



13 & 14 SEPTEMBRE 2023

LES JOURNÉES NATIONALES GÉONUMÉRIQUES de L'AFIGÉO & DÉCRYPTAGÉO

CENTRE DES CONGRÈS - REIMS





À la découverte des sols : panorama des données, méthodes et outils existants

Bertrand LAROCHE et Anne RICHER-de-FORGES
INRAE UR 1508 Info&Sols

Stéphanie JALABERT - Bordeaux Sciences Agro



Le sol, c'est quoi ?

- **Couche naturelle supérieure** de la couche terrestre, résultant de l'altération des roches.
- **Verticalement**, le sol s'étend depuis la surface jusqu'à la roche
- **Horizontalement**, on parle plutôt de **couverture pédologique**

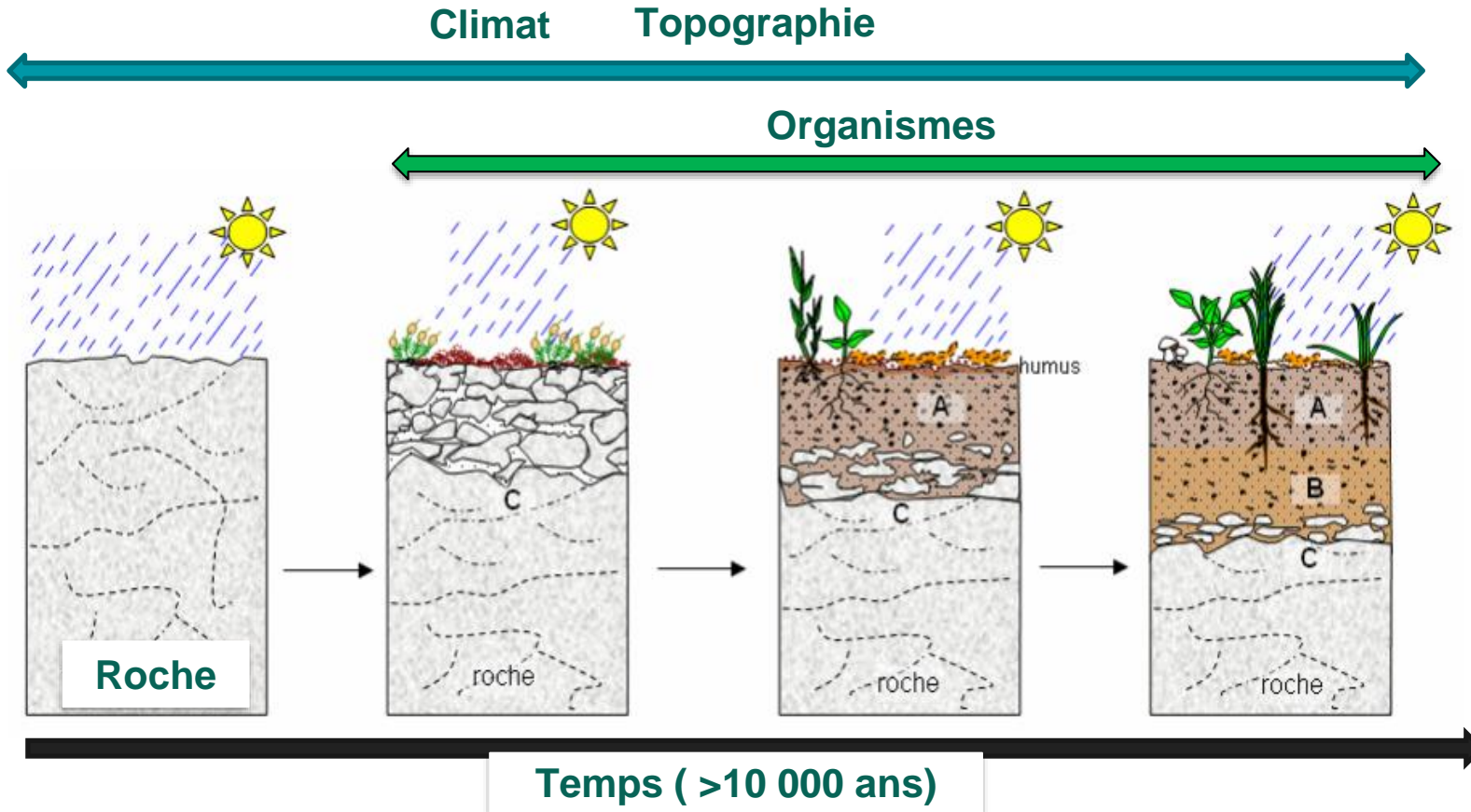


© JALABERT – 2016



© Inra Infosol, 2006

Comment se forme un sol ?



Pourquoi s'intéresser aux sols ?

Grande variabilité des sols

Nombreuses fonctions

production de biomasse, filtration, stockage, habitat, culturel...

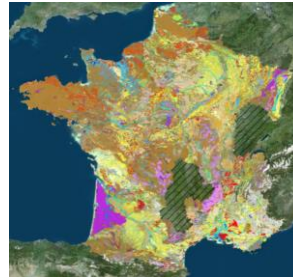
Ressource naturelle non renouvelable à l'échelle humaine

Soumise à de nombreuses pressions (érosion, artificialisation, pollutions...)

Nécessité de gérer ce patrimoine

... il faut les connaître

Pour préserver les sols...



**Cartographies
sur les sols**

Organisation de la présentation

- **Première partie**

- Le GIS Sol, ses programmes d'acquisition de données sols et les outils de diffusion associés
- Exemples de diffusion des données en région

- **Seconde partie**

- La Cartographie des Sols par Modélisation Statistique
- Le CES “Cartographie Numérique des Sols” Theia



Le GIS Sol : organisation actuelle



Né en 2001



Créé en 2001

Création de l'Unité de Service InfoSol (INRAE Val-de-Loire), coordinatrice des programmes du Gis Sol

Aujourd'hui = UR 1508 **Info&Sols** depuis 1er janvier 2023

www.gissol.fr

Les objectifs du



- ✓ Acquérir et capitaliser des données sur les sols de France et sur l'évolution de leurs qualités
- ✓ Réaliser des inventaires cartographiques et surveiller les sols de France
- ✓ Calculer des indicateurs et les communiquer
- ✓ Mettre à disposition les données et contribuer à l'expertise nationale/internationale

Complémentarité avec réseau d'acteurs sur les sols



Association Française
pour l'étude du sol

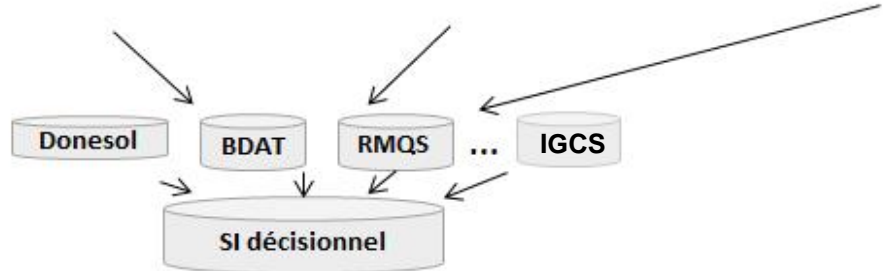


Un système d'information sur les sols

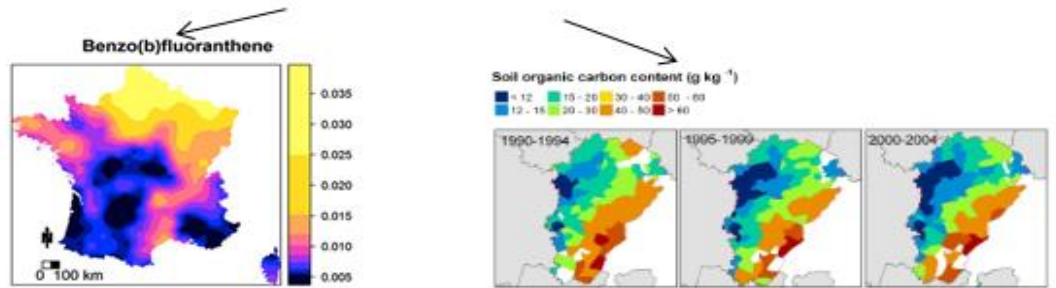
ACQUISITION DE DONNEES



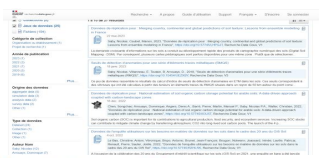
CAPITALISATION DE DONNEES



EXPLOITATION DE DONNEES et diffusion



Dataverse et IDG



Villaneau et al. 2013, Environ.Chem.Lett

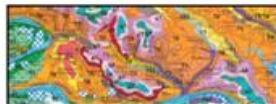
Saby et al. 2008, Soil Use and Management



Cinq grands programmes du **GisSol**

ACQUISITION DE
DONNEES

IGCS



RMQS



Améliorer la connaissance et la surveillance des sols de France



CAPITALISATION
DE DONNEES

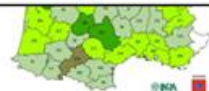
BDETM



BDAT



Capitaliser les analyses de sols réalisées en France



EXPLOITATION DE
DONNEES

BDSolU



BDSolU, Base de données des analyses de sols urbains - 2020

<https://www.bdsolu.fr/>

Base de Données Éléments Traces Métalliques

Pour en savoir plus : <https://www.gissol.fr/le-gis/programmes/base-de-donnees-elements-traces-metalliques-bdetm>

65

RMQS : Réseau de Mesures de la Qualité des Sols. Une campagne d'échantillonnage tous les 15 ans

Trois thématiques principales

• Carbone, eau et changement climatique

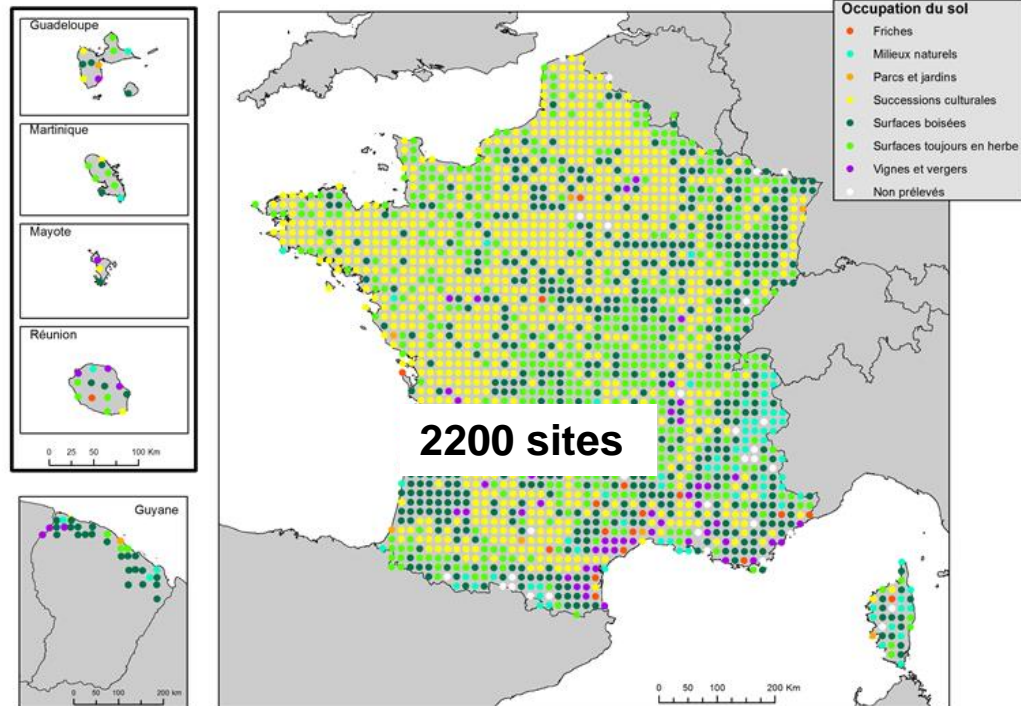
- Stocks de carbone de surface et profonds (RMQS2), qualité des matières organiques
- Réservoir en eau utilisable (RMQS2)

• Contaminants et santé

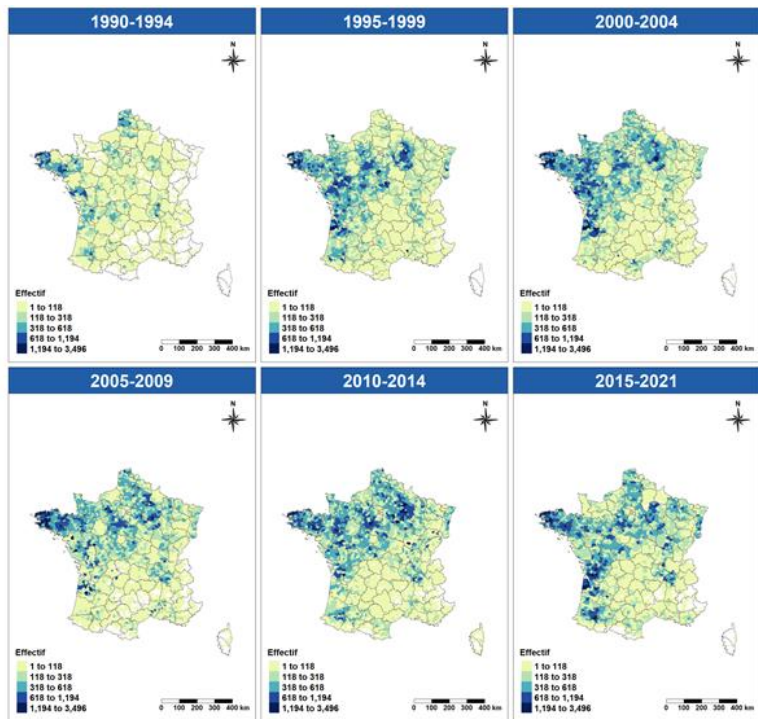
- Éléments traces : As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Tl, Zn . Radionucléides (*IRSN*)
- Micropolluants organiques : HAP, PCB, dioxines, furanes, OCP, herbicides
- *En test : phytopharmacovigilance (ANSES)*

• Biodiversité

- Richesse et diversité microbienne
- Activités enzymatiques (RMQS2)
- *En test : faune du sol et fonge (OFB)*



BDAT : Base de Données des Analyses de Terre



- **Collecter** de façon continue les milliers d'analyses de sols agricoles réalisées chaque année, par les laboratoires **agrés**

- **Transformer** des informations individuelles, isolées, dispersées et atemporelles en **bases de données géoréférencées et temporelles**

- **Développer des outils de suivi** de l'évolution de la qualité des sols

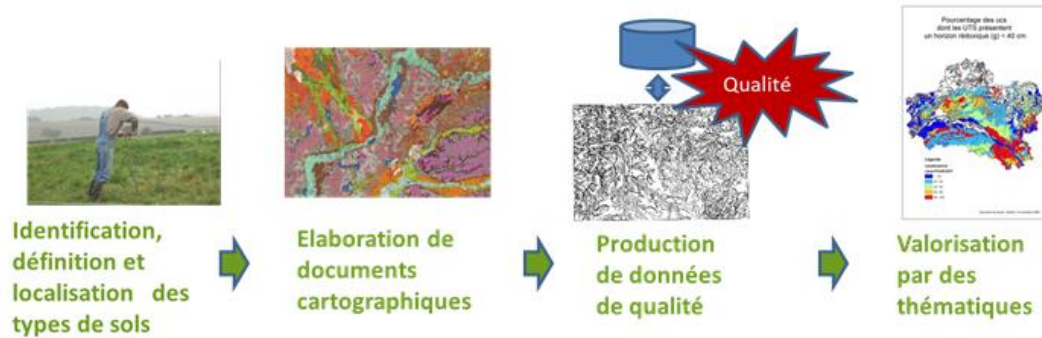
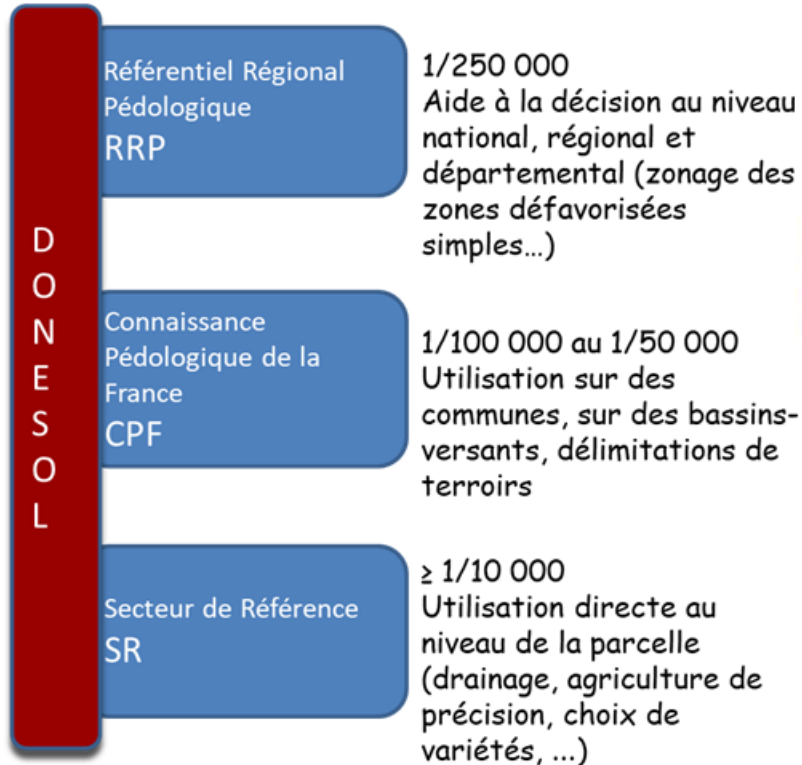
Base de données

3 263 718 lignes

42 M de résultats

30 années

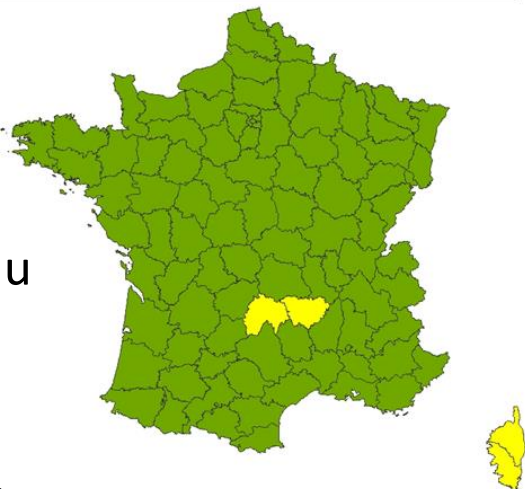
IGCS : Inventaire, Gestion et Conservation des sols




- Inscription dans le long terme (capitalisation progressive des données anciennes et nouvelles)
- Multi-échelle
- Capitalisation des données sol de toutes origines : vous pouvez tous contribuer à son enrichissement
- Utilisation d'un même langage pédologique
- Appui sur un réseau de partenaires
- Cadre scientifique national normé

Etat des lieux de la couverture cartographique des sols en France


Echelle 250 000



 Travaux en cours
(250 000)

Echelle 50 000 – 100 000



 Secteurs où l'information
Pédologique existe

Echelle < 50 000



Couverture nationale
quasi-complète au
1/250 000

Des zones à
échelles plus
précises

Laroche et al., 2014 Etude et Gestion des Sols
https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2017/09/EGS_21_1_2110_Laroche_125_140_web.pdf

Richer-de-Forges et al., 2014 Etude et Gestion des Sols
https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2017/09/EGS_21_1_2102_Richerdeforges_25_36.pdf

DoneSol : base de données nationale des sols



ACQUISITION DE
DONNEES

Centralisation des données
6 492 études pédologiques référencées
394 211 points d'observations

CAPITALISATION
DE DONNEES

Une interface de saisie : DoneSol-Web

Ouverture d'un compte sur simple demande
Données sauvegardées
Droits gérés
Format de données unique
Des vérifications de cohérence

Saisie et manipulation des données

Possibilité d'exports

no	no_strate	no_strat_int	nom_var	val_mod
1	1	1	ABONDANCE EG	5
1	2	2	ABONDANCE EG	0
1	3	3	ABONDANCE EG	0
2	1	4	ABONDANCE EG	5
2	2	5	ABONDANCE EG	5
2	3	6	ABONDANCE EG	5
3	1	9	ABONDANCE EG	5
3	2	10	ABONDANCE EG	5
3	3	11	ABONDANCE EG	5
4	1	12	ABONDANCE EG	5
4	2	13	ABONDANCE EG	5
4	3	14	ABONDANCE EG	5
5	1	15	ABONDANCE EG	5
5	2	16	ABONDANCE EG	0
5	3	17	ABONDANCE EG	0

Outil de recherche d'études pédologiques : REFERSOLS

ACQUISITION DE
DONNEES

CAPITALISATION
DE DONNEES

Refersols Répertoire national des études cartographiques de sol.

REIMS (51100) 🔍 🗺️ 🔄 Aide

Résultats

Afficher 100 éléments

N° étude	Titre	Echelle	Année
395	SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT ET D'URBANISME DE REIMS - ZONE D'APPLI NORD-CHAMPENOISE.	100000	1969
1189	ESQUISSE PEDOLOGIQUE : SDAU DE REIMS.	500000	1969
3025	ESQUISSE PEDOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DE LA MARNE.	250000	1975
22051	Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS)		
30022	Carte pédologique du département de la Marne	25000	2007
30169	BASE DE DONNEES GEOGRAPHIQUE DES SOLS DE FRANCE AU MILLIONIEME	1000000	
32160	Étude de la pédogénèse de différentes formations argilo-marneuses du quart Nord Est de la France		
32181	Carte pedologique schematique au 1/1 000 000 du Nord Est de la France	1000000	1960
32199	INVENTAIRE SIMPLIFIE DES SOLS CARACTERISTIQUES DE L'EST DU DEPARTEMENT DE LA MARNE (ZONE CRAIE EXCLUE)		
32246	REFERENTIEL REGIONAL PEDOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DE LA MARNE	250000	2017
	RENDZINES SUR CRAIE DE CHAMPAGNE ET SOLS ASSOCIES : ESQUISSE		

Détails

Departement	Surface	Zone de représentativité	Nombre d'observations	Programme
MARNE	182744 ha	-	360	IGCS - Référentiel Régional Pédologique

Étude au format papier Étude scannée Base de données vectorielle Base de données sémantique

Carte ①

- Identification d'une étude existante
- Envoi d'un message à info&sols@inrae.fr avec le n° de l'étude
- Indication des modalités de mise à disposition : envoi des données ou renvoi vers le propriétaire de l'étude

<https://www.gissol.fr/outils/refersols-340>

Outils de diffusion des données

ACQUISITION DE DONNÉES



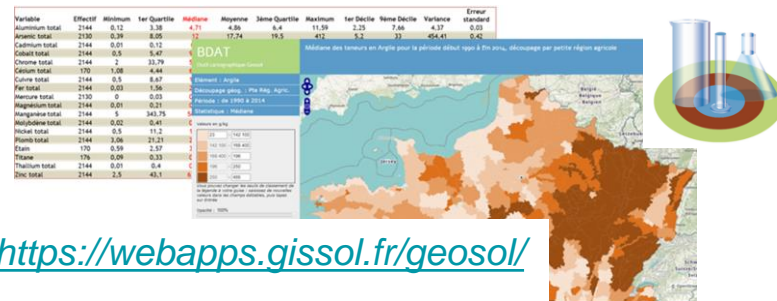
RMQS

Outil de consultation interactive des données

<https://traitementinfosol.pages.mia.inra.fr/statistiquesrmqs/#description-des-donn%C3%A9es>

BDAT

Visualiser les statistiques sur les analyses de sols



CAPITALISATION DE DONNÉES

RDV RMQS2

2 & 3 février 2023



<https://www.gissol.fr/?s=RMQS+Rendez-vous>

<https://webapps.gissol.fr/geosol/>

Dataverse du Gis Sol: entrepôt de données

Dataverse du Gis Sol

<https://entrepot.recherche.data.gouv.fr/dataverse/gissol>

Catégorie de collection
Organisation ou établissement (1)
Préjet de recherche (1)
Année de publication
2022 (1)
2022 (3)
2021 (1)
2020 (2)
2019 (4)
Type de données
Dataset (24)
Collection (1)
Image (1)
Other (1)
Auteur Nom
Sibely Nicolas (12)
Arnozon Dominique (7)

27 mai 2023
Sibely Nicolas, Cabral, Maxon. 2023. "Comptes de répartition pour Mapping country, continental and global products: Lessons from ensemble modeling in France". <https://doi.org/10.7554/OSF.IO/8698>. Recherche Data Gouv V3
La demande croissante d'informations sur les sols a conduit au développement rapide des produits de cartographie Mapping CGM). Par conséquent, plusieurs cartes pédologiques sont parties des données pour une même zone.
Sibely Nicolas, Wiermeur, E. Toulon, D. Arnozon, G. 2019. "Outils de sélection de données pour une plateforme de données de sols". Recherche Data Gouv V2
L'efficacité de seuils de détection d'anomalies en ETM dans les sols. Ces seuils sont un élément clé des RRMQS situés dans un rayon de 50 km autour de la zone d'étude.
16 déc. 2022
Olivier, Songchiao, Arnozon, Dominique, Arnozon, Denis A., Baril, Pierre, Martin, Marcel P., Sibely Nicolas, P.A. Wiermeur. "Comptes de répartition pour Mapping country, continental and global products: Lessons from ensemble modeling in France". <https://doi.org/10.7554/OSF.IO/8698>. Recherche Data Gouv V1
Soil organic carbon (SOC) is important for its contributions to agriculture production, food security, and ecosystem services. Its increasing presence can contribute to mitigate climate change by transferring atmospheric CO2 into long-lived soil carbon pools. The search of the 4 p.
Données de l'entrepôt utilisatrices sur les besoins en matière de données sur les sols dans le cadre des 20 ans du GIS Sol.
4 oct. 2022
La Bar, Christine, Arnozon, Dominique, Baril, Jean-François, Bouquet, Nicolas, Jussiant, Bénédicte, Laville, Patricia, Renault, Pierre, Sauter, Joëlle. 2022. "Comptes de répartition utilisateurs sur les besoins en matière de données sur les sols dans le cadre des 20 ans du GIS Sol". <https://doi.org/10.7554/OSF.IO/8698>. Recherche Data Gouv V1
A l'occasion de la célébration des 20 ans du Groupement d'intérêt scientifique sur les sols (GIS Sol) en 2021, une enquête en ligne a été lancée

2022

Nb de consultations : 18 844
Nb de téléchargements : 4 386

EXPLOITATION DE DONNÉES

Infrastructures de Données Géographiques :

AgroEnvGeo

ACQUISITION DE
DONNEES

CAPITALISATION
DE DONNEES

EXPLOITATION DE
DONNEES

INRAE catalogue visualiseur services

Agroenvgeo (INRA) Rechercher

Q. Filtre

Déplier Réduire

○ TYPE DE RESSOURCE

- Jeu de données (365)
- Service (1)
- Service-view (1)

○ TYPE D'INTERACTIONS

- Visualisable (318)
- Téléchargeable (264)

○ THÈMES

- Environnement (325)
- Informations géoscientifiques (237)
- Agriculture (41)
- Imageries/Cartes de base/Occupation d... (4)
- Limites (2)

1 plus

○ MOTS-CLÉS

- Environnement (325)
- Sols (324)
- Informations géoscientifiques (237)
- France (190)
- RMQS (152)

10 plus

○ CONTACT DE LA RESSOURCE

- I.M.D. 11616 S.A.S. INRA - Amnicartonne (105)

Propulsé par GeoNetwork 3.8.2.SNAPSHOT

À propos

Github

API

Partager

Twitter

LinkedIn

Facebook

Google+

Print

Carte de la Réserve Utile en eau issue de la Base de Données Géographique des...



Cette carte donne la classe de réserve utile en eau dominante par Unité Cartographique de Sol de la Base de Données Géographique des Sols de France à 1/1 000 000. La carte des réserves en eau utile de la France métropolitaine montre

Finale

Pédologie - Les sols dominants en France métropolitaine



Le sol joue un rôle essentiel dans le fonctionnement et la structure des écosystèmes terrestres. Il représente une zone d'échanges entre les différentes composantes du globe à savoir l'hydrosphère, la lithosphère, la biosphère

Mise à jour continue

Carte du nom de sol dominant en WRB issue de la Base de Données Géographique...



Cette carte correspond à la traduction à dire d'expert, dans la nomenclature du World Reference Base of Soil Resources (version 2008), du nom du sol dominant de chaque Unité Cartographique de Sol de la Base de Données

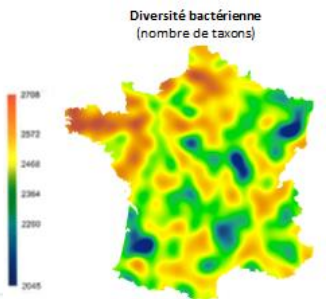
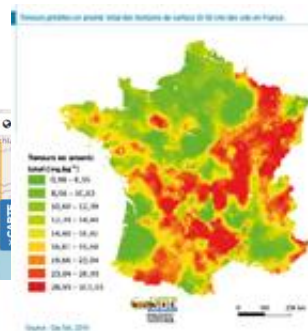
Finale

La carte nationale des stocks de carbone des sols intégrée dans la carte...



La carte de la France métropolitaine des stocks de carbone des sols préparée par l'INRA dans le cadre du projet mondial piloté par le Partenariat Mondial pour l'Organisation des Sol

Finale



<https://agroenvgeo.data.inra.fr/geonetwork/srv/fre/catalog.search#/home>

La diffusion des Référentiels Régionaux Pédologiques

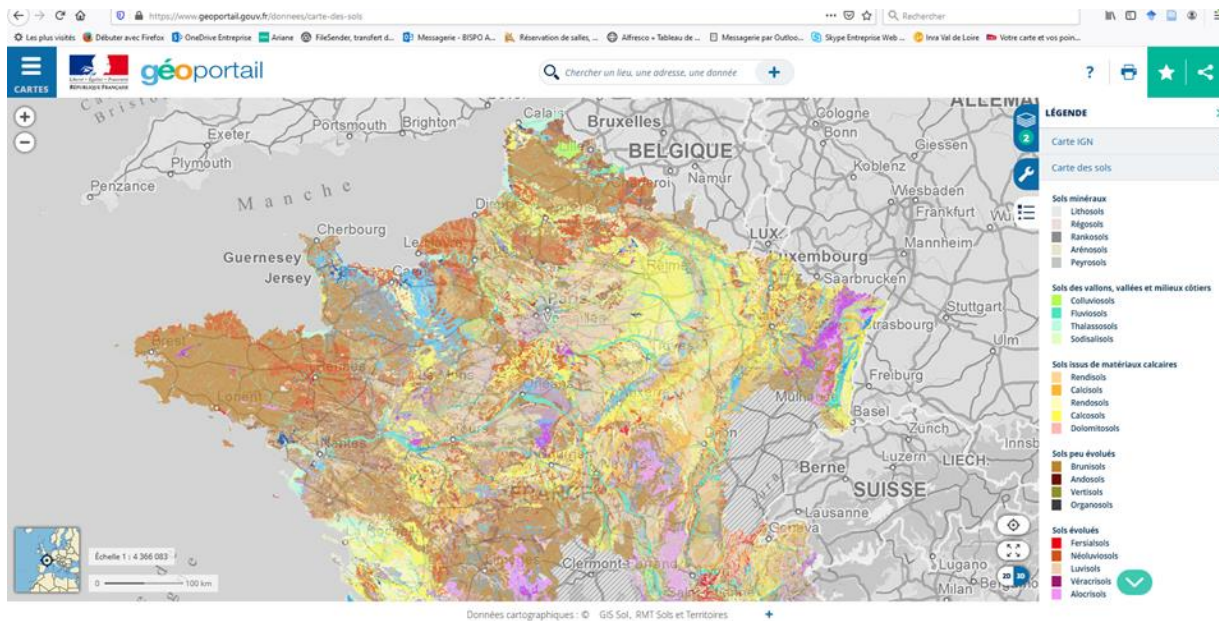
ACQUISITION DE
DONNEES

CAPITALISATION
DE DONNEES

EXPLOITATION DE
DONNEES

Plateforme nationale : le Géoportail

La carte des sols dominants en France métropolitaine, produite à partir des RRP



<https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/carte-des-sols>

La diffusion des Référentiels Régionaux Pédologiques

Exemples de valorisation



Portail thématique Sols

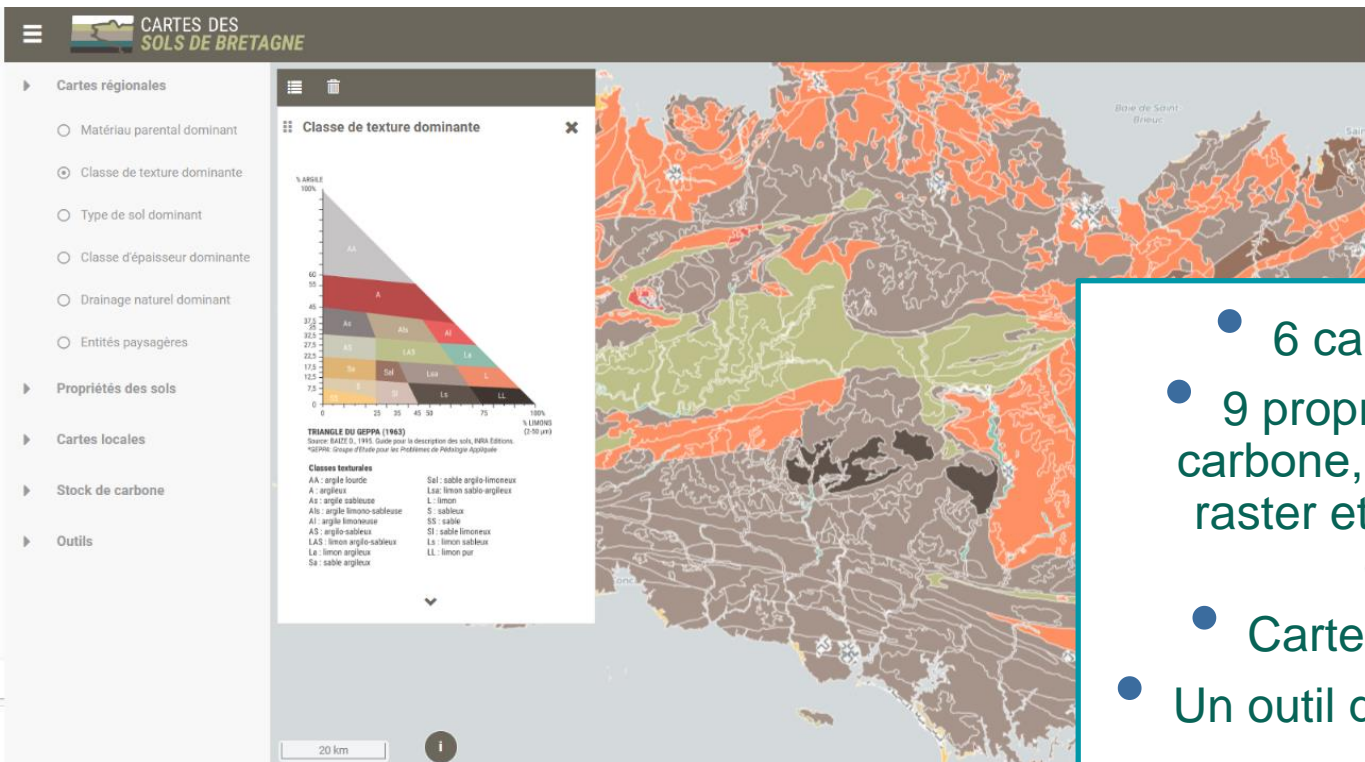
<https://sols-de-bretagne.fr/>



Visionneuse cartographique



Visualiseur
cartographique
dynamique -
MViewer



- 6 cartes thématiques
- 9 propriétés des sols (pH, carbone, érosion...) au format raster et vecteur (agrégation communale)
- Cartes locales précises
- Un outil d'aide à l'identification des sols

Les partenaires du projet :

La diffusion des Référentiels Régionaux Pédologiques

Exemples de valorisation



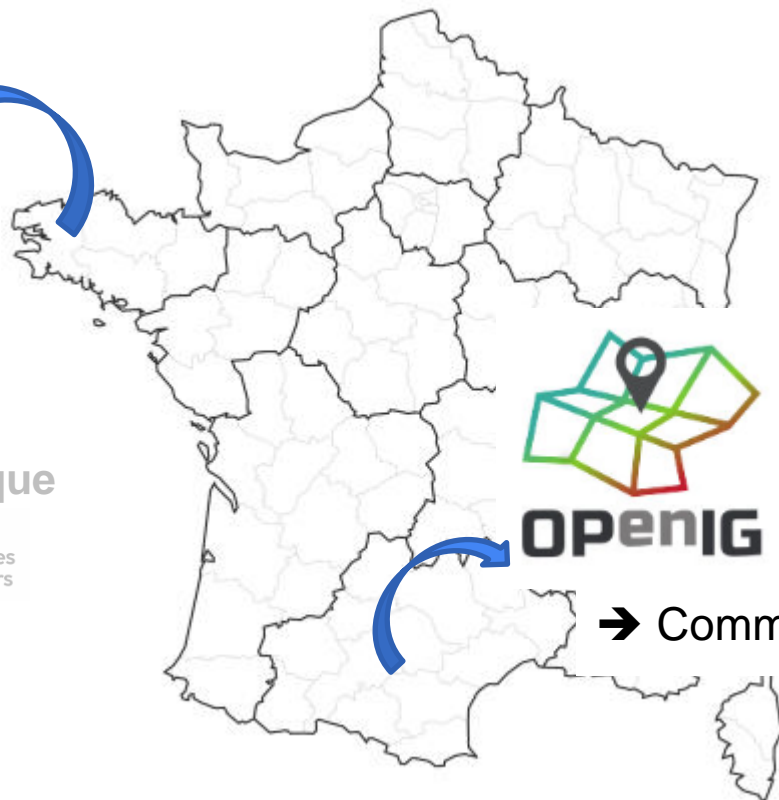
Portail thématique Sols
<https://sols-de-bretagne.fr/>



Visionneuse cartographique



→ Communication suivante



La diffusion des Référentiels Régionaux Pédologiques

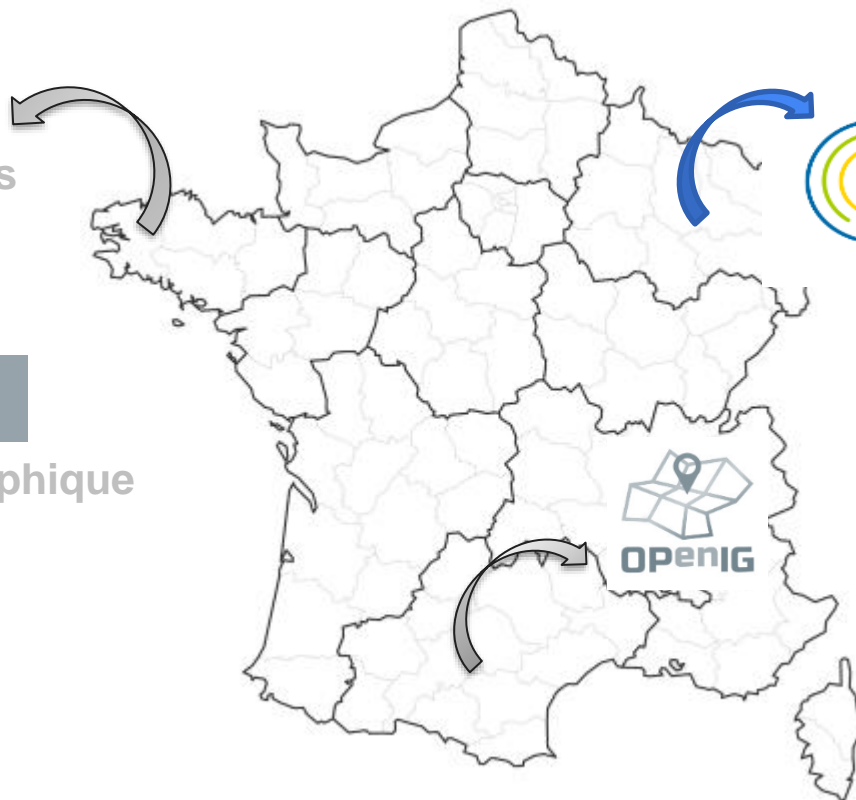
Exemples de valorisation



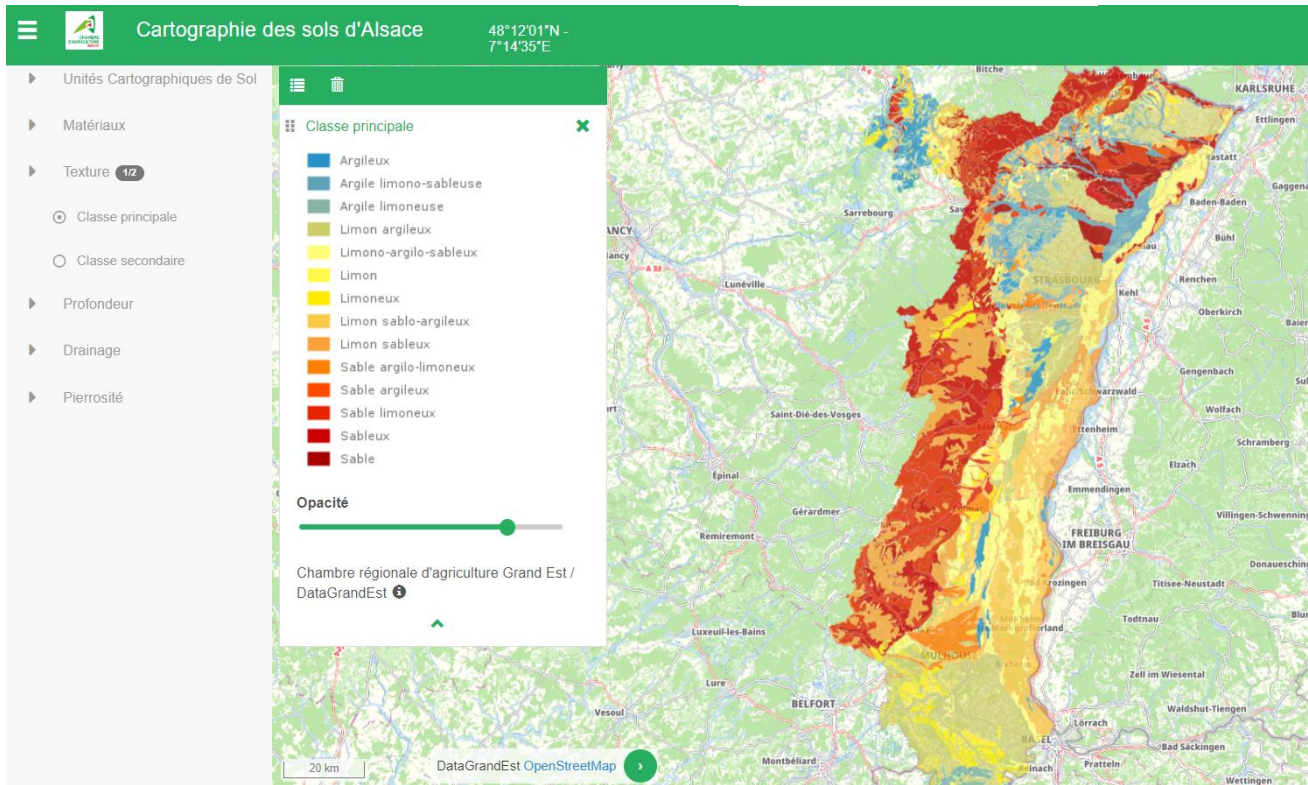
Portail thématique Sols
<https://sols-de-bretagne.fr/>



Visionneuse cartographique



Sols d'Alsace sur



Visualiseur
cartographique
MViewer, simplifié

6 cartes thématiques
➔ un service pour
faire connaître et
faciliter l'utilisation
des données sols

<https://www.datagrandest.fr/mviewer/?config=partenaires/crage/config.xml#>

La diffusion des Référentiels Régionaux Pédologiques

Exemples de valorisation



Visionneuse cartographique



PIGMA



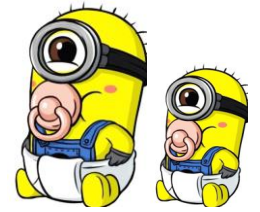
BORDEAUX
SCIENCES
AGRO

Sol@d'R

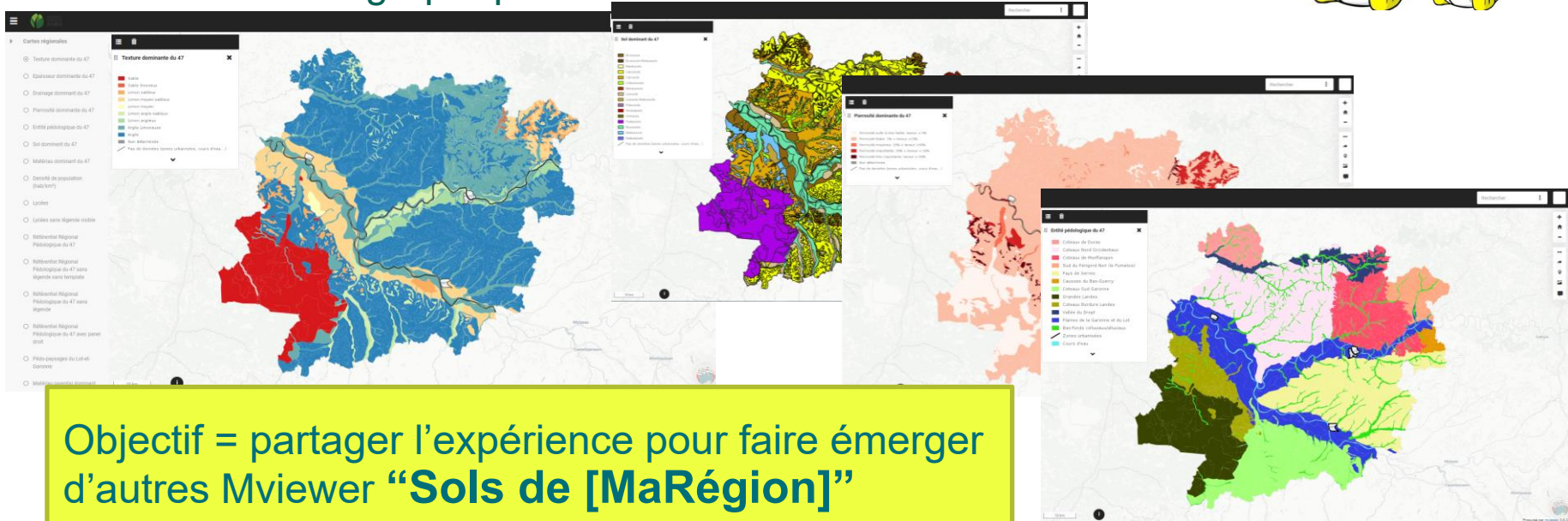
Soutien à la diffusion
des Référentiels Régionaux Pédologiques



Sols de Nouvelle-Aquitaine



1. Visualiseur cartographique MViewer



2. Fournir un calculateur automatique de propriétés des sols :

➔ de l'importation des données à la mise en forme cartographique de l'indicateur

Conclusion de la première partie

- Gis Sol = entité nationale de gestion du système d'informations sur les sols de France
- Unité coordinatrice des programmes du Gis Sol = **Inrae Info&Sols**
- Dynamique en lien avec réseaux des acteurs liés aux sols : AFES, RNEST, RMT Sols et Territoires...

- Pool de données sur les sols qui s'enrichit, de plus en plus accessible
- Enjeux de partage et de mutualisation d'outils de valorisation et de diffusion de ces données.
- Besoins croissants en indicateurs de propriétés des sols pour répondre aux enjeux de gestion des territoires : multifonctionnalité, qualité, santé des sols...
 - ➔ Une autre méthode cartographique pour y répondre ? La CSMS = la cartographie des sols par Modélisation Statistique



La cartographie des sols par modélisation statistique

Des outils de traitement des données sols avec la cartographie des sols par modélisation statistique

$$\text{Sol} = f(\text{S, C, O, R, P, A, N}) + \epsilon$$

d'après McBraney *et al.*, 2003
Geoderma

Fonction de
prédiction
(modèles...)

Sol

Climat

Êtres
vivants

Relief

Géologie/
Lithologie

Temps



Localisation
XY

Erreur
estimée

Données spatiales sur les sols :
sites observés/mesurés, cartes
pédologiques

Données spatiales sur les déterminants de
la variabilité des sols (« covariables »)

Cartes de prédiction de propriétés de sols (France entière ou
régionales) + quantification de l'incertitude



Des méthodes « ouvertes » et adaptables aux données disponibles



Définir une zone d'intérêt

Assembler les covariables environnementales

Quelles sont les données pédologiques disponibles ?

Vérifier la qualité des données de sol et de la couverture dans l'espace des covariables

Cartes des sols détaillées avec légendes et données ponctuelles de sol

Couverture complète ?

Oui

Non

Cartes des sols :

- Moyenne pondérée spatialement
- Désagrégation spatiale

Données de sol :

- krigeage SCORPAN

Données ponctuelles de sol

SCORPAN
Krigeage

Extrapolation de domaines de référence

Cartes des sols détaillées avec légendes

Couverture complète ?

Oui

Non

- Moyenne pondérée spatialement
- Désagrégation spatiale

Pas de données sur les sols

Homosoil

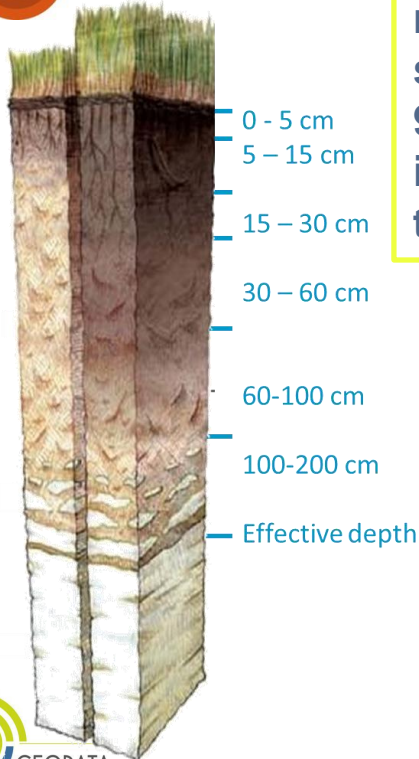
Extrapolation de zones de référence
Moyenne pondérée spatialement

Augmentation de l'incertitude dans les prédictions

(dépend de la qualité des données et de la complexité de la couverture du sol)

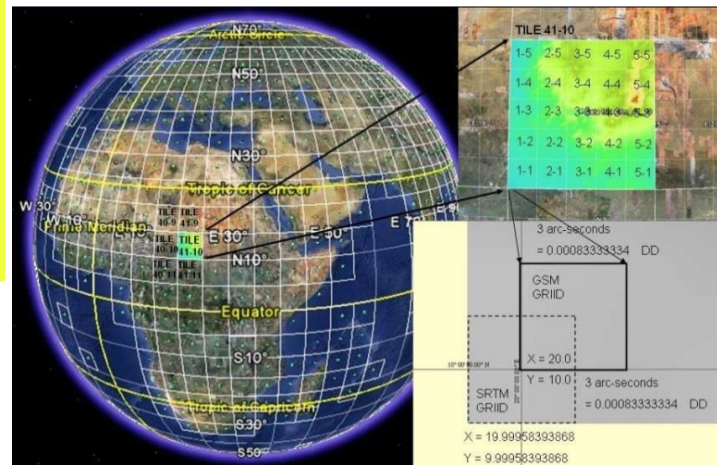
Le programme mondial de cartographie des sols : *GlobalSoilMap*

Global SoilMap



Délivrer une base de données numériques de propriétés des sols du monde, au pas de 90x90m, assorties de leurs incertitudes, librement téléchargeable.

- Calé sur la grille SRTM -90-m
- Monde entier
- 18 milliards de points et de blocs (66,5 M en France)
- Prédiction ponctuelle et par cellule
- Des propriétés quantifiées
- Essentielles à la modélisation dans l'espace et le temps
- Evolutif avec l'intégration de nouvelles données ou de nouvelles méthodes
- Plus facile à harmoniser que les cartes conventionnelles
- Facile à croiser avec d'autres sources d'information spatiale

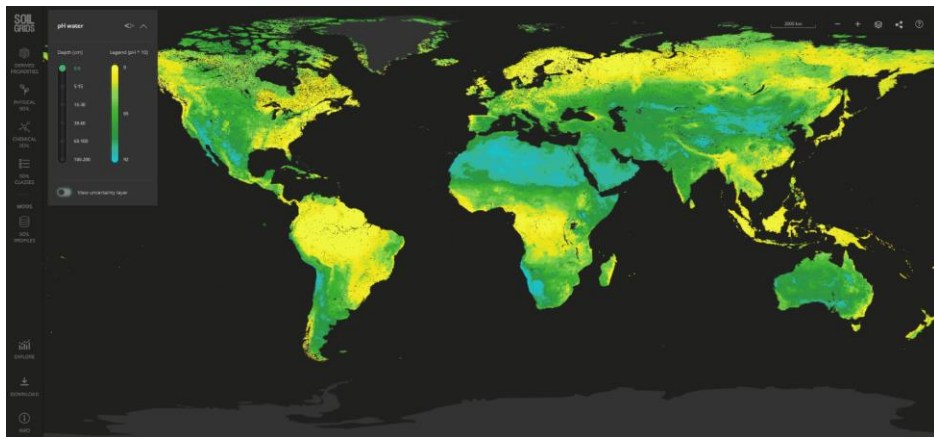


Des produits mondiaux et continentaux

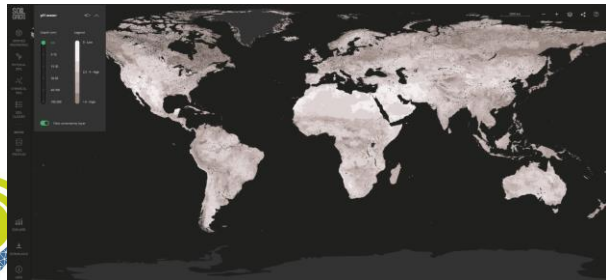
Sur le monde entier : SOILGRIDS

<https://soilgrids.org/>

Exemple : pH_{eau} pour la couche 0-5 cm

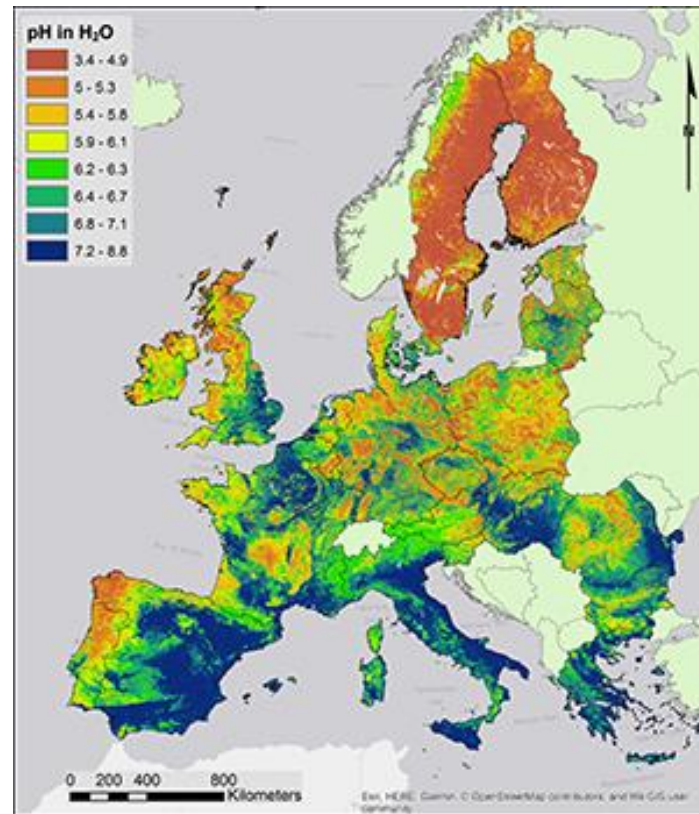


et son incertitude associée :



Sur l'Europe : LUCAS Soil

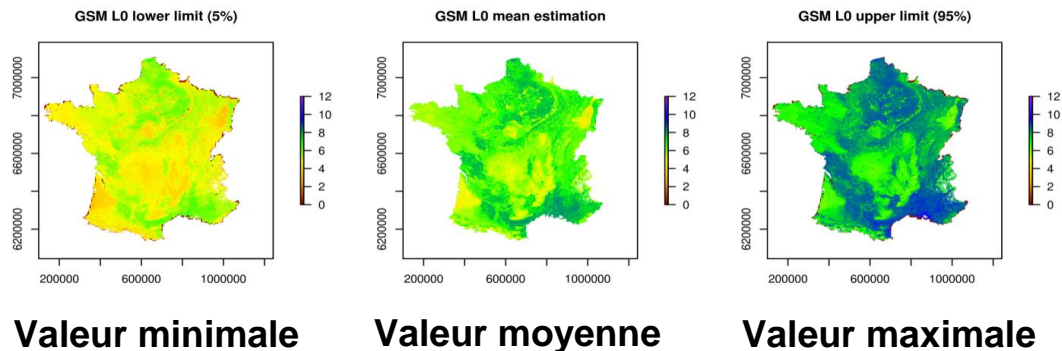
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/lucas>



Global SoilMap

Les produits du programmes *GlobalSoilMap* en France

Exemple du pHeau 0-5 cm



Source : *Mulder et al., 2016 Science of the Total Environment*
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.066>

Exemple de la texture de surface des sols :

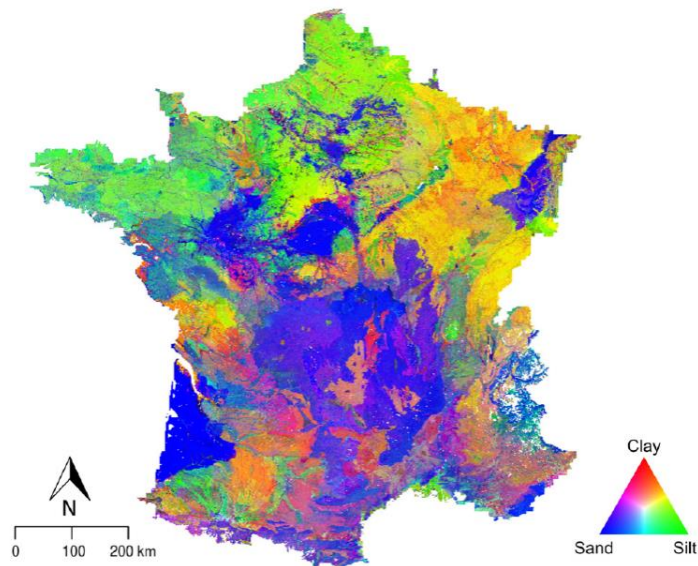


Fig. 8. Red/green/blue composite of predicted soil textures (g/kg) for GSM depth layer L0.



Le Centre d'Expertise Scientifique (CES) "Cartographie Numérique des Sols" Theia

Regroupe les experts français en cartographie numérique des sols



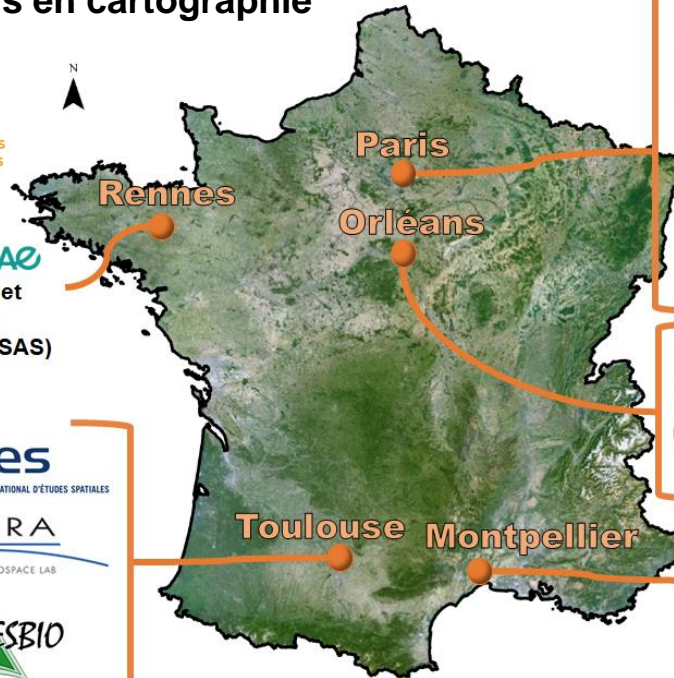
En lien avec :



UMR Sol, Agro et hydrosystème, Spatialisation (SAS)



Centre d'Études Spatiales de la Biosphère



Source du fond de carte : Cartes-2-france.com (<http://www.cartes-2-france.com>)

UMR Écologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes (EcoSys)



université AgroparisTech PARIS-SACLAY

Institut de Physique du Globe de Paris



Info&Sols



Geoscience for a sustainable Earth
brgm

UMR Laboratoire d'Étude des Interactions entre Sol-Agroécosystème-Hydrosystème

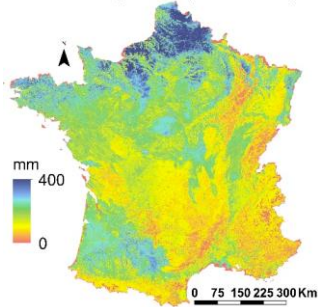


Le Centre d'Expertise Scientifique (CES) "Cartographie Numérique des Sols" Theia

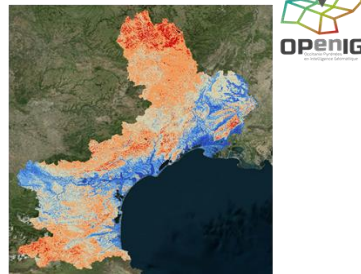
- ❖ Fédérer les efforts de recherche sur les verrous méthodologiques à lever
- ❖ Elaborer les produits *GlobalSoilMap* sur les territoires national régionaux



Réservoir en eau utile (RU) des sols de France métropolitaine (en mm d'eau)

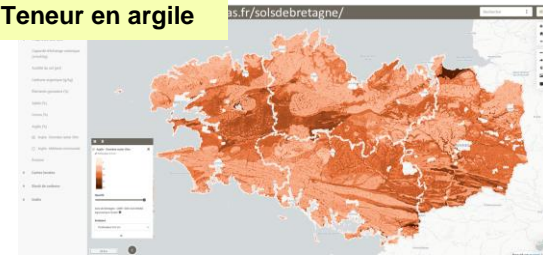


Réservoir en eau utile (RU) des sols en Languedoc-Roussillon

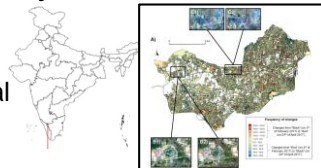


<https://geosas.fr/solsdebretagne/>

Teneur en argile



- ❖ Organiser le transfert de compétence vers des acteurs intervenant aux échelles plus locales et les pays du Sud



<https://cartograph-e.hub.inrae.fr/>

Gomez C. et al. (2021). Geoderma Regional
doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00389

Conclusion

- Les **programmes du GIS Sol** sont focalisés sur l'acquisition de données sur les sols à différentes échelles et sur leur capitalisation au sein de la base de données nationale sur les sols (**DoneSol**).
- Ces programmes sont valorisés à travers des **cartographies de sols ou de propriétés de sols** disponibles *via* le Géoportail et différentes plateformes régionales.
- La **cartographie des Sols par Modélisation Statistique** valorise ces données et produit des cartes de propriétés de sols assorties d'incertitudes.
- Le **CES « Cartographie Numérique des Sols » Theia** fédère l'ensemble des acteurs français pour accélérer cette valorisation. En lien avec le **RMT Sols et Territoires**, il participe au transfert de compétences vers la communauté francophone.

En savoir plus :
www.geodatadays.fr
contact@geodatadays.fr