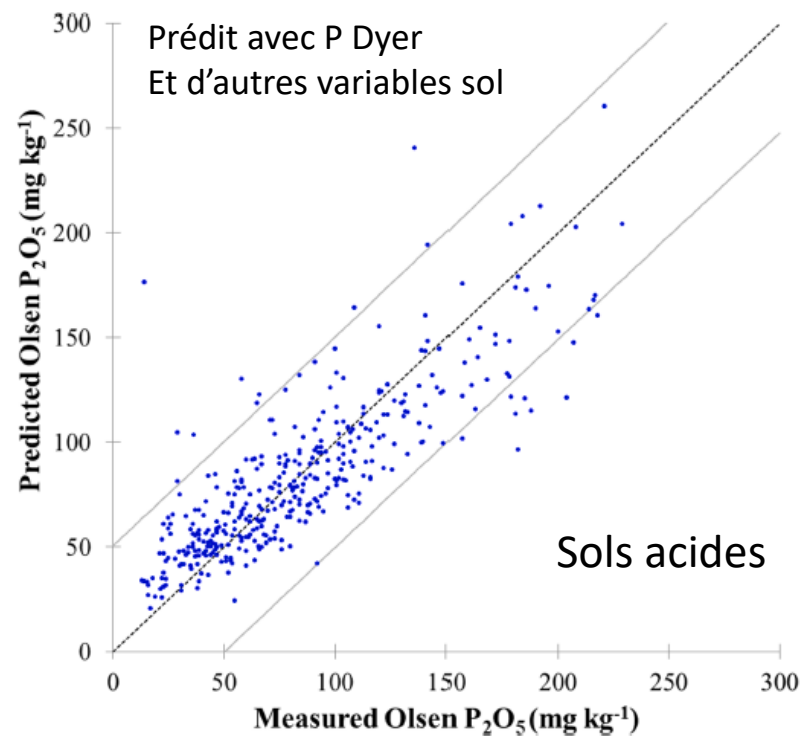
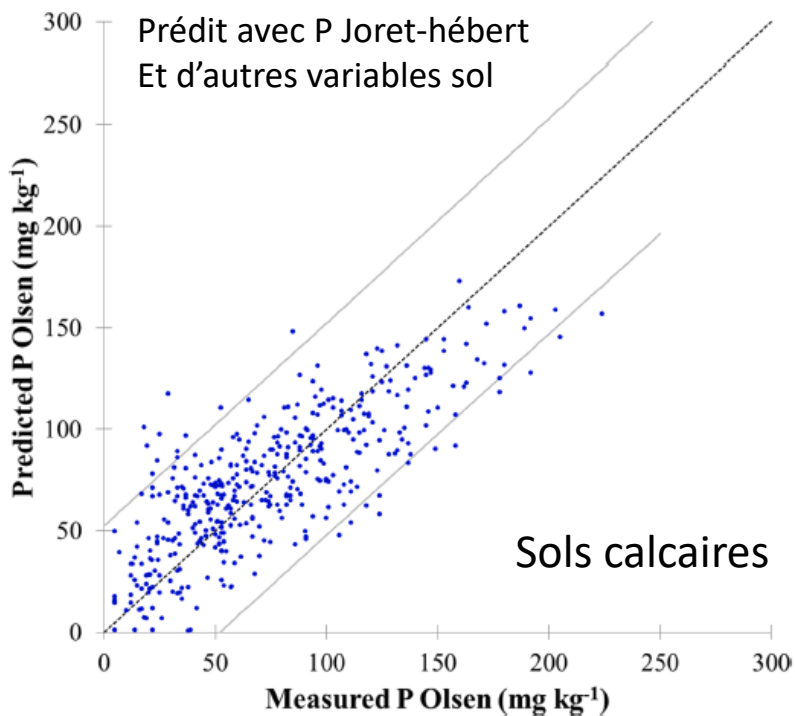


Soucémariadin et al. 2018. Plant & Soil.

Variation d'un indicateur de stabilité des matières organiques obtenu par pyrolyse Rock-eval en fonction de la profondeur et du climat

2. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses

Un potentiel pour l'harmonisation nationale et internationale

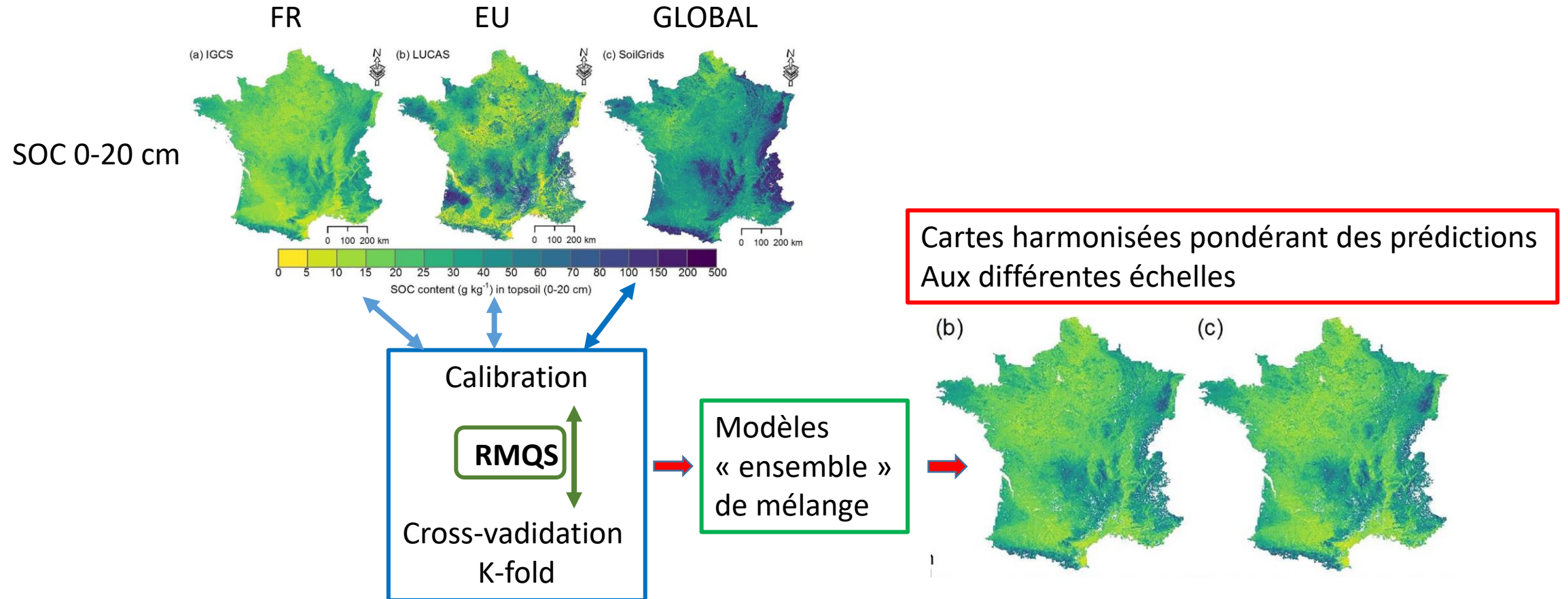


BDAT

Harmonisation des résultats d'analyses de différentes mesures du P extractible

2. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses

Un potentiel pour l'harmonisation nationale et internationale



2. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses

Un potentiel pour l'harmonisation nationale et internationale

RSSDF

Campagne BioSoil sur les grilles 16x16 de type
RSSDF sur toute l'Europe

+

Campagne EU LUCA-Soil tous usages



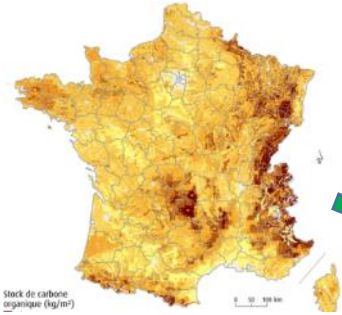
EU Soil SOC map 0-20 cm

Aksoy et al. 2016. PLoS ONE.

2. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses

Un potentiel pour l'harmonisation nationale et internationale

Detailed country maps



*Mulder et al 2016.
Sci. Tot. Env.*

Agrégation à 1 km
Recalcul d'incertitudes
(pour qq pays dont FR)

*Martin et al 2015.
Report and data to FAO*



GLOBAL SOIL ORGANIC CARBON MAP (GSOGrmap)



Itps-FAO. 2015. On line.



Assemble but not
ensemble!
Big harmonisation
issues!
Most countries
without uncertainty
maps!

*Arrouays et al. 2021.
Geoderma Regional*

2. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses

Une représentativité et une robustesse statistique globale parfois discutables



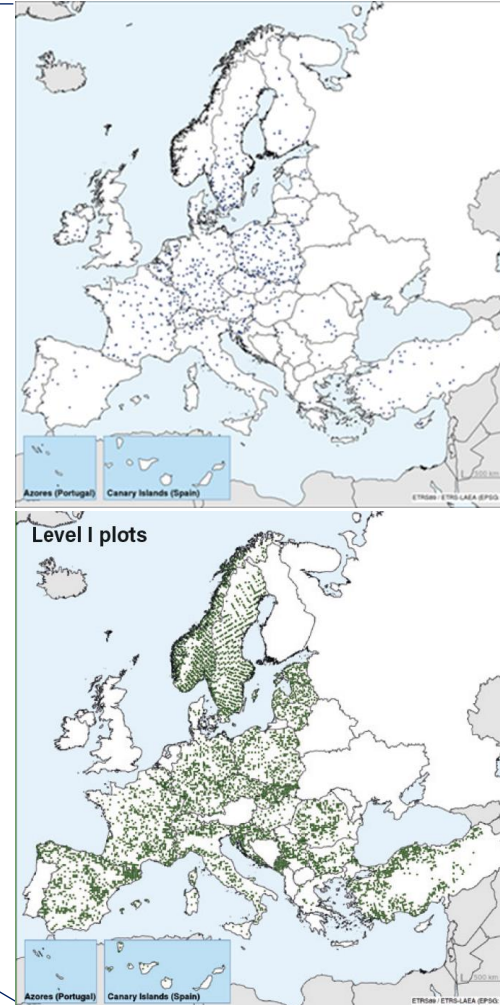
RENECOFOR

Un échantillonnage orienté « *a priori* », (accessibilité, forêt publique, forêt de production),

Un nombre de placettes assez faible,

Une couverture géographique très hétérogène,

Quelles généralisations statistiques et spatiales possibles ?



En partie compensées par l'intégration européenne...

ICP Level II plots

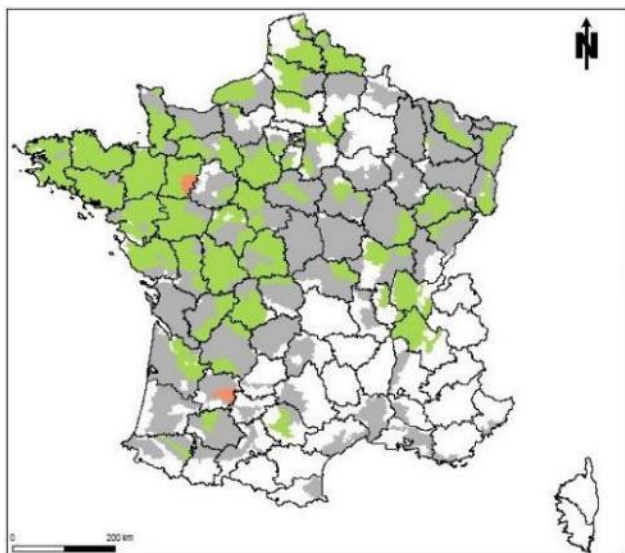
Et par la grille 16x16 km type RSSDF européenne

ICP Level I plots

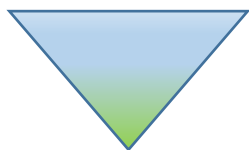
2. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses

Des atouts et des limitations statistiques

Evolution du pH_{eau}
(1996-1999) - (2000-2005)

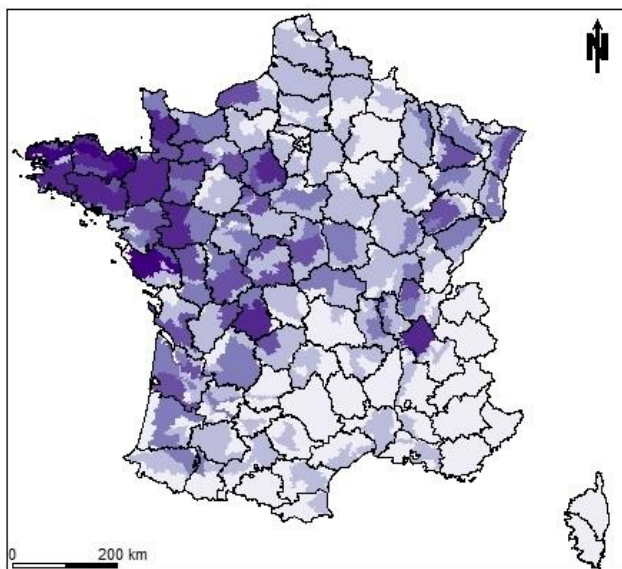


Augmentation
Diminution
Indéterminée
Calcul impossible



765000 mesures entre 2 périodes

Nombre d'analyses



7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000

Densité
hétérogène



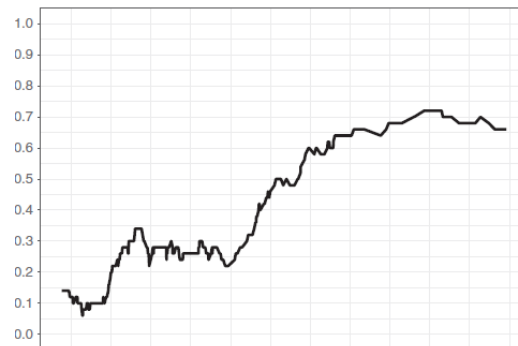
Des zones avec trop peu de données

Recul
temporel
+
Masse de
données
+
Statistiques
robustes



BDAT

Fréquence de
changements
significatifs



Densité d'analyses

+ Biais possibles

Motivations de l'agriculteur ?

Tendance à analyser où il y a des pbs ?

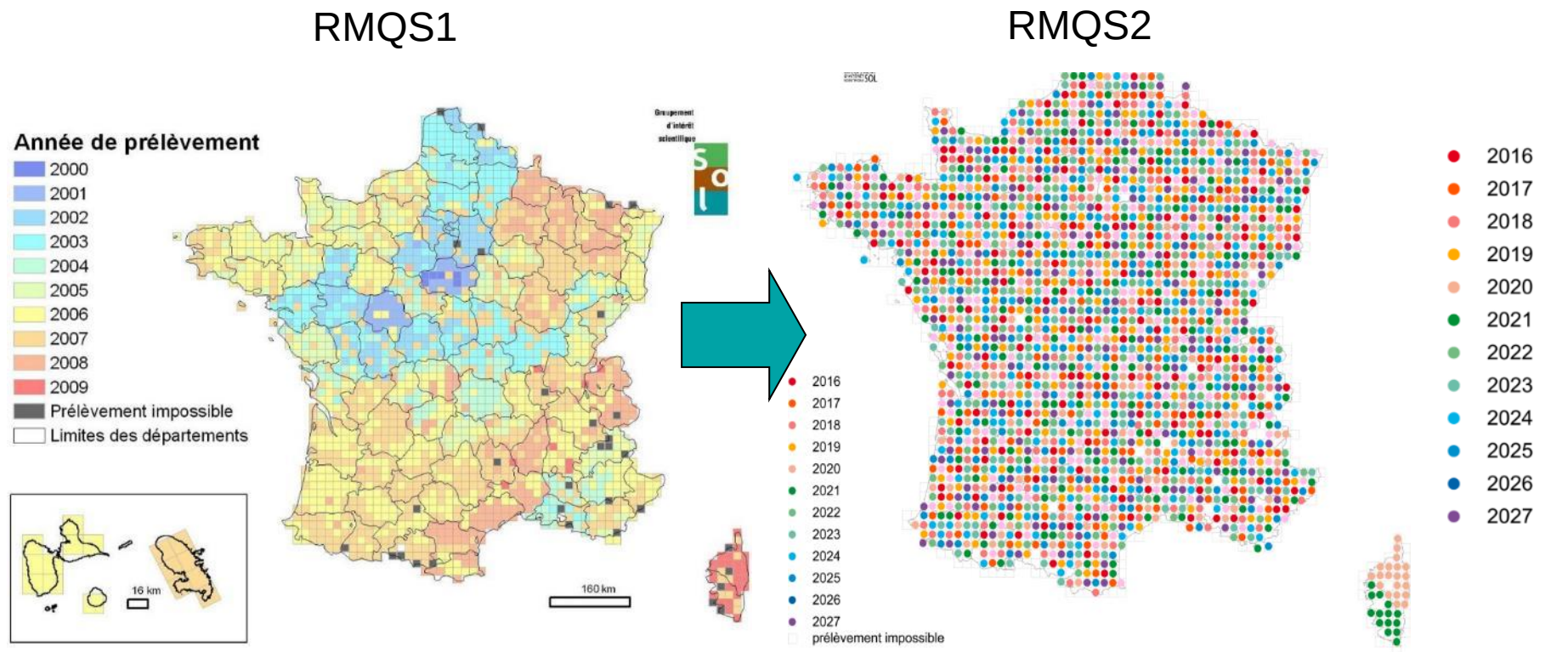
« Technicité » de l'agriculteur ?

Effet conseiller et marketing des labos...



2. Leurs potentialités, leurs forces et leurs faiblesses

Des atouts et des limitations statistiques



Manque de recul temporel (1 campagne)
12 ans pour cartographier la France
Confusion possible entre évolution
temporelle et spatiale

Approches par panels rotatifs
Statistiques annuelles possibles
Enrichissement progressif
Détection plus rapide de changements?

3. Un tableau simple des caractéristiques et potentiels?

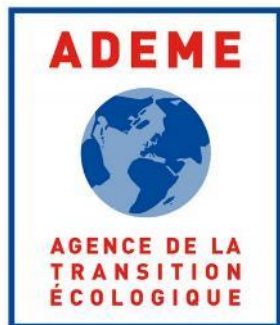
	RMQS 2000...	RSSDF 1993...	RENECOFOR 1993...	BDAT 1990...
Tableau de bord/statistiques nationales	xxx	xxx	xx	xx
Détection d'évolutions	xxx	xxx	xxx	xx
Cartographie	xxx	xxx	x	xx
Banque d'échantillons	xxx	xxx	xx	
Validation de modèles	xx	xx	xxx	x
Variables d'entrée de modèles	xxx	xxx	xxx	xx
Scénarios d'évolutions ou de potentiels	xxx	xxx	xx	x
Intégration internationale	xxx	xxx	xxx	xxx
Couverture	Tous usages	Forêts	Forêts gérées	Agricole
Utilisation statistique globale	xxx	xxx	x	x
Ajout possible d'autres réseaux	xxx	xxx	xxx	?
Mesures de flux biogéochimiques	x	x	xxx	x

4. Conclusion 1 – les réseaux d'observation

- Pour beaucoup, une **ouverture** résolument non exclusive- **un support pour d'autres mesures/observations**
- Une « **mémoire** » des sols de France
- **Observation – pas d'expérimentation, pas de contrôle – souvent un manque de données sur la gestion des sites** (BDAT<RMQS<RSSDF<RENECOFOR). Quel potentiel de la télédétection à haute résolution spatiale+spectrale+temporelle?
- RENECOFOR mesure des stocks et des états mais aussi des **flux biogéochimiques**. Mais limités à la forêt de production...
- Apport des dispositifs, au **bilans nationaux, EU et globaux, à la cartographie, aux statistiques...** Des statistiques globales plus ou moins « robustes »...
- Apport à la **prise de décision, aux politiques, aux cartes EU ou mondiales...** Attention à l'harmonisation!
- **A l'adaptation au changements globaux** (ie. Quels arbres planter aujourd'hui? À l'**atténuation** (ie. Quel potentiel réaliste national de séq de SOC), etc.
- A la **recherche...**

Conclusion 2 – Réseaux d'observations, expérimentations de longue durée, et modélisation des cycles biogéochimiques

- Une **complémentarité** évidente avec les observatoires et essais de longue durée plus lourdement équipés,
- => **Spatialiser** des indicateurs ou des tendances observées sur les expérimentations
- => Définir le **domaine de validité spatiale** des résultats obtenus sur des expérimentations
- => Fournir des données spatialisées d'entrée ou de validation, voire **d'assimilation**, de modèles calés sur des expérimentations... (voir exposé de Guy Landmann). **Généraliser, prévoir des tendances spatiales et temporelles...**
- => Est-ce que les cycles « bouclent? » Les observations sur les changements « sol » sont elles **comparables** à ce que peut « prédire » la modélisation des cycles biogéochimiques? A ce que démontrent les expérimentations?
- => Apport au questionnement: Observe-t-on sur ces « réseaux » des **phénomènes « inattendus »** qui mériteraient plus de suivi et d'expérimentation instrumentée sur des sites d'expérimentation à long terme? Lesquels?



Merci de votre attention !

