

**Vers une base de données
mondiale des propriétés des sols ?**

GlobalSoilMap

**Objectifs, Spécifications,
Organisation, Exemples, Pistes
pour le futur...**

Commençons par la conclusion :

***GlobalSoilMap is the most exciting project
in soil science today !***

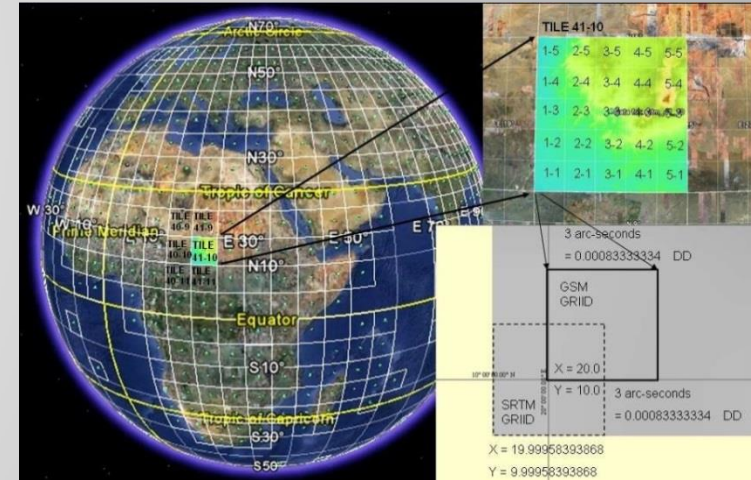
(Hempel et al., 2013)

Que voulons-nous faire ?

- ▣ **Délivrer une base de données numériques de propriétés des sols du monde au pas de 90x90-m, assorties de leurs incertitudes, et librement téléchargeable.**

Le “produit”

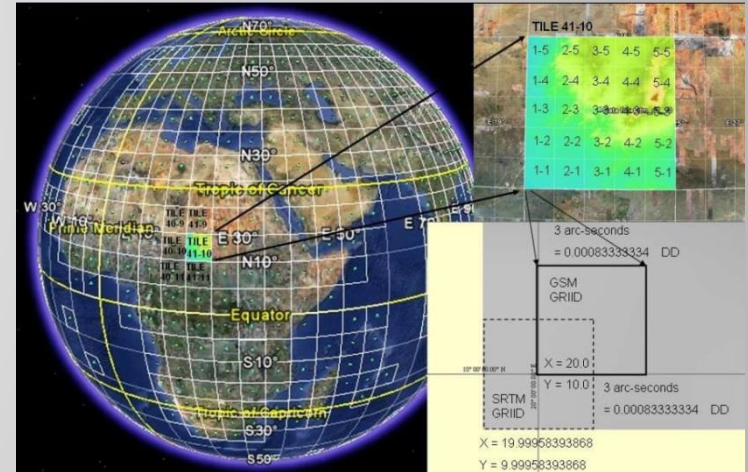
- ▣ Calé sur la grille SRTM -90m
- ▣ Monde entier
- ▣ 18 milliards de points et de blocs
- ▣ Prédiction ponctuelle et par cellule
- ▣ 0-5, 5-15, 15-30, 30-60, 60-100 et 100-200 cm
- ▣ Des propriétés quantifiées
- ▣ Essentielles à la modélisation dans l’espace et le temps
- ▣ Evolutif, avec l’intégration 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



Les données obligatoires

- ▣ Argile, Limons, Sables, Eléments grossiers
- ▣ Carbone organique (teneur)
- ▣ pH
- ▣ CEC
- ▣ Profondeur totale
- ▣ Profondeur effective
- ▣ Masse volumique de la terre fine
- ▣ Masse volumique totale
- ▣ Réservoir en eau utilisable

- ▣ Liste non limitative



▣ Autres candidats souvent cités : CaCO_3 , conductivité électrique, phosphore, type d'horizon diagnostique ou type de sol WRB ou ST.

▣ Prédictions moyennes + incertitudes (intervalle de confiance à 90% (tier1 et 2); + fonction de probabilité (tier3 et 4) + validation par un échantillonnage probabiliste externe (tier 3 et 4)

▣ Méthodes renseignées et reproductibles

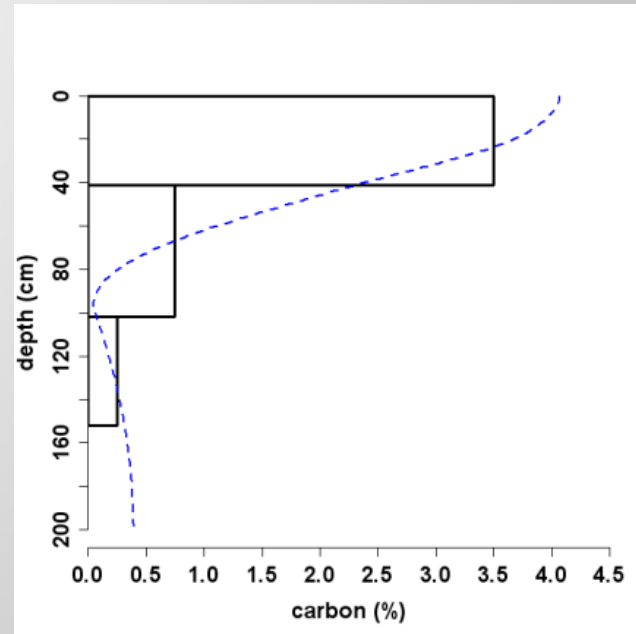
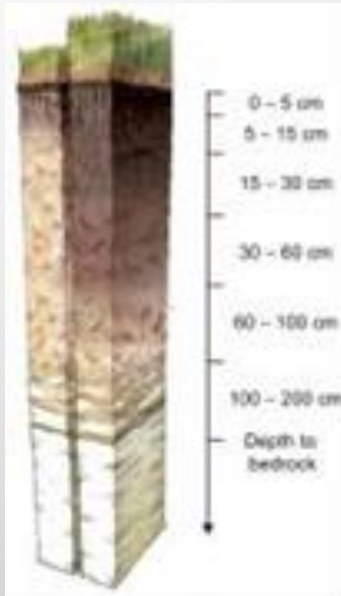
Comment ?



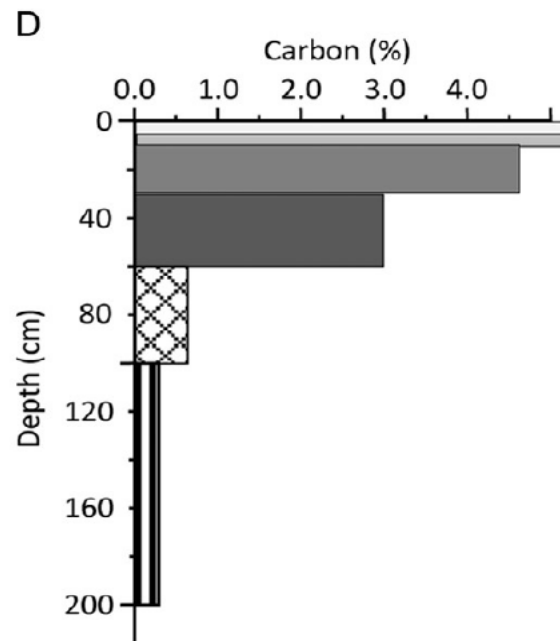
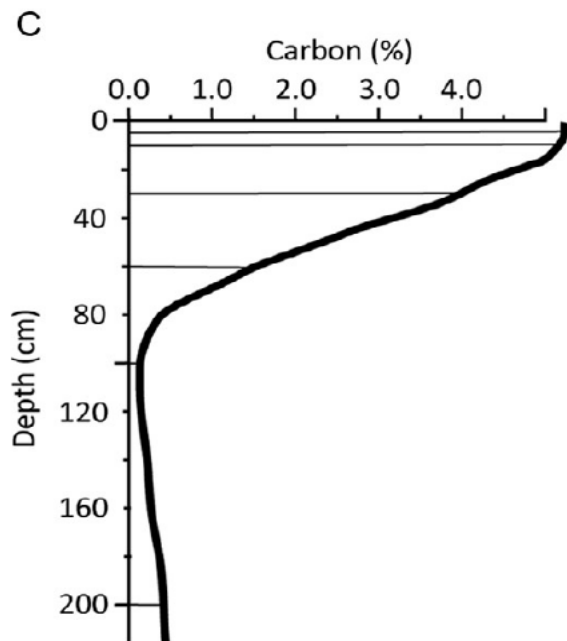
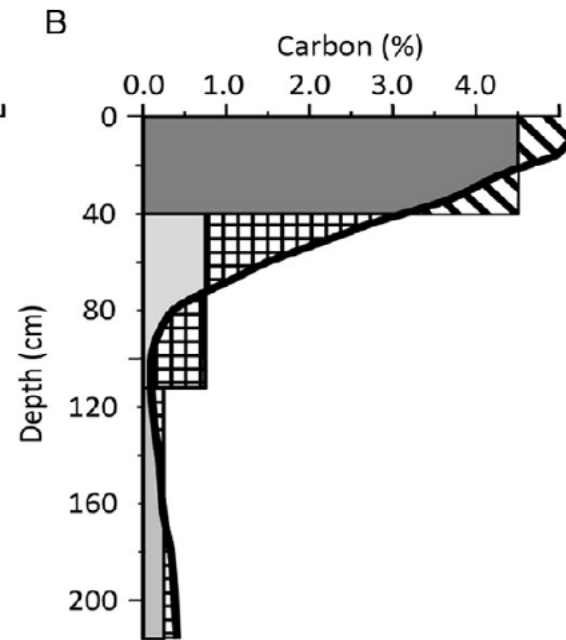
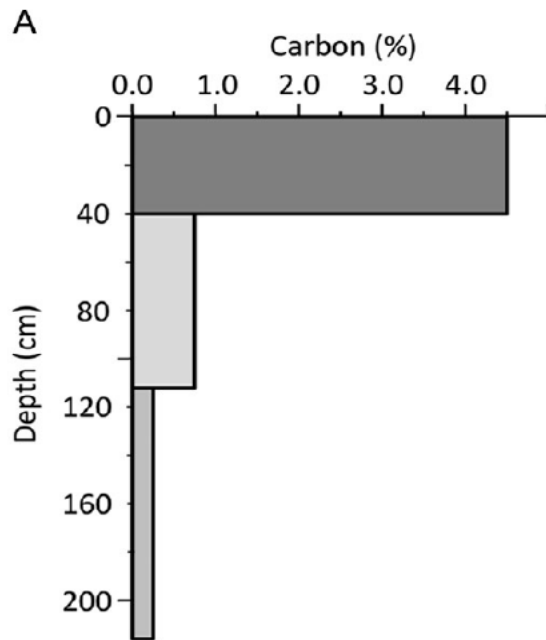
Specifications

Version 1 *GlobalSoilMap.net*

Des profondeurs standards



Equal area quadratic splines (Bishop et al, 1999, geoderma)



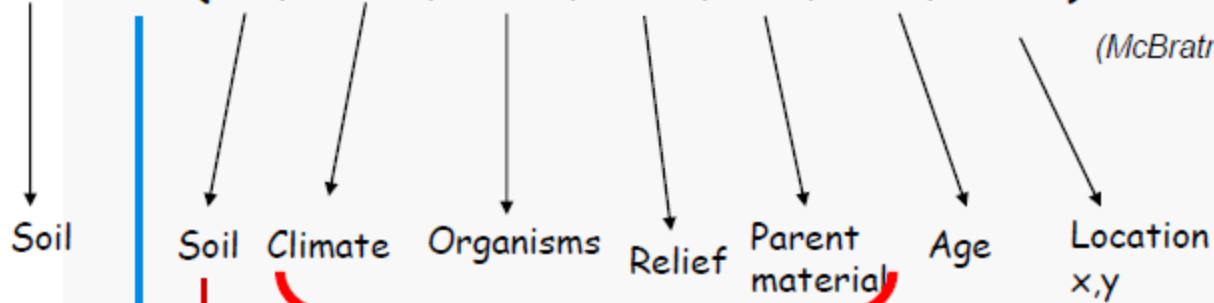
L'utilisation de la cartographie numérique

Digital Soil Mapping : The general principle



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

(McBratney et al, 2003)



Spatial data on soil forming factors

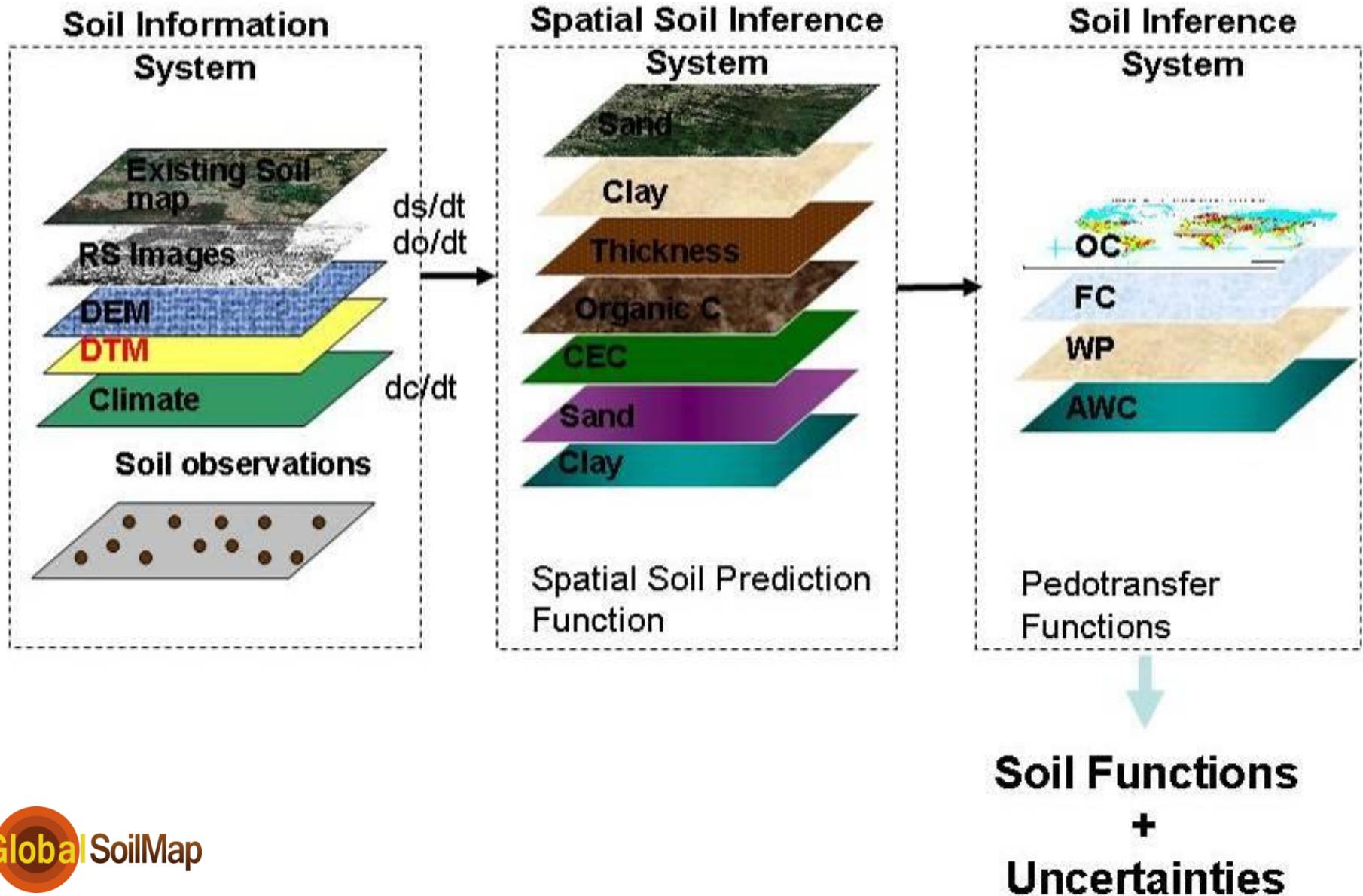
Legacy soil data (soil profiles, soil maps)

Spatial Sampling

Soil sensing

Spatial inference models

Principles



Choisissez la méthode
en fonction de vos données !

Define an area of interest

Assemble environmental covariates

Which soil data are available?

Assign quality of soil data and coverage in the covariate space

Detailed soil maps
with legends
and Soil Point data

Full Cover?

Yes

No

Soil maps:
-Spatially weighted mean
-Spatial disaggregation
Soil data:
- *scorpan* kriging

Extrapolation from
reference areas:
-Soil maps
-Soil point data

Soil Point data

scorpan
kriging

Detailed soil maps
with legends

Full Cover?

Yes

No

-Spatially weighted mean
-Spatial disaggregation

Extrapolation from
reference areas
Spatially weighted mean

No data

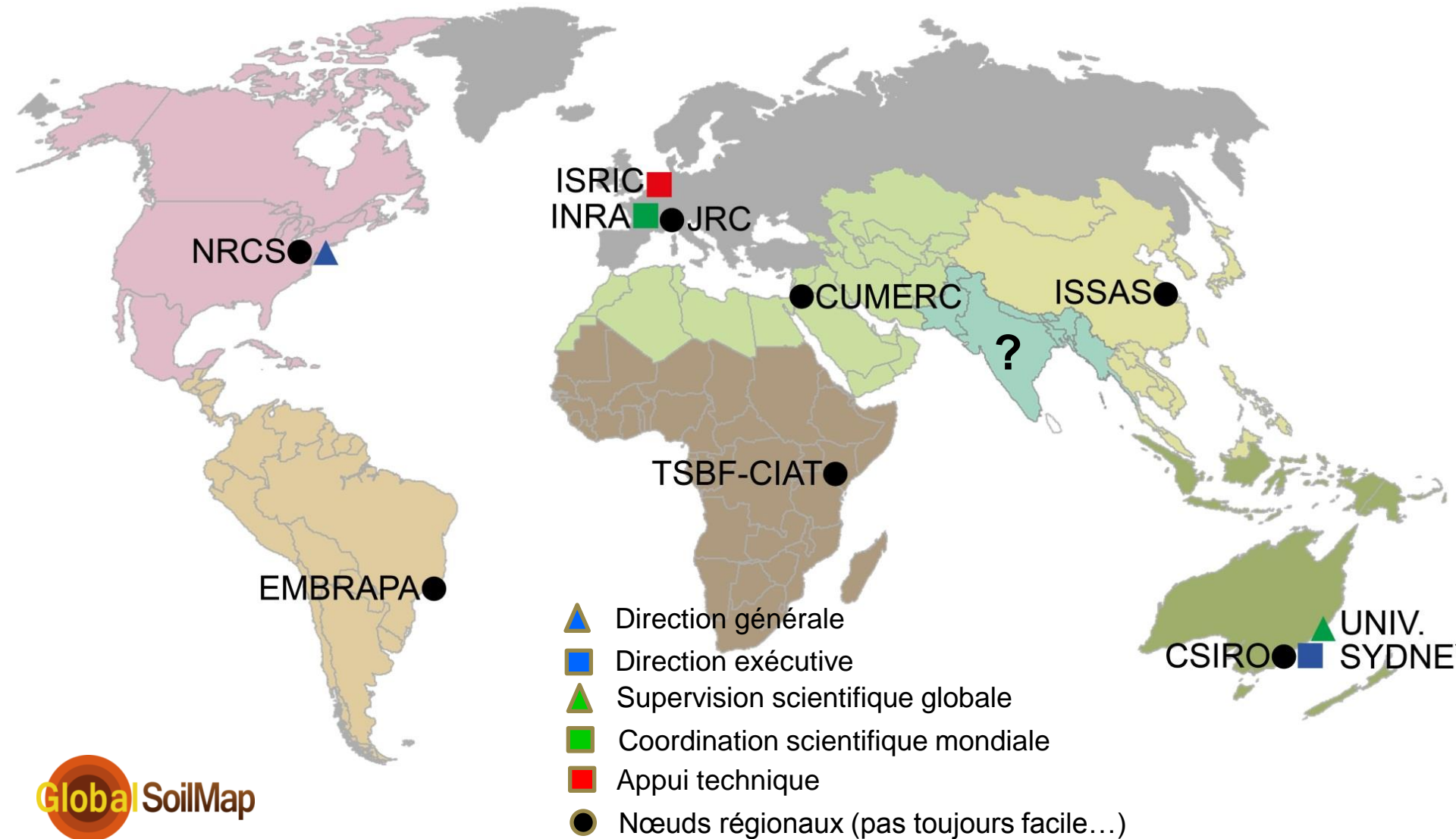
Homosoil

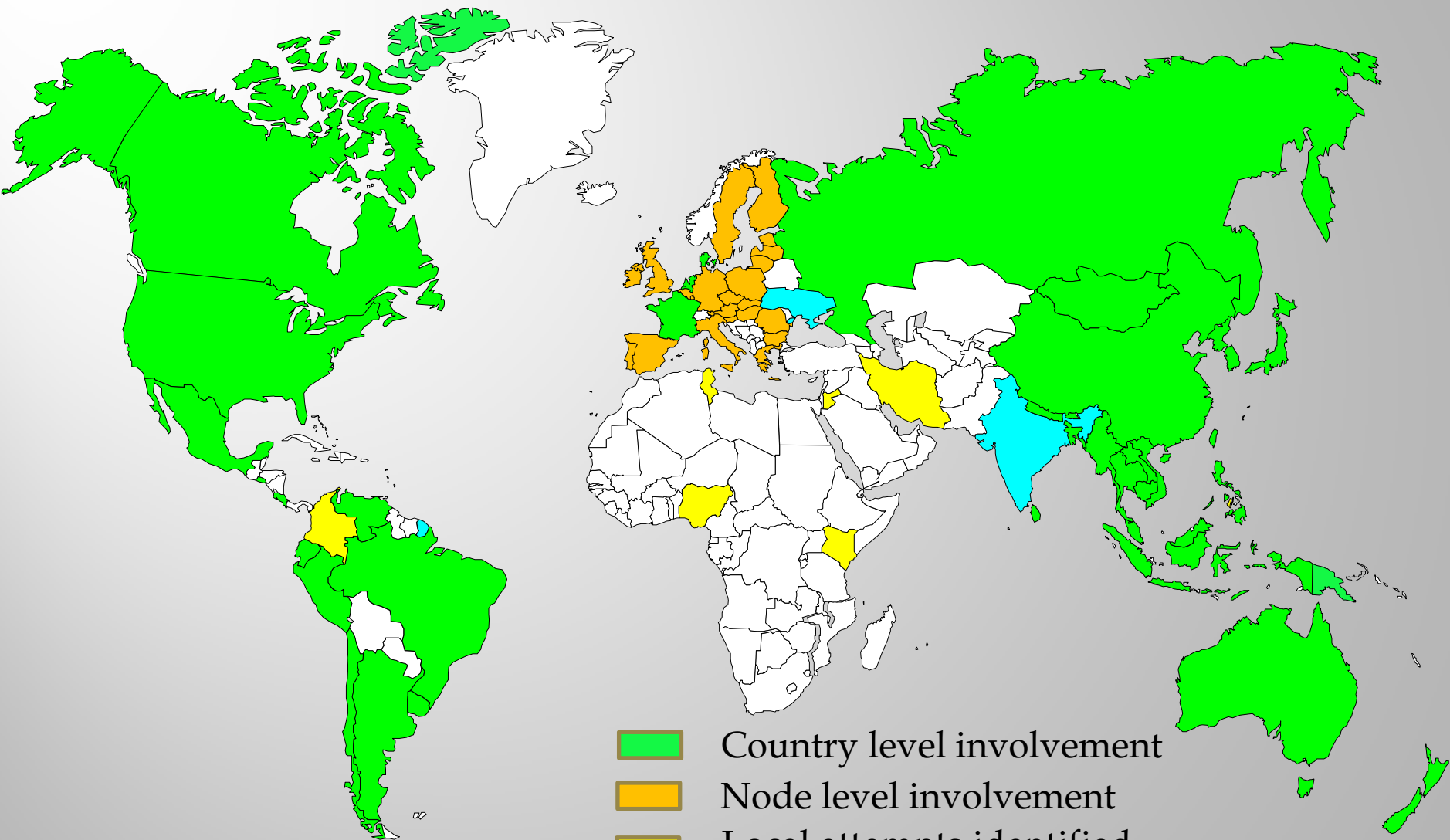
Increasing uncertainty in prediction





(depends on the quality of data and complexity of soil cover)

Qui fait quoi ?

Le consortium





-  Country level involvement
-  Node level involvement
-  Local attempts identified
-  Expression of interest

+ World level ISRIC SoilGrid

- ⇒ Il y aura un produit *GlobalSoilMap* européen librement diffusé fin 2015. On ne pourra empêcher personne de « zoomer » !
- ⇒ Ce produit sera entaché de fortes incertitudes et biaisé.
- ⇒ Il y a déjà un produit 1-km à l'échelle du monde. Qui passera progressivement à 250-m, puis à 90-m, **il sera pire !**
- ⇒ **Le produit *GlobalSoilMap-France* est quasi terminé**, il utilise (mais ne diffusera pas) les données ponctuelles de DoneSol et des variables externes libres d'accès, mais n'utilise pas les UCS des RRP ni des autres échelles (sauf le 1:1M)
- ⇒ **On peut donc certainement faire mieux aux échelles départementales et régionales !**

*Quelques exemples de produits
GlobalSoilMap*

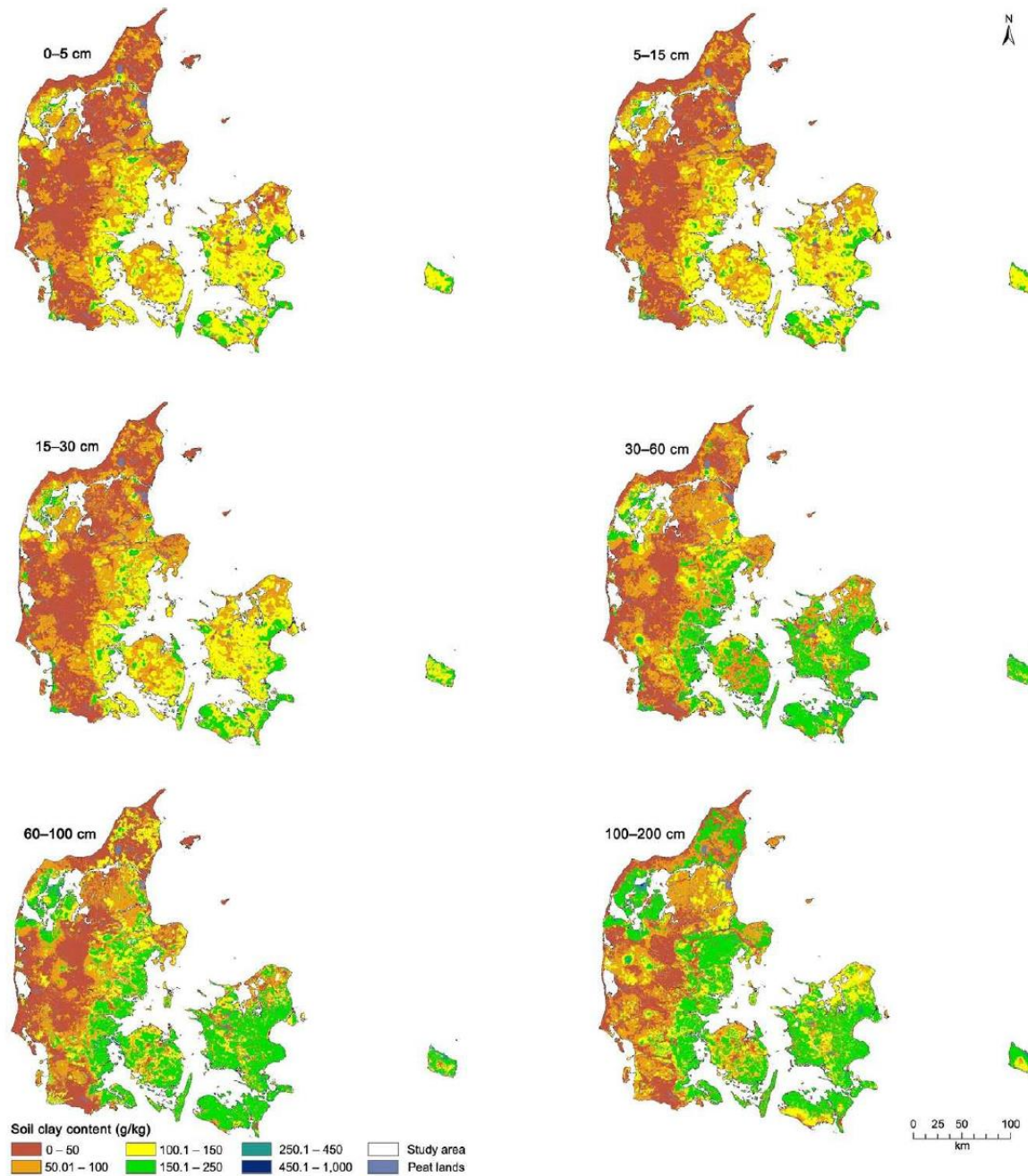


Figure 3.4 Predicted clay content of Danish soils at the six standard depths (Adhikari et al., 2013).

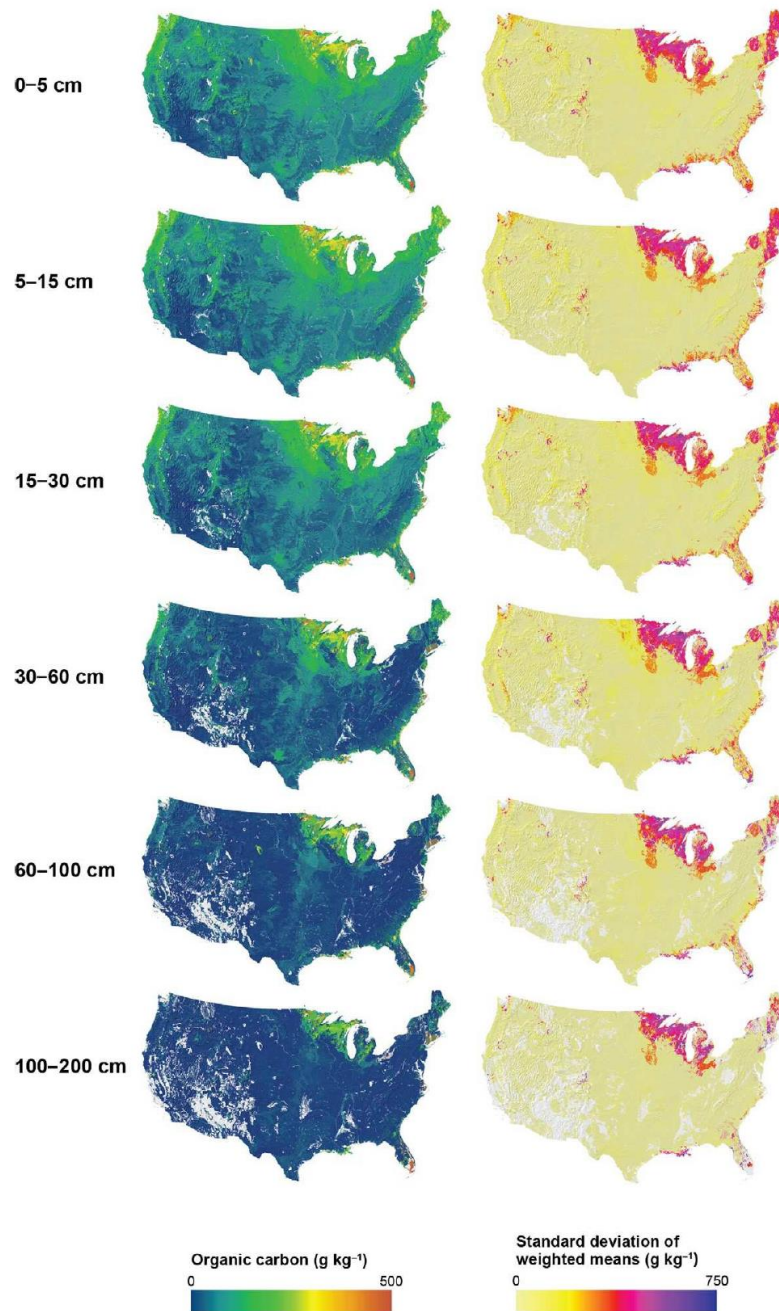


Figure 3.7 Maps of organic carbon content (left) and standard deviation of organic carbon (right) generated by [Odgers et al. \(2012\)](#) in accord with the *GlobalSoilMap* Technical Specifications.

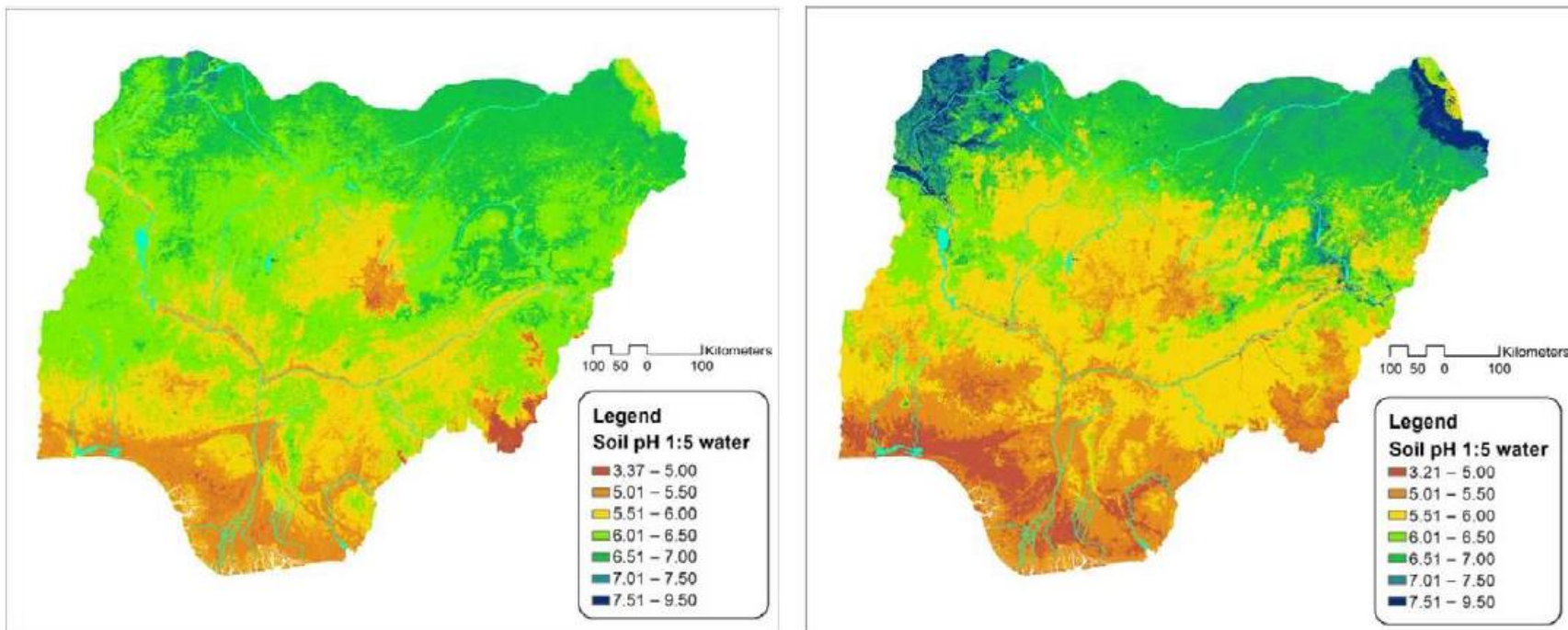


Figure 3.9 Estimates of pH according to the Technical Specifications for the upper (0–5 cm) and lower (100–200 cm) layers across Nigeria.

Et en France, actuellement ?

INRA InfoSol, Orléans

Essais France entière (métropole) et Région Centre

UMR Lisah, Montpellier (exposé de Philippe Lagacherie)

Essais Languedoc-Roussillon

UMR SAS, Rennes (exposé de Blandine Lemerrier)

Essais méthodologiques région Bretagne

GSM-France (travaux de Titia Mulder *et al.*)

- 1) Spline des profils présents dans DoneSol**
- 2) Calcul des propriétés sur les profondeurs standards**
- 3) Projection de 20 données auxiliaires**
- 4) Calibration (Cubist) et validation croisée**
- 5) Estimation des intervalles de confiance**
- 6) Cartographie prédictive et masque à partir de la carte des profondeurs**

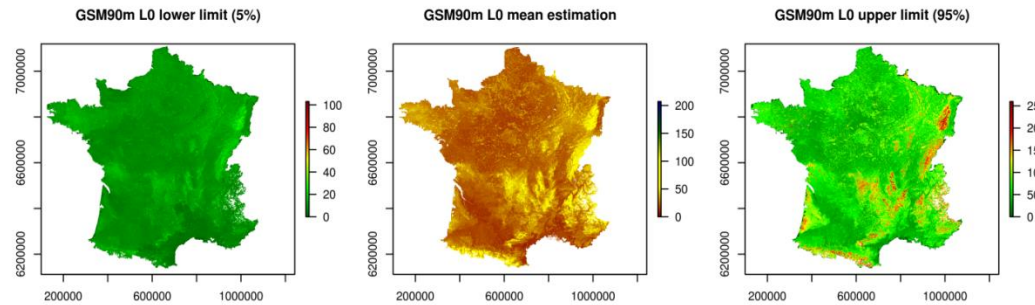
Comparaison des résultats GSM-90-m, GSM-500-m et SoilGrid 1-km

Lower (5%)

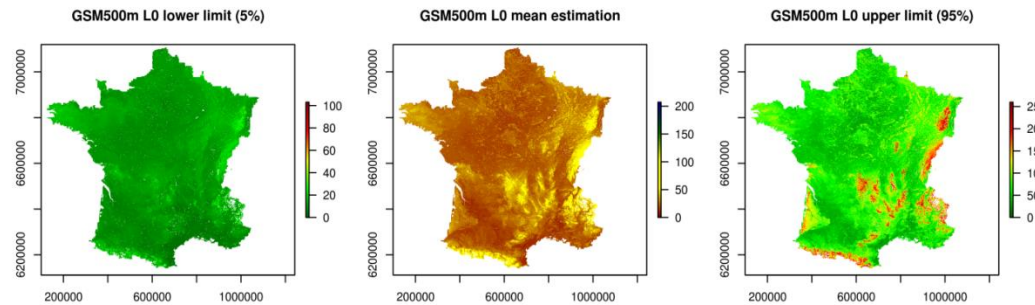
Mean

Upper (95%)

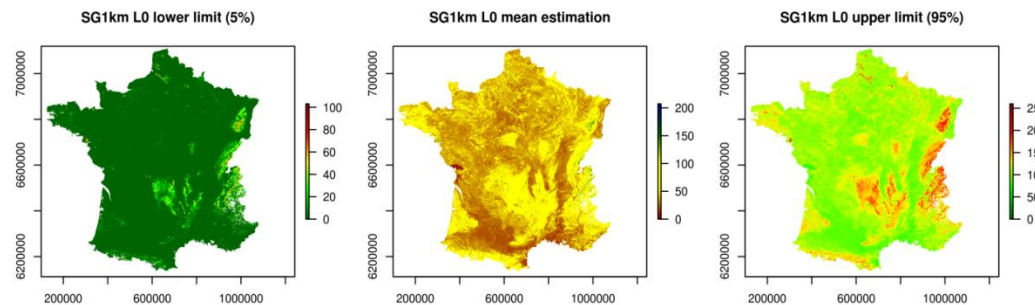
GSM-90



GSM-500



SoilGrid -1K

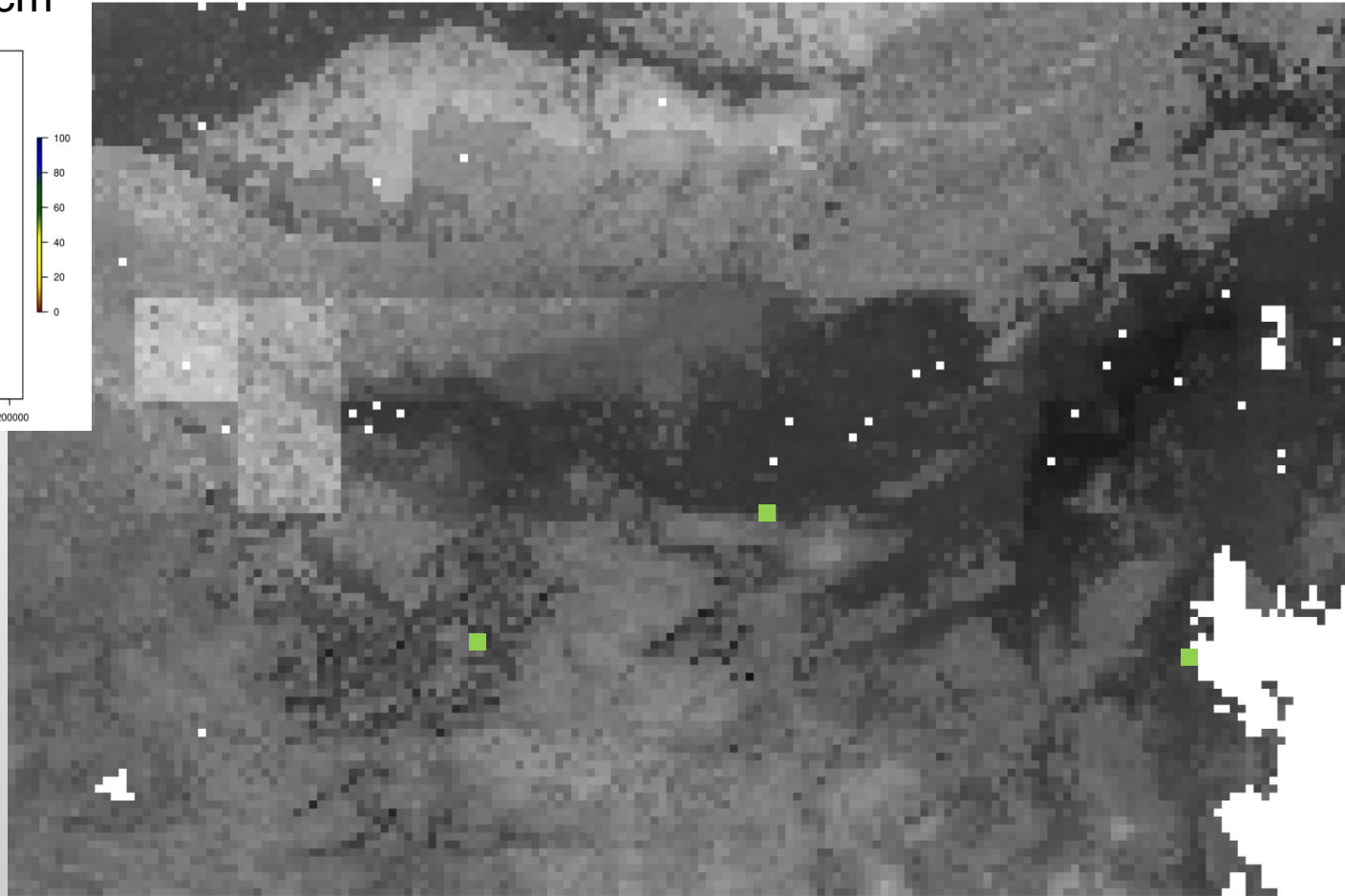
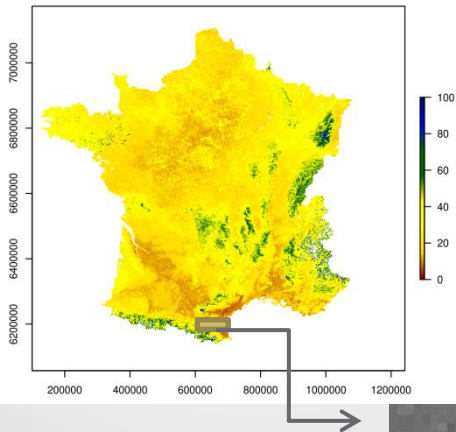


Les résultats GSM 90 et GSM 500 sont cohérents
SoilGrid 1K surestime très fortement les valeurs moyennes

(Mulder et al., in prep)

Un produit national, avec des artefacts locaux

Teneur en C 0-5 cm



*Titia Mulder et al.,
Work in progress*

Qui ne concurrencera donc pas des produits « régionaux »

Les voies d'amélioration régionales

- ❑ Intégrer les UCS/UTS d'IGCS dans la modélisation
- ❑ Calibrer des modèles locaux tenant mieux compte du contexte pédo-climatique
- ❑ Mieux prendre en compte la pertinence de l'utilisation de profils locaux
- ❑ Intégrer des données externes spécifiques à la région dans la calibration et la modélisation
- ❑ Injecter de la connaissance et de l'expertise locale
- ❑ Diversifier les variables de sortie en fonction de leur importance locale

Expected delivery dates of national products

- ▣ **Déjà disponibles V.1.0 (Australie, US)**
- ▣ **Très bientôt V 1.0 (fin 2015 : EU, France, Danemark, Ecosse, Nouvelle Zélande, Indonésie, Corée du Sud, Chili)**
- ▣ **Les autres : 2018 ?**

Conclusions

- ❑ Un projet avec des avancements significatifs. Des livrables qui n'attendront pas... Et qui seront plus ou moins incertains !
- ❑ Une grande avancée en terme de recherche et de technologie en cartographie numérique ; qui veut prendre le bateau ?
- ❑ Qui devrait permettre - grâce à un accès “sur étagère” - l'utilisation des données sur les sols pour des applications globales – avec une quantification des incertitudes.
- ❑ Un produit “évolutif”, et déclinable selon la “couverture”.
- ❑ Des produits mondiaux, européens et nationaux “imposés”, mais avec un fort potentiel d'amélioration à des échelles départementales ou régionales.

Merci !

Thank you

Gracias

Dankjewel

Choucrane

Merci gramint des caups

Mercès plan

Märsi

Mècie byin

Gran maci

Trugarez

Grand Mèhhi

多谢

etc.

Slides de rab si nécessaire

Quand des Yankees et des Aussies publient en Français dans un super journal...



7

Note technique

Vers une cartographie numérique des propriétés des sols du monde

Le programme GlobalSoilMap

J. W. Hempel⁽¹⁾, A. B. McBratney⁽²⁾, N. J. McKenzie⁽³⁾, A. E. Hartemink⁽⁴⁾, R. MacMillan⁽⁵⁾,
P. Lagacherie⁽⁶⁾, D. Arrouays^(7*)

Étude et Gestion des Sols, Volume 20, 1, 2013 - pages 07 à 14

Librement téléchargeable sur : <http://www.afes.fr/egs.php>

Quand des français publient et éditent en anglais...



POLICYFORUM

ENVIRONMENTAL SCIENCE

Digital Soil Map of the World

Pedro A. Sanchez,^{1*} Sonya Ahamed,¹ Florence Carré,² Alfred E. Hartemink,³ Jonathan Hempel,⁴ Jeroen Huising,⁵ Philippe Lagacherie,⁶ Alex B. McBratney,⁷ Neil J. McKenzie,⁸ Maria de Lourdes Mendonça-Santos,⁹ Budiman Minasny,¹⁰ Luca Montanarella,¹¹ Peter Okoth,¹² Cheryl A. Palm,¹³ Jeffrey D. Sachs,¹⁴ Keith D. Shepherd,¹⁵ Tor-Gunnar Vågen,¹⁶ Bernard Vanlauwe,¹⁷ Markus G. Walsh,¹⁸ Leigh A. Winowiecki,¹⁹ Gan-Lin Zhang²⁰

Soils are increasingly recognized as major contributors to ecosystem services such as food production and climate regulation (1, 2), and demand for up-to-date and relevant soil information is soaring. But communicating such information among diverse audiences remains challenging because of inconsistent use of technical jargon, and outdated, imprecise methods. Also, spatial resolutions of soil maps for most parts of the world are too low to help with practical land management. While other earth sciences (e.g., climatology, geology) have become more quantitative and have taken advantage of the digital resolution, conventional soil maps

the degree of soil degradation (4). At present, 109 countries have conventional soil maps at a scale of 1:1 million or finer, but they cover only 31% of the Earth's ice-free land surface, leaving the remaining countries reliant on the FAO-UNESCO map (5). [See supporting online material (SOM) for more history.]

To address these many shortcomings, soil scientists should produce a fine-resolution, three-dimensional grid of the functional properties of soils relevant to users. We call for development of a freely accessible, Web-based digital soil map of the world that will

Increased demand and advanced techniques could lead to more refined mapping and management of soils.

and serving the end users—all of them backed by a robust cyberinfrastructure. [See fig. S1, expanded from (7).] Specific countries may add their own modifications.

Digital Soil Mapping

Digital soil mapping began in the 1970s (8) and accelerated significantly in the 1980s because of advances in information and remote-sensing technologies, computing, statistics and modeling, spatial information and global positioning systems, measurement systems (such as infrared spectroscopy), and in

on August 9, 2009

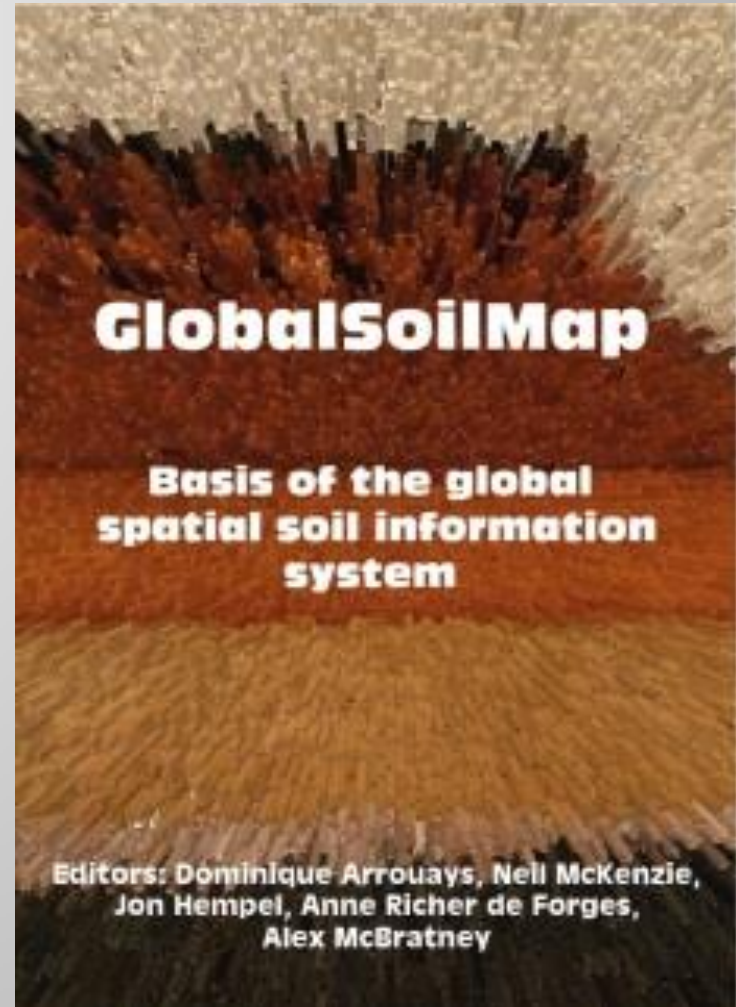
Sanchez et al. *Science*, 2009



GlobalSoilMap: Toward a Fine-Resolution Global Grid of Soil Properties

Dominique Arrouays^{*}, Michael G. Grundy[†], Alfred E. Hartemink[‡], Jonathan W. Hempel[§], Gerard B.M. Heuvelink[¶], S. Young Hong^{||}, Philippe Lagacherie[#], Glenn Lelyk^{**}, Alexander B. McBratney^{††}, Neil J. McKenzie^{‡‡,1}, Maria d.L. Mendonça-Santos^{§§}, Budiman Minasny^{††}, Luca Montanarella^{¶¶}, Inakwu O.A. Odeh^{††}, Pedro A. Sanchez^{||||}, James A. Thompson^{##}, Gan-Lin Zhang^{***}

Arrouays et al., *Adv. in Agron.* 2014




Arrouays et al., *Taylor&Francis, CRC Press*, 2014

Les “têtes de noeuds” dans l'accord de consortium actuel

- Sub-Saharan Africa –Earth Institute at Columbia University (EI), World Agroforestry Centre (ICRAF), Tropical Soil Biology and Fertility Institute (TSBF-CIAT), and CIESIN/Earth Institute of Columbia University **Kenya**.
- North America – USDA Natural Resources Conservation Service, National Geospatial Development Center, Morgantown, **USA**.
- Latin America– EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) in Rio de Janeiro, **Brazil**.
- Europe and Eurasia – Institute for Environment and Sustainability (IES) of JRC (Joint Research Centre of the European Union) in Ispra, **Italy**.
- Australia and Oceania – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) in Canberra, **Australia**
- Asia - Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences in Nanjing, **China**
- West Asia / North Africa => Ministry of Agriculture CUMERC, Amman, **Jordan**
- South Asia India/Pakistan/Nepal/Bengladesh/Myanmar **Not yet**

Variable		Scale/resolution	Reference
<u>Climate</u>			
	Mean annual potential evapotranspiration	8 km	(Quintana-Segui et al., 2008)
	Mean annual precipitation	1 km	(Hijmans et al., 2005)
	Maximum temperature	1 km	Hijmans et al., 2005
<u>Vegetation and land management</u>			
	Manure application	per department	(Meersmans et al., 2012b)
	Forest type	??	(Inventaire Forestier National, 2006)
	Ecoclimap land use	1 km	(Faroux et al., 2013)
	Max Net Primary Production	1 km	(NASA Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC), 2001)
<u>Soil data</u>			
	Soil type	1:1M	(King et al., 1995)
	Parent material	1:1M	(King et al., 1995)
	Rate of river network development and persistence	1:50 K	(Info Terre - Site cartographique de référence sur les géosciences, 2014)
	Available water capacity	1:1 M	(Le Bas et al., 2004)
	Erosion rates	1:1M	(Cerdan et al., 2010)
<u>Topography</u>			
	SRTM DEM	90m	(USGS, 2006)
	Aspect	90m	(USGS, 2006)
	Compound Topographic Index	90m	(USGS, 2006)
	Curvature	90m	(USGS, 2006)
	Exposition	90m	(USGS, 2006)
	Slope position	90m	(USGS, 2006)
	Slope, cosines(slope)	90m	(USGS, 2006)
	Gravimetric data	4 km	(Achache et al., 1997)

GlobalSoilMap France: mapping procedure

PREPROCESSING	Soil data: IGCS & RMQS Cleaning up database Splining over soil profile Prepare data by GSM layer		COVARIATES Resampling Geographic projection		
	MODELLING	DATA	ANALYSIS		PROGRAMMING
10 -fold		Soil samples	Cubist train model Apply model to calibration and validation data Calculate CI's of each final node Calculate model diagnostics		Parallel computing
Prediction grid		Cubist prediction with trained model Link pixel to its corresponding final node Assign CI to pixel based on CI of final node		Parallel computing Calculation over raster tiles	
<p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">FINAL MAPS</p> <p style="text-align: center;">AVERAGE OF 10-folds: Mean prediction + upper and lower CI</p> <div style="text-align: right;">  </div>					
EVALUATION	DATA	OUTPUT			
	Soil samples	Table model diagnostics Sample locations per GSM layer Histograms of original data Variograms of the observed soil data Variograms of the detrended data Scatterplot of observed vs. predicted data in validation Cumulative probability distributions of original and predicted data			
	Final maps	Back transformation of log-scaled prediction Calculate statistics for map legends Produce figures for easy visualisation			