# Besoins en données-sol pour la gestion du carbone organique des sols à l'échelle des territoires, dans la perspective du 4 p 1000 - point de vue de(s) producteurs (et des modélisateurs) -

M. Martin<sup>1</sup>, A. Duparque<sup>2</sup>, O. Scheurer<sup>3</sup> &N. Saby<sup>1</sup>

1: INRA Infosol

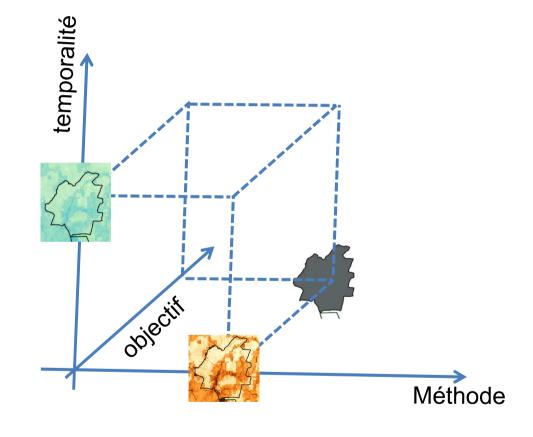
2: Agrotransfert -RT

3: UniLaSalle



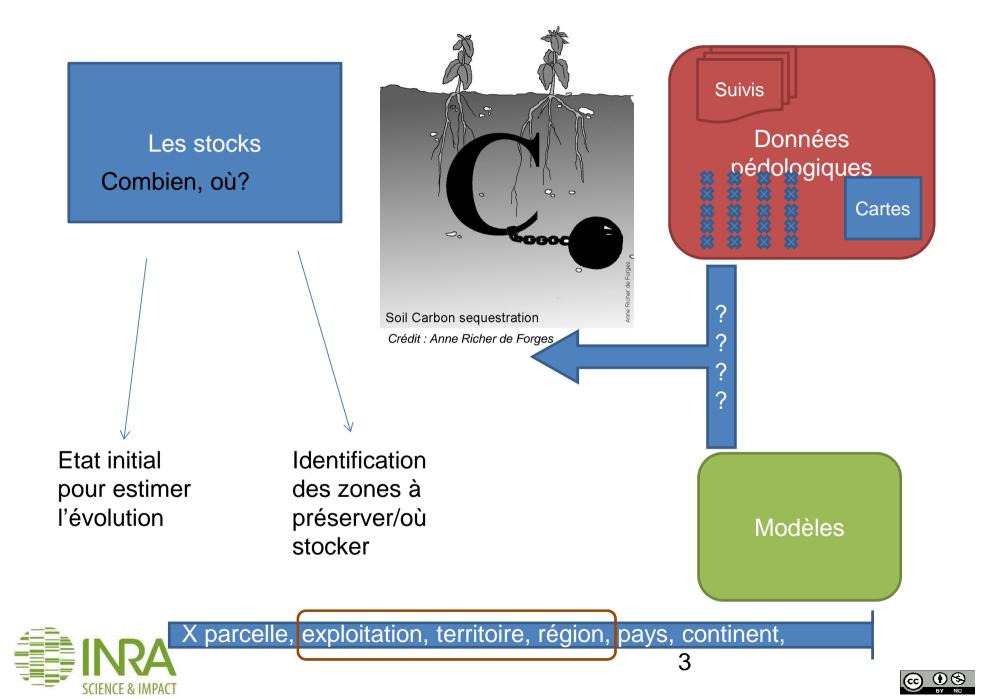


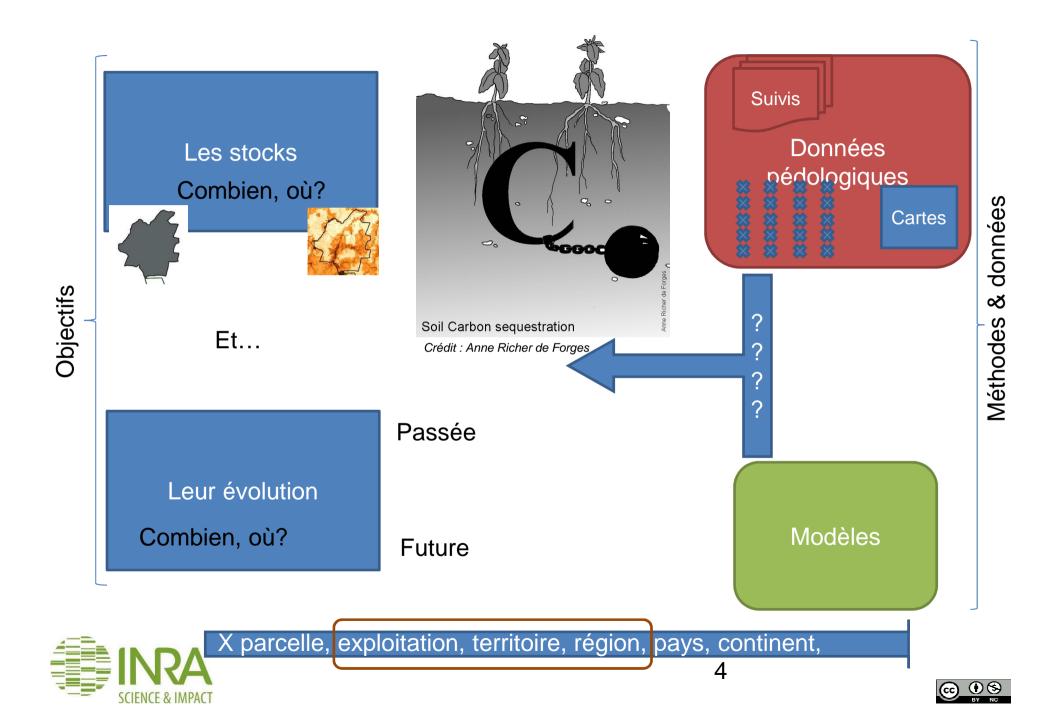
# I. Introduction











# Plan de la présentation

- 1. Méthodes d'estimation
  - 1. Directes (dépendant uniquement du plan d'échantillonnage)
  - 2. Indirectes (utilisation de modèles)
- 2. Quelques exemples
- 3. Un exemple détaillé de bilan carbone à l'échelle du territoire : ABC'terre
- 4. Synthèse des données sol disponibles
- 5. Conclusion

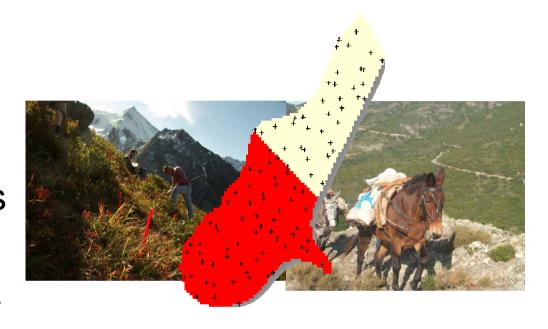




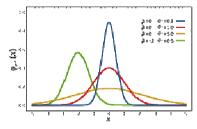
# Méthodes d'estimation

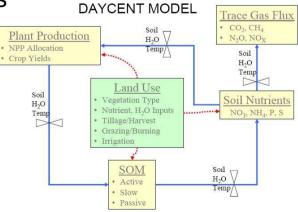
<u>Méthodes directes:</u>
 échantillonnage,
 analyse, statistiques
 spatiales, temporelles

 Méthodes indirectes : application de modèles



Modèles statistiques





Modèles mécanistes



|  |                                   | <u> </u>      |                            |                        | 1                               |                           |                      |
|--|-----------------------------------|---------------|----------------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------|----------------------|
|  | Factor<br>value<br>type           | Level         | Temper-<br>ature<br>regime | '96<br>IPCC<br>default | Moisture<br>Regime <sup>1</sup> | GPG<br>revised<br>default | Error <sup>2,3</sup> |
|  | Land<br>use<br>(F <sub>LU</sub> ) |               | Temperate                  | 0.7,0.64               | Dry                             | 0.82                      | ± 10%<br>± 12%       |
|  |                                   | Long-<br>term | Temperate                  | 0.7,0.0                | Wet                             | 0.71                      |                      |
|  |                                   | cultivated    | Tropical                   | 0.6, 0.5               | Dry                             | 0.69                      | ± 38%                |
|  |                                   |               | Tropical                   | 0.0, 0.3               | Wet                             | 0.58                      | ± 42%                |
|  |                                   |               |                            |                        |                                 |                           |                      |

Règles empiriques

| X           |                     |                |         | cartographie (où) | évaluation globale<br>(combien) |
|-------------|---------------------|----------------|---------|-------------------|---------------------------------|
| k<br>oc.    | Méthodes directes   |                |         |                   |                                 |
| St          | Méthodes indirectes | règles empiriq | ues     |                   |                                 |
| $\Delta st$ |                     | Modèles statis | tiques  |                   |                                 |
| 7           |                     | Modèles méca   | anistes |                   |                                 |

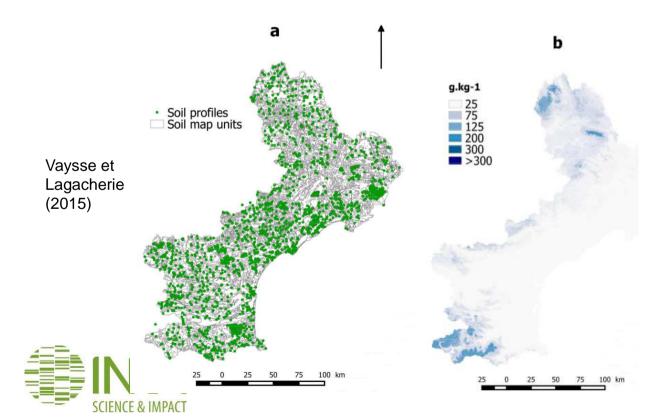
# II. Quelques exemples pour illustrer les besoins en données





# La cartographie numérique

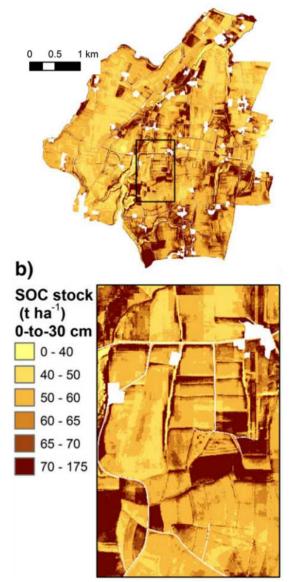
| 4    |                     |           |              | cartographie (où) | évaluation globale<br>(combien) |
|------|---------------------|-----------|--------------|-------------------|---------------------------------|
| )Cr  | Méthodes directes   |           |              |                   |                                 |
| COCK | Méthodes indirectes | règles er | mpiriques    |                   |                                 |
|      |                     | Modèles   | statistiques | X                 |                                 |
|      |                     | Modèles   | mécanistes   |                   |                                 |

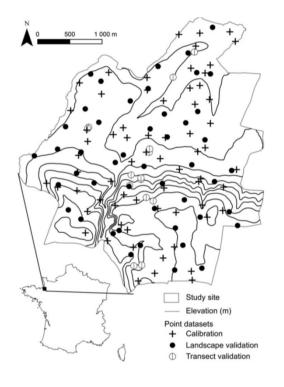


- Ajustement d'un modèle statistique sur des données ponctuelles complétées d'estimation des co-variables
- Prédiction par application du modèle sur les cartes des covariables
- 3. Validation
- Calcul des stocks par application d'une fonction de pedotransfert



# La cartographie numérique





Lacoste et al. 2014





# Approches empiriques : Tiers 1 et 2

Méthodes directes

règles empiriques

Méthodes indirectes

Modèles statistiques

Modèles mécanistes

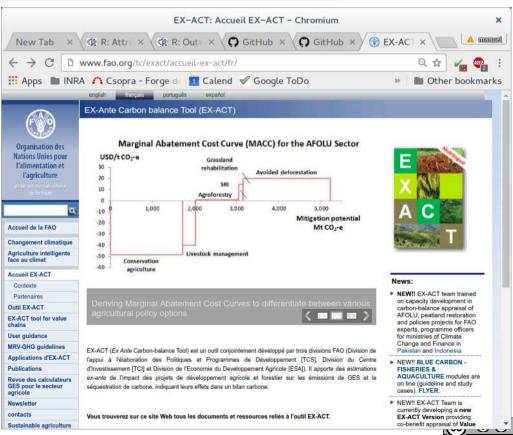
$$\Delta C_{CC_{Mineral}} = [(SOC_0 - SOC_{(0-T)}) \bullet A] / T$$

$$SOC = SOC_{REF} \bullet F_{LU} \bullet F_{MG} \bullet F_{I}$$

Echelles locales : Ex-act (FAO), Diaterre (ADEME) = outils de prospective et de construction de scénarios

### Nécessite des données de gestion





# Les suivi des stocks par mesure sur le terrain

Méthodes directes

Méthodes indirectes

Modèles statistiques

Modèles mécanistes





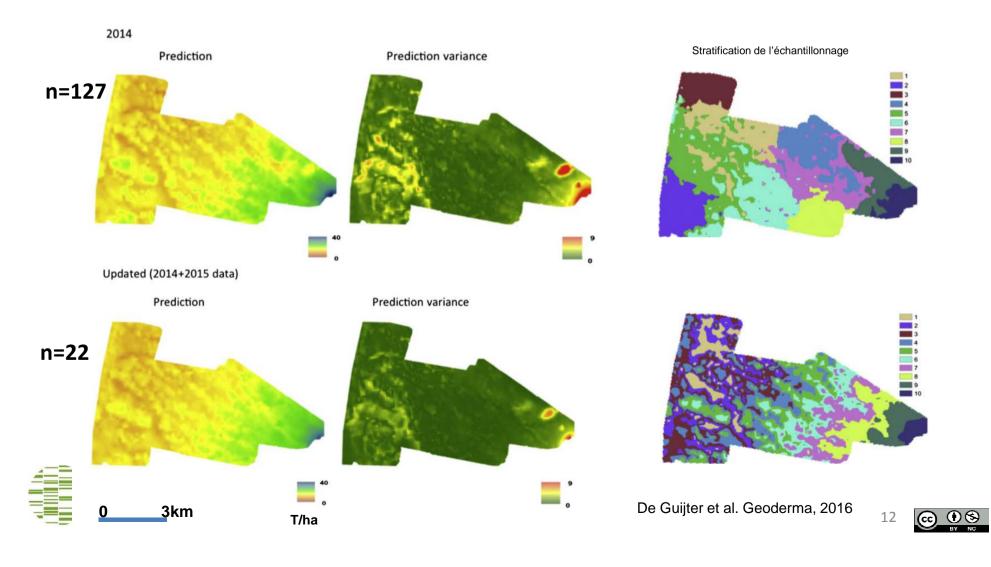






# Sur une exploitation agricole

- Comment optimiser l'échantillonnage pour diminuer l'incertitude et maximiser le gain (=prix pour une tonne de carbone évitée x tonnes de carbone stocké coûts de mesure)?
- Mise à profit de cartes du carbone organique des sols pour stratifier l'échantillonnage



# Application d'un modèle mécaniste

 $\begin{array}{c} \text{stock et} \\ \Delta \text{Stock} \end{array}$ 

|        |                     |           |              |   | évaluation globale<br>(combien) |
|--------|---------------------|-----------|--------------|---|---------------------------------|
|        | Méthodes directes   |           |              |   |                                 |
| ADOUGE | Méthodes indirectes | règles en | npiriques    |   |                                 |
|        |                     | Modèles   | statistiques |   |                                 |
| 7      |                     | Modèles   | mécanistes   | X | X                               |

## Le(s) projet(s) ABC'terre

http://www.agro-transfert-rt.org/publications/colloques/colloque-cloture-abcterre-attenuation-du-bilan-de-gaz-a-effet-de-serre-agricole-integrant-le-carbone-du-sol-sur-un-territoire/





### La méthode ABCTerre (APR ADEME - REACCTIF -2012)

Deux étapes du diagnostic territorial

- cartographie des **stocks** actuels de Carbone dans les sols agricoles
- diagnostic spatialisé des émissions liées au C des sols (Δstocks)

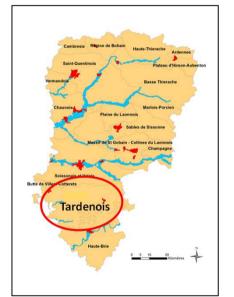
Une approche reposant à la fois

- sur des données sol
- sur des modèles

Exemple d'application sur le territoire d'une Petite Région Naturelle (Tardenois- Aisne)

### Types d'exploitations :

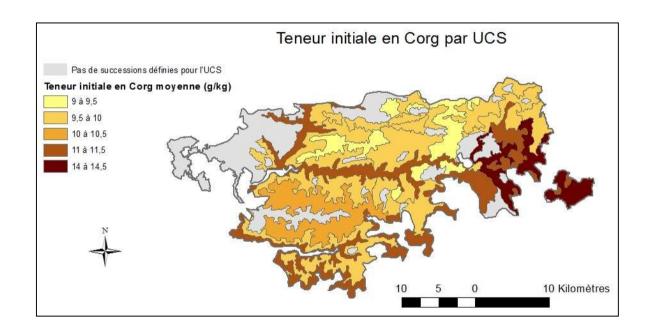
« betteravier», « céréaliers », « diversifiés », « éleveurs » **Sols**: limons et limons sableux profonds et argilo-calcaires peu profonds







# Estimation des teneurs en Carbone organique actuelles par type de sol et par UCS Représentation cartographique par UCS (moyenne pondérée)



UCS : Unité Cartographique de Sol

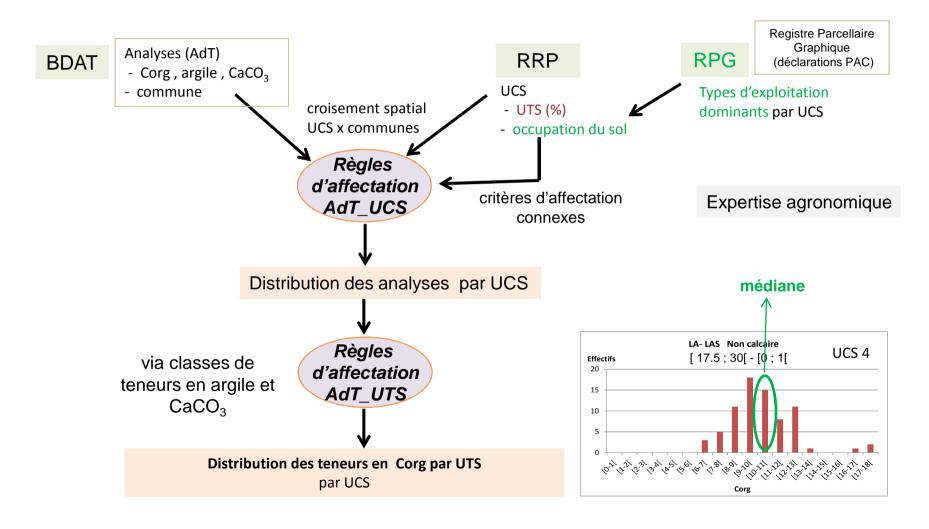
Sources: BDDSol – Chambre d'Agriculture de l'Aisne; RRP Aisne version intermédiaire -LaSalle Beauvais; BDAT





### Exploitation de la BDAT couplée au RRP, avec prise en compte partielle de l'occupation du sol

### règles empiriques

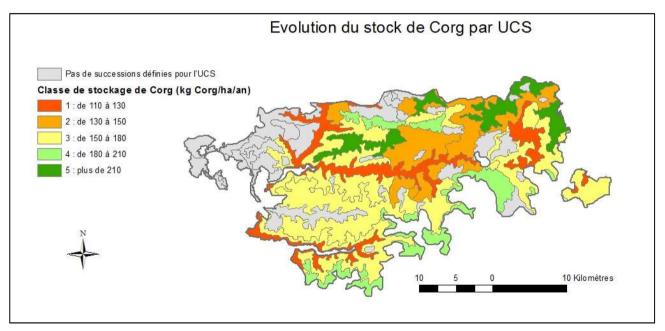






# Diagnostic de l'évolution à long terme des stocks de C organique des sols cultivés Estimation des flux annuels moyens de Corg sur 20 ans (kg Corg/ha/an)

### Représentation cartographique des résultats



UCS : Unité Cartographique de Sol

Sources: BDDSol – Chambre d'Agriculture de l'Aisne; RRP Aisne version intermédiaire -LaSalle Beauvais; BDAT

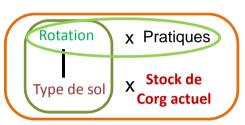




# Utilisation du modèle de bilan humique AMG via l'outil SIMEOS-AMG pour simuler l'évolution à long terme des stocks de Corg

modèle mécaniste

Inventaire spatialisé des combinaisons



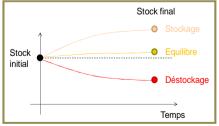
Bases de données nationales spatialisées et l'outil RPG-Explorer

Bases de données et expertise locales

BDAT RRP RPG



Simulations de l'évolution du stock de C organique des Sols



- Bilan de C org
- Evolution à LT de la teneur en C org dans la couche de sol travaillée





# Quelles données et méthodes pour quels objectifs?

|                         |                     |                      | cartographie (où) | évaluation globale<br>(combien) |
|-------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|---------------------------------|
|                         | Méthodes directes   |                      |                   | **(A)                           |
| Stock                   | Méthodes indirectes | règles empiriques    | *                 |                                 |
| $\operatorname{Stc}$    |                     | Modèles statistiques | **                | *                               |
|                         |                     | Modèles mécanistes   |                   |                                 |
|                         | Méthodes directes   |                      |                   | *(A)                            |
| ck                      | Méthodes indirectes | règles empiriques    | *                 | *                               |
| $\Delta \mathrm{Stock}$ |                     | Modèles statistiques | **                | *                               |
|                         |                     | Modèles mécanistes   | **                | *                               |

|     |                     |                      | données<br>ponctuelles | données<br>surfaciques | covariables |
|-----|---------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 2   | Méthodes directes   |                      | (A)                    | NA                     | IGCS, X     |
| 000 | Méthodes indirectes | règles empiriques    | NA                     | IGCS                   | X           |
|     |                     | Modèles statistiques | IGCS, RMQS             | BDAT, IGCS             | X           |
|     |                     | Modèles mécanistes   | NA                     | NA                     | NA          |
| 2   | Méthodes directes   |                      | (A)                    | NA                     | GSM, X      |
|     |                     | règles empiriques    | NA                     | IGCS                   | X           |
|     | Méthodes indirectes | Modèles statistiques |                        | BDAT                   | X           |
|     |                     | Modèles mécanistes   |                        | IGCS, BDAT,GSM         | X           |



**GSM** : cartographie numérique des sols (global soil map) **X** : divers non précisé (A) : acquisition à prévoir \* : niveau de comptabilité **NA** : ne s'applique pas



# Conclusion (1/2)

- Si l'objectif est une comptabilité globale, la meilleure approche est sans doute l'approche directe (à ajuster en fonction des coûts, études complémentaires nécessaires?)
- Si l'objectif est une compréhension des mécanismes et la prise en compte de leurs effets, les modèles (statistiques ou mécanistes) semblent indispensables
- Les approches sont complémentaires





# Conclusion (2/2)

- => Développer des approches mixtes associant nouvelles mesures directes et modélisation
- En matière de modélisation, les données de gestion sont indispensables (=> apports récents de la télédétection)
- Capitaliser (et harmoniser), au sein de systèmes d'information, toute nouvelle production de données collectées dans le cadre d'études territoriales
  - => permettre à la recherche de disposer de jeux de données complémentaires à ceux existants pour améliorer les méthodes de comptabilisation
  - => faciliter la mise en œuvre de ces méthodes





