HAL
open science

Suivi et vérification du stockage de carbone dans les sols, de l'échelle de la parcelle à l'échelle nationale

Christian Walter, Manuel Martin, Dominique Arrouays, Martial Bernoux, Pierre Cellier, Nicolas Saby

To cite this version:

Christian Walter, Manuel Martin, Dominique Arrouays, Martial Bernoux, Pierre Cellier, et al.. Suivi et vérification du stockage de carbone dans les sols, de l'échelle de la parcelle à l'échelle nationale. Séances hebdomadaires de l'AAF "Stocker du carbone dans les sols pour lutter contre le changement climatique ?", Académie d'Agriculture de France (AAF). FRA., Dec 2016, Paris, France. 32 p. hal-01604764

HAL Id: hal-01604764

https://hal.science/hal-01604764v1

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Suivi et vérification du stockage de carbone dans les sols, de l'échelle de la parcelle à l'échelle nationale

C. WALTER, M. MARTIN, D. ARROUAYS, M. BERNOUX, P. CELLIER, N. SABY

INRA SCIENCE & IMPACT

CC BY NC

I. Introduction

Contexte

- Pourquoi suivre et vérifier le stockage de carbone :
  - Place des sols dans les inventaires d'émission de gaz à effet de serre – horizon 2021 (décision UE 529(5)/2013/EU)
  - Mécanismes de Compensation Volontaire (quelles exigences sur la vérification ?)
  - Quelle faisabilité de programmes tels que le 4p1000?

- Contraintes :
  - Coût des dispositifs de mesure directes et incertitudes associées
  - Sur fond de connaissance imparfaite des sols et de la distribution des modes de gestion des sols…

INRA SCIENCE & IMPACT

CC BY NC

Diapositive 3

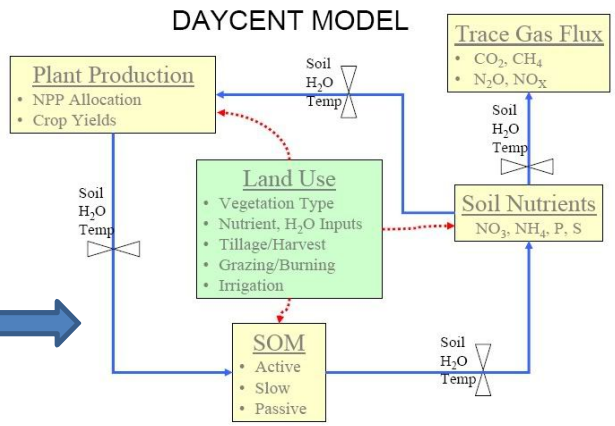
CW2 Christian Walter; 02/12/2016

Méthodes d'estimation

- Mesures directes (échantillonnage, analyse, statistiques spatiales, temporelles)

- Mesures indirectes : application de modèles

Factor value type	Level	Temper-ature regime	'96 IPCC default	Moisture Regime[1]	GPG revised default	Error[2,3]
Land use (F_{LU})	Long-term cultivated	Temperate	0.7,0.6[4]	Dry	0.82	± 10%
				Wet	0.71	± 12%
		Tropical	0.6, 0.5	Dry	0.69	± 38%
				Wet	0.58	± 42%



INRA SCIENCE & IMPACT

Lignes directrices du GIEC pour la comptabilisation

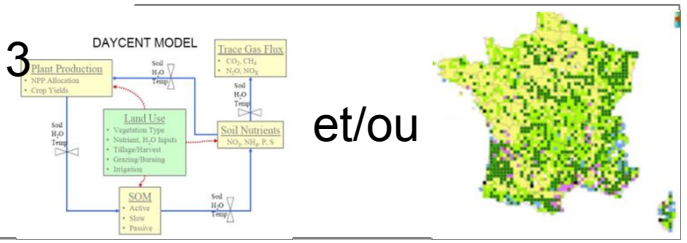
(IPCC, 2006)

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

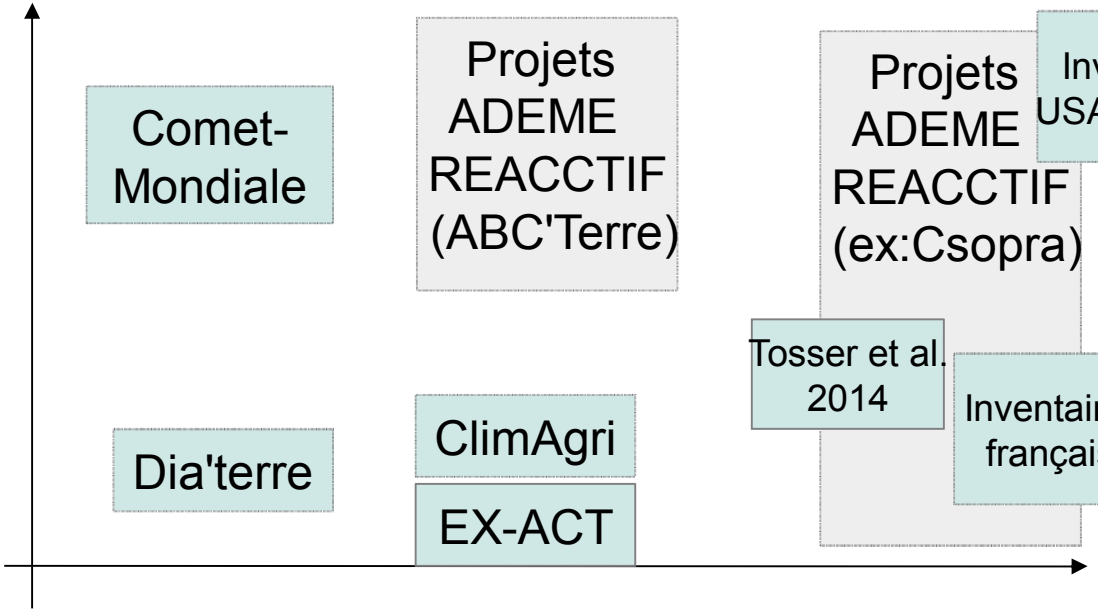
Tier 1 Tier 2

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

Tier 3



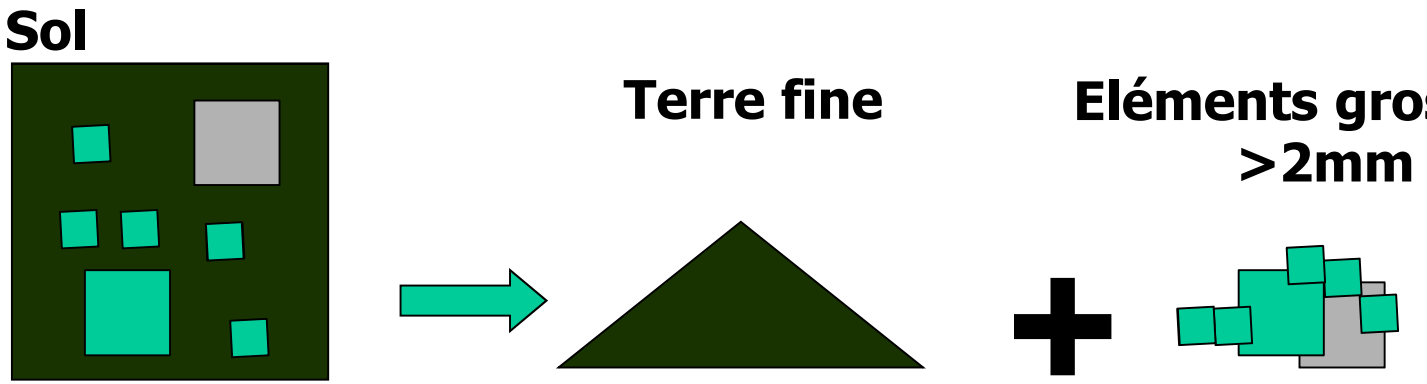
et/ou



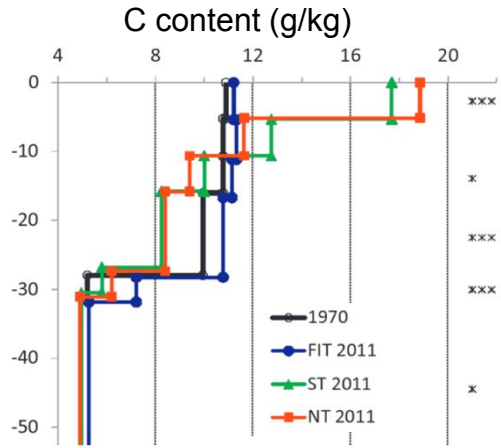
II. Estimations directes

Mesures *in situ pour le suivi carbone*

StockC = concentration x **masse de terre fine par unité de volume de sol** x **volume**

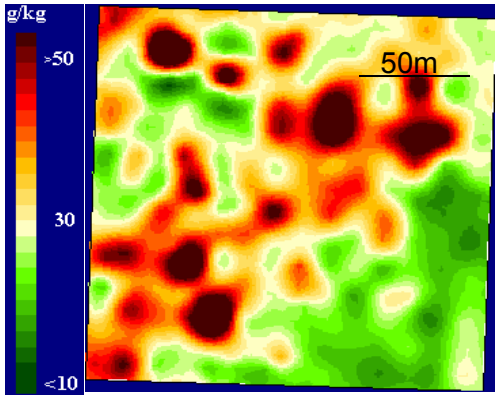


- Sur quelle profondeur mesurer (quelle masse de sol considérer)?
- Estimation de la densité apparente? Conjointe à la mesure de teneur en carbone? Tarière ou cylindre?
- Les méthodes de spectrométrie doivent encore faire leurs preuves (De Gruijter et al., Geoderma 2016)

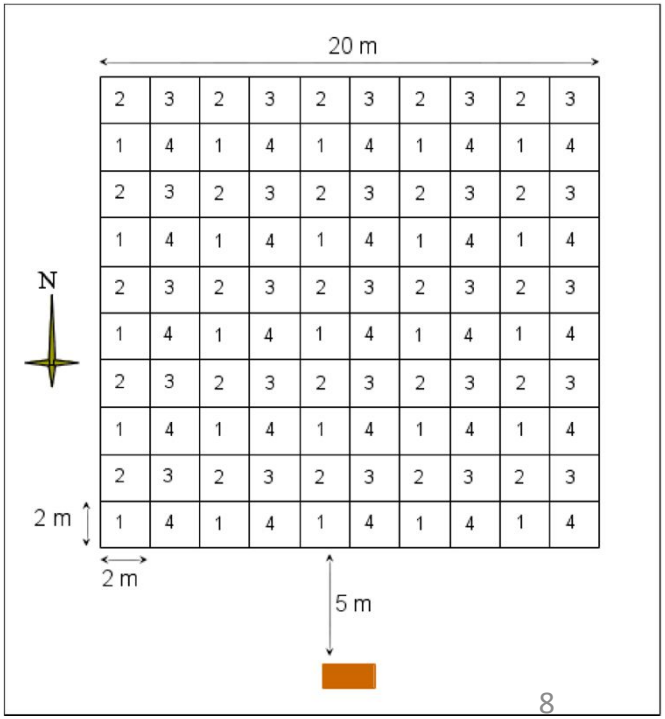


Dimassi et al. Agriculture Ecosystems & Environment, 2014

Estimation intra-parcellaire



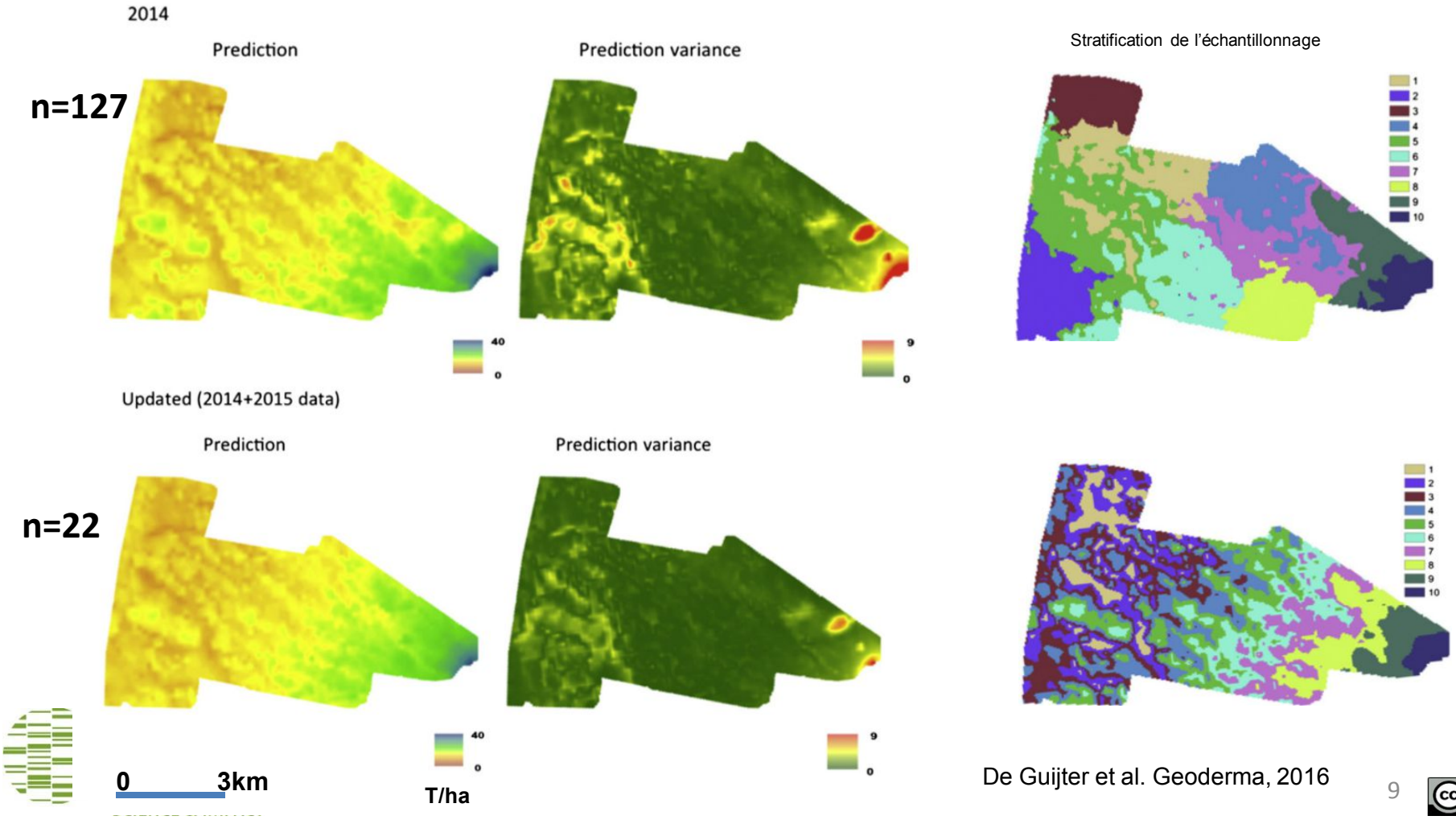
- Forte variabilité spatiale du COS et faibles variations temporelles
  - Comment échantillonner?
- Exemple : le dispositif RMQS
  - Echantillon composite
  - Densité apparente sur une fosse adjacente
  - Précision sur une estimation du stock de carbone = 11%



INRA SCIENCE & IMPACT
CC BY NC

Sur une exploitation agricole

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



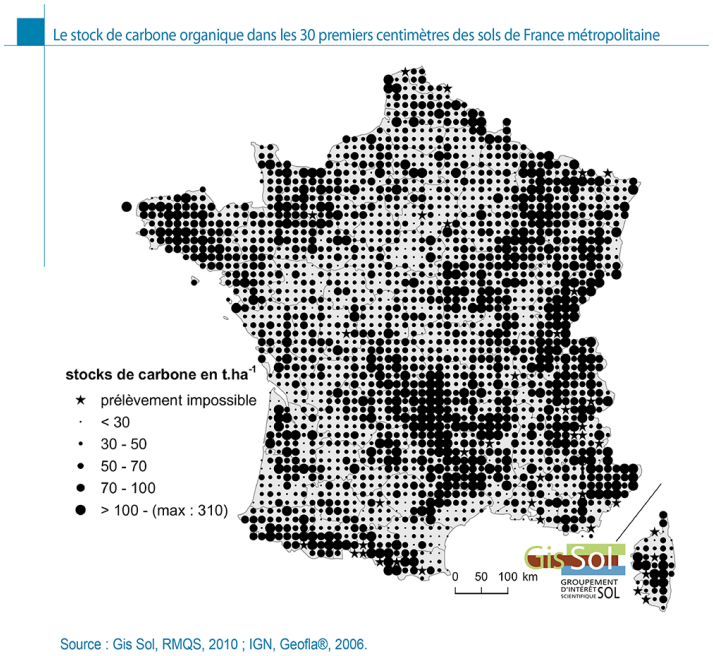
De Guijter et al. Geoderma, 2016

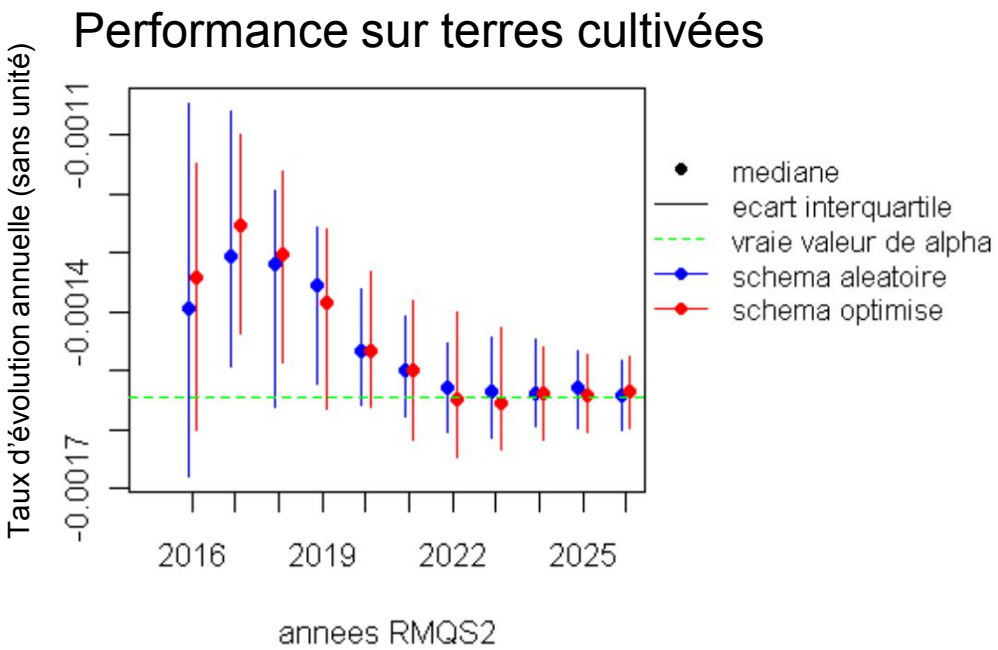
CC BY NC

Au niveau national, le RMQS

-La deuxième campagne permettrait de détecter des évolutions de l'ordre de quelques *pour mille* par an

-La capacité du réseau à détecter l'effet de changements de pratiques n'a pas été testée





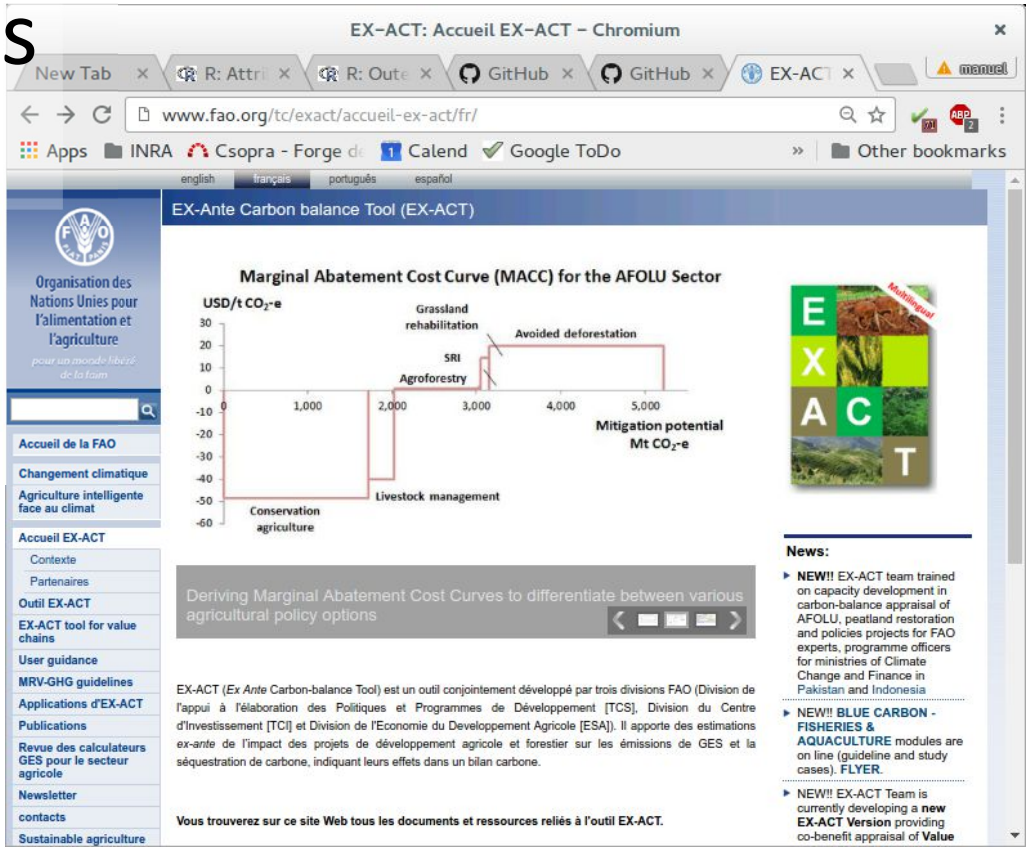
III. Estimations indirectes

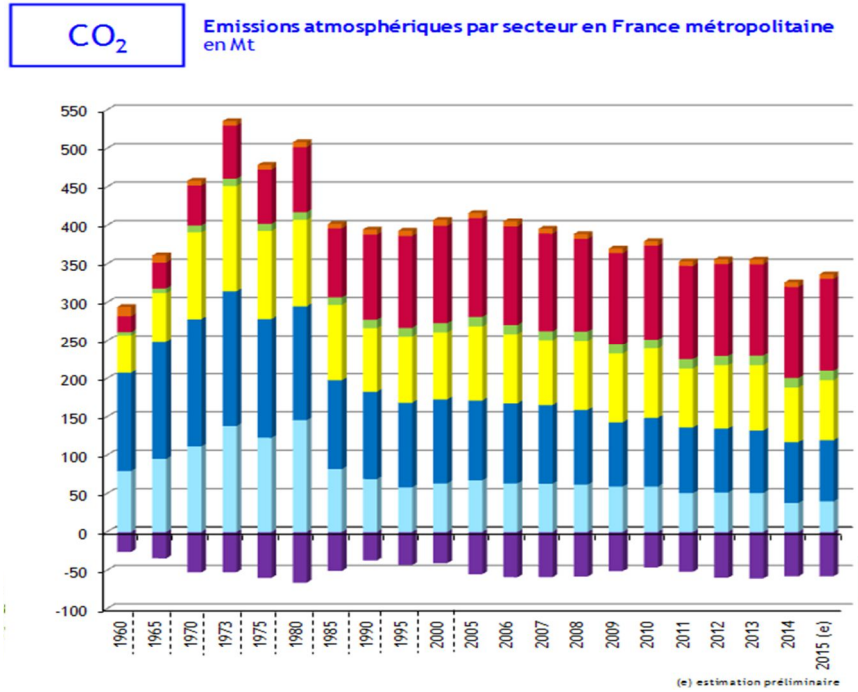
Approches empiriques : Tiers 1 et 2

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

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

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





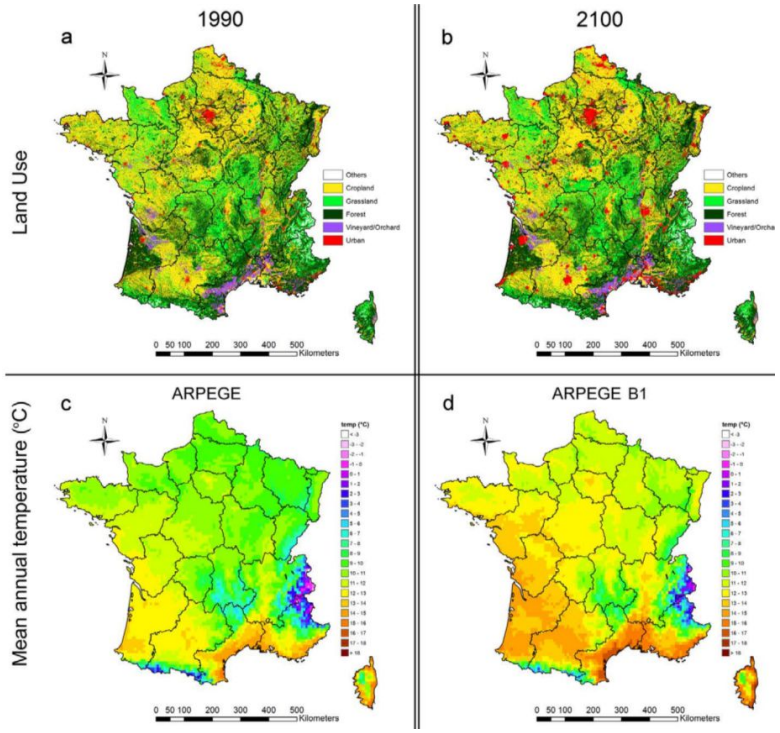
Inventaire national français d'émissions de GES : Adaptation Tier2 française grâce aux données du RMQS sur 30cm

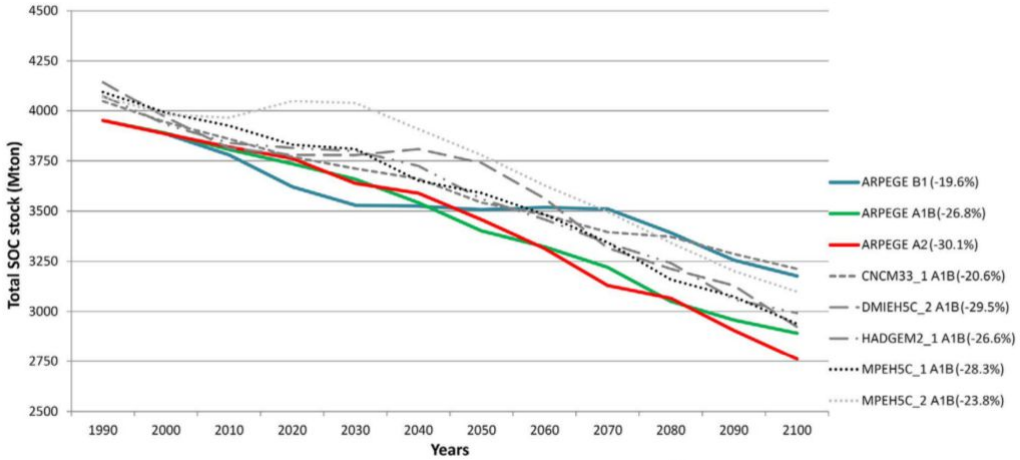
$SOC_{ref} = SOC_{Occup,Reg}$

Transformation énergie | Industrie manufacturière | Résidentiel/tertiaire | Agriculture/sylviculture | Transport routier | Autres transports | UTCATF

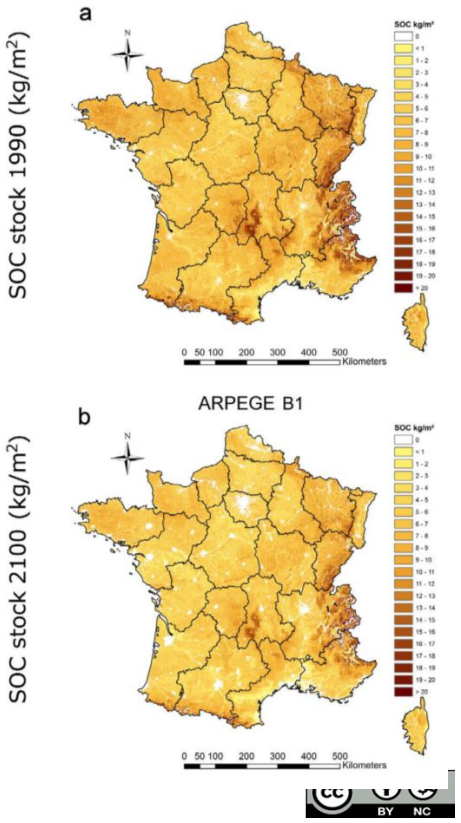
BY NC

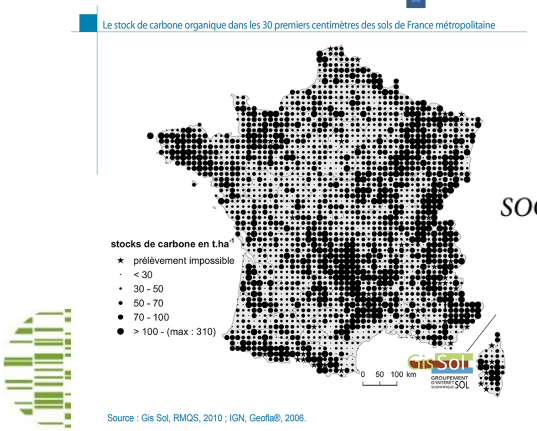
Modèles statistiques prédictifs





=> Conclusions concernant l'effet relatif du changement climatique et des changements de gestion et d'occupation du sol



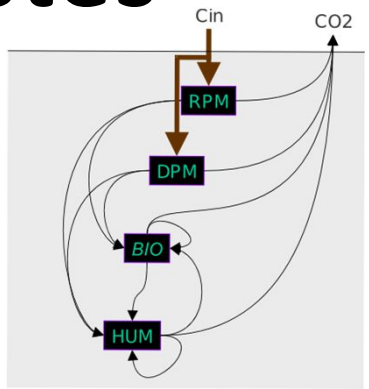


$$SOC = \underbrace{\sum_{i=1}^{n} \alpha_i f_i}_{\text{linear}} + \underbrace{\sum_{j=1}^{n}\sum_{k>j}^{n} \beta_{j,k} f_j f_k}_{\text{first order interaction}} + \underbrace{\sum_{l=1}^{n}\sum_{m\neq l}^{n} \gamma_{l,m} f_l f_m^2}_{\text{second order interaction}} + \varepsilon$$

Meersmans et al. Nature Sci. Rep. (2016)

Modèles mécanistes

- Une grande variété de modèles (en général modèles à compartiments, AMG, RothC, Century, DayCent, ….)



– Utilisés :

⇒ dans des outils d'aide à la décision destinés aux exploitations (ex : Comet-VR)

⇒ et rarement pour les inventaires nationaux

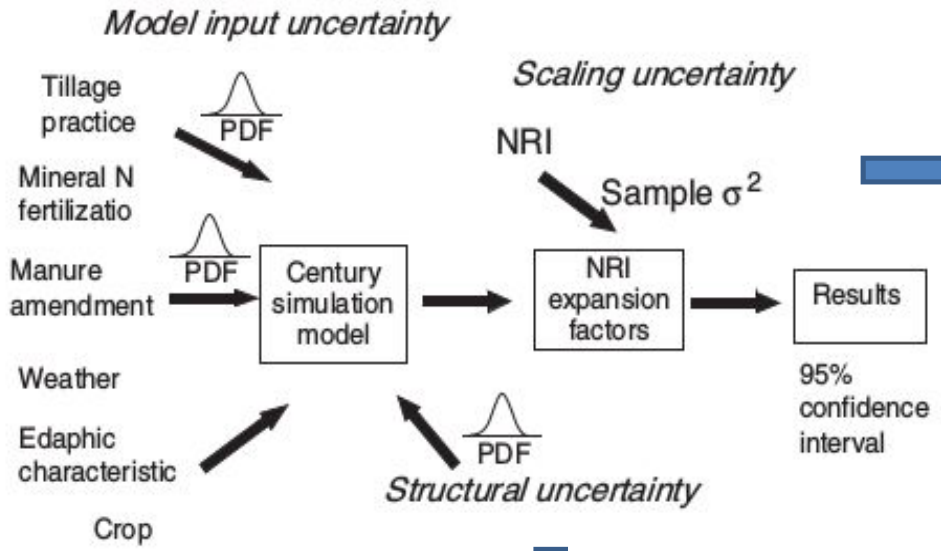
– De part leur représentation de certains processus :

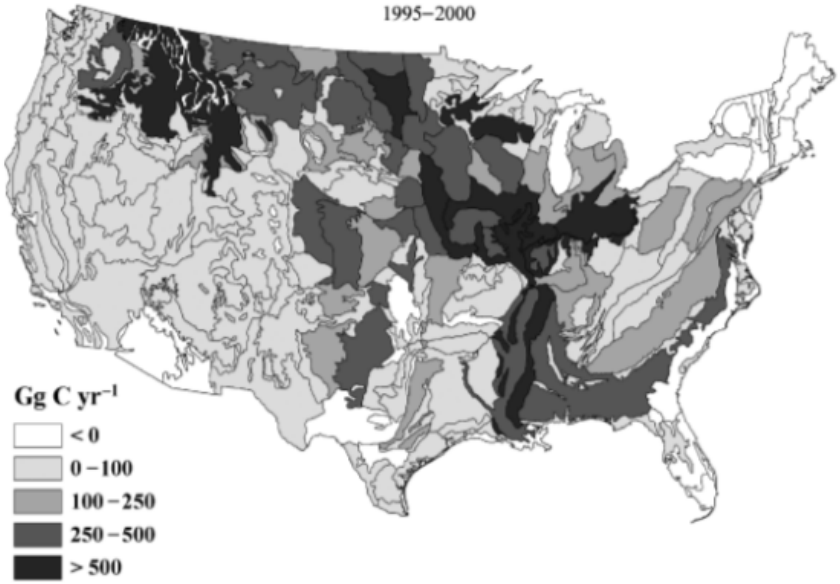
=> censés mieux s'adapter aux contextes locaux, sans reparamétrisation

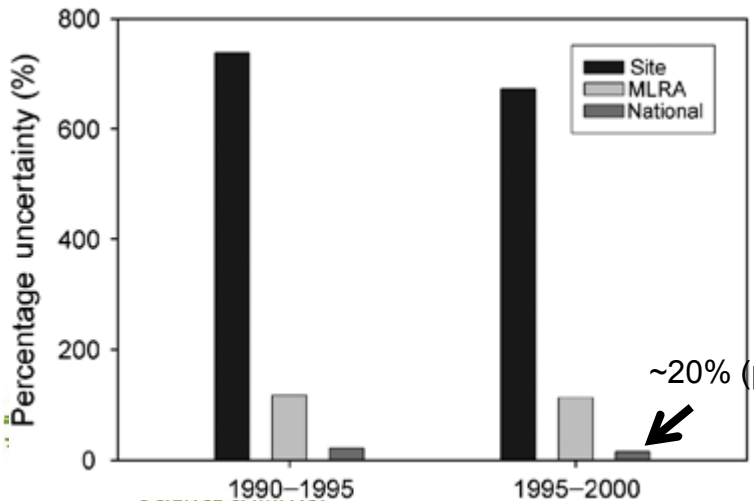
=> nécessitent souvent beaucoup de données d'entrée

– Reste la question de l'estimation des entrées de carbone => modèles de croissance végétale

Exemple : l'inventaire d'émissions de GES des Etats-Unis







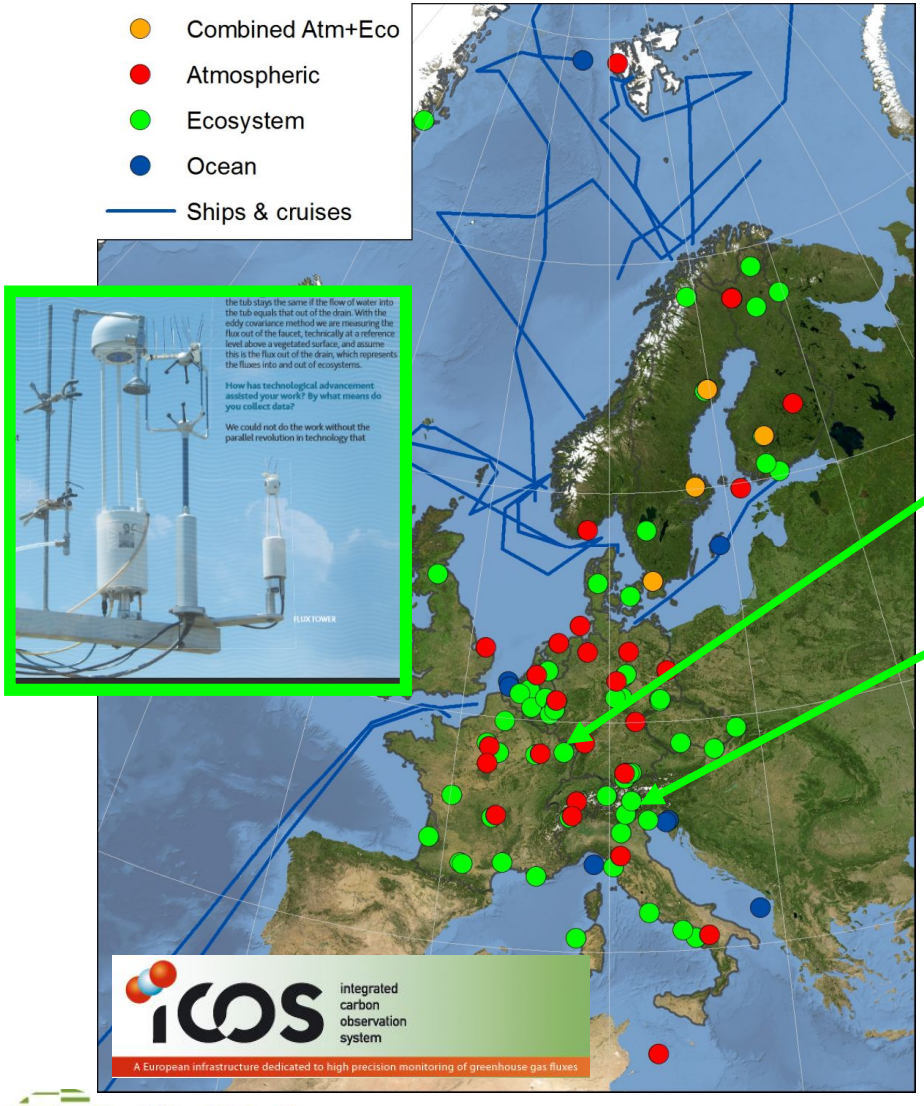
Sites : individus (~121000) du NRI, National Resources Inventory
MLRA : Major land ressource areas ~ niveau régional

~20% (part de l'incertitude liée au modèle=98%)

Ogle et al. Glob. Chang. Biol. 2010

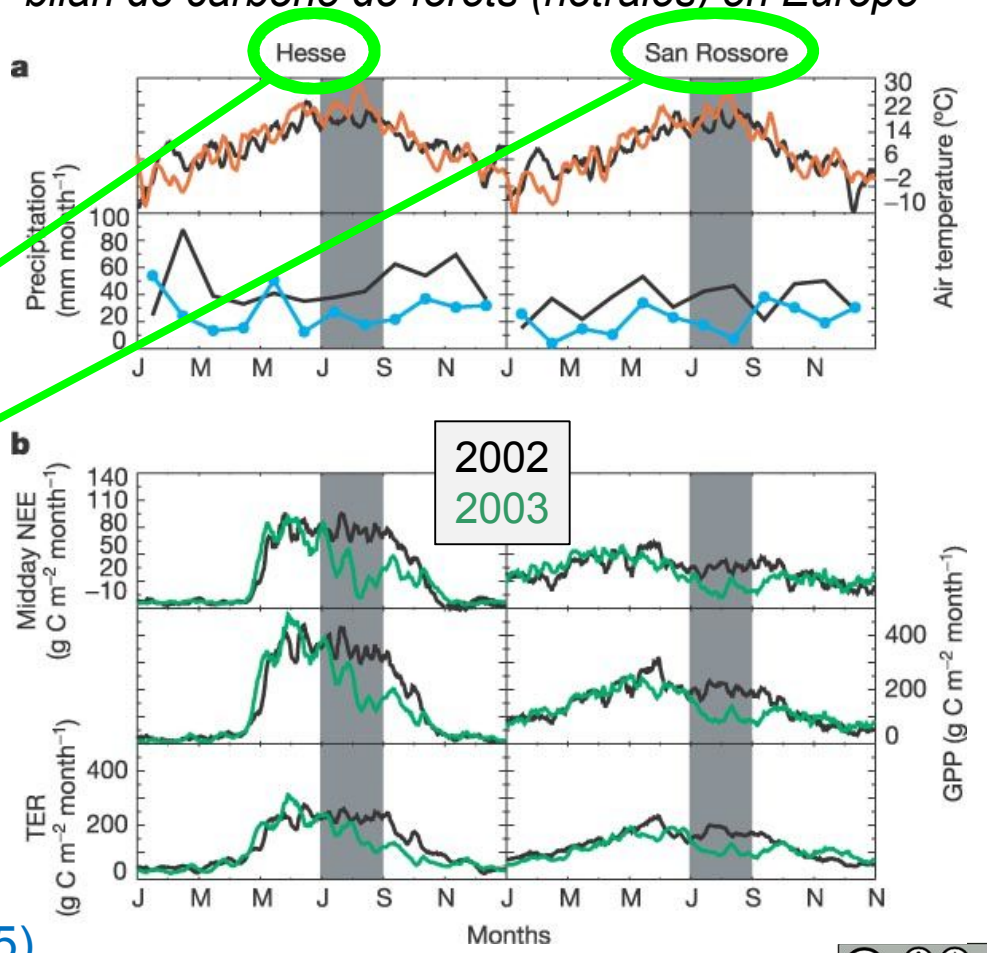
IV. Quelques perspectives

Des approches nouvelles du cycle du carbone : le réseau de tours à flux ICOS



→ Une analyse fine des flux de CO_2 échangés entre un écosystème et l'atmosphère.

Exemple de l' effet de la canicule de 2003 sur le bilan de carbone de forêts (hêtraies) en Europe



(Ciais et al., Nature 2005)

INRA SCIENCE & IMPACT

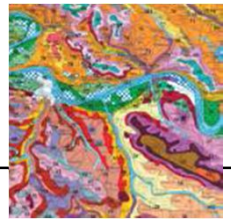
CC BY NC

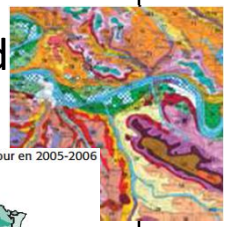
V. Complémentarités, besoins et choix d'une méthode

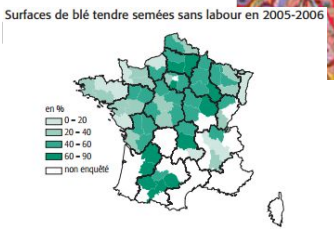
	Méthodes directes	**Indirectes empiriques**	**Indirectes mécanistes**
Exploitation	Trop couteûses, mais…	Non sauf si régionalisées	Oui, mais avec quelle précision hors des sites de suivi long terme?
Région, pays	Oui	Oui mais robustesse discutable de certains facteurs d'émission	Tests sur le biais (ou le non biais) et la précision des modèles à ces échelles en cours
Remarques	- Le coût augmente si on augmente la résolution temporelle et thématique, - Question de l'additionnalité et du “leakage”	- Méthode par défaut en cas de données sols lacunaires - Nécessite des données de gestion	Nécessité d’estimations correctes des entrées de C

Adapté de Conant et al. 2011 (Front. Ecol. Environ.)

	Méthodes directes	**Indirectes empiriques**	**Indirectes mécanistes**
Exploitation	Trop couteûses, mais…	Non sauf si régionalisées	Oui, mais avec quelle précision hors des sites de suivi long terme?
Région, pays	Oui	Oui mais robustesse discutable de d'émission	Tests sur le biais (ou le non bias) et la précision des modèles à ces échelles
Remarques	- Le coût augmente si on augmente la résolution temporelle et thématique, - Question de l'additionnalité et du “leakage”	- Méthode par défaut en cas de données sols lacunaires - Nécessite des données de gestion	Nécessite des d’estimation d entrées de C co







INRA SCIENCE & IMPACT
CC BY NC

Conclusions

- Difficulté d'un suivi des stocks de C à l'échelle d'une exploitation agricole en raison du coût et des incertitudes associées (liées à la variabilité spatiale des facteurs de l'évolution des stocks)

- Il est possible de capter les tendances d'évolution à l'échelle d'une région et d'un pays en couplant réseaux de suivi et modélisation

- Des progrès en cours sur la connaissance des processus, les méthodes d'échantillonnage, l'observation des flux et des stocks, la CNS et la modélisation mécaniste

INRA SCIENCE & IMPACT

CC BY NC

Merci de votre attention!

martial.bernoux@ird.fr
pierre.cellier@grignon.inra.fr
dominique.Arrouays@inra.fr
nicolas.saby@inra.fr
pierre.Cellier@inra.fr
christian.walter@agrocampus-ouest.fr
manuel.martin@inra.fr

INRA SCIENCE & IMPACT

cc BY NC

CW30
CW31
CW32

Diapositive 23

CW30 il me semble qu'il manque une conclusion qui reprendrait quelques messages essentiels :
-la difficulté d'un suivi des stocks de C à l'échelle d'une exploitation agricole en raison du coût et des incertitudes associées : en rappeler les principales sources
Christian Walter; 02/12/2016

CW31 - la possibilité de capter les tendances d'évolution à l'échelle d'une région et d'un pays en couplant réseaux de suivi et modélisation
Christian Walter; 02/12/2016

CW32 - des progrès en cours sur ...
Christian Walter; 02/12/2016

CW40
CW41
CW42

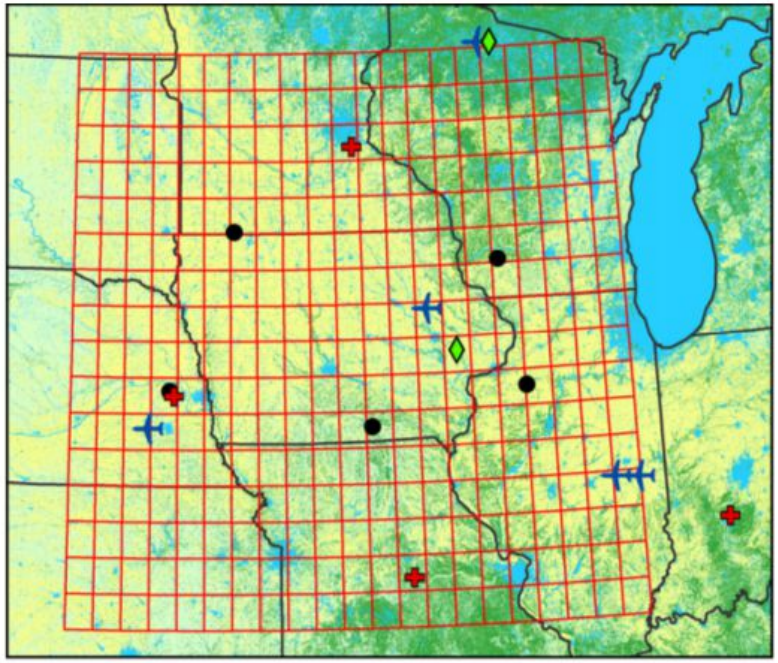
Diapositive 24

CW40 il me semble qu'il manque une conclusion qui reprendrait quelques messages essentiels :
-la difficulté d'un suivi des stocks de C à l'échelle d'une exploitation agricole en raison du coût et des incertitudes associées : en rappeler les principales sources
Christian Walter; 02/12/2016

CW41 - la possibilité de capter les tendances d'évolution à l'échelle d'une région et d'un pays en couplant réseaux de suivi et modélisation
Christian Walter; 02/12/2016

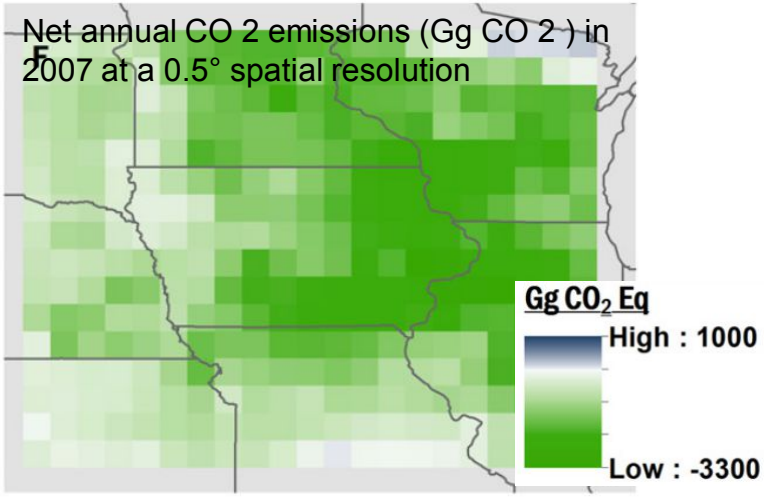
CW42 - des progrès en cours sur ...
Christian Walter; 02/12/2016

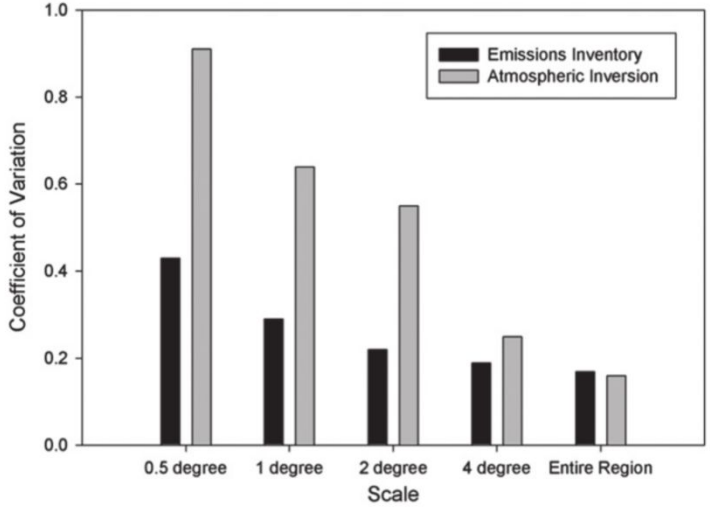
Exemple : l'inventaire d'émissions de GES des Etats-Unis (suite)



Tower Sites
- NOAA Tall Tower
- NOAA Aircraft Site
- Calibrated Ameriflux Tower
- Ring of Towers

LANDCOVER
- Cropland
- Forest
- Grassland
- Other



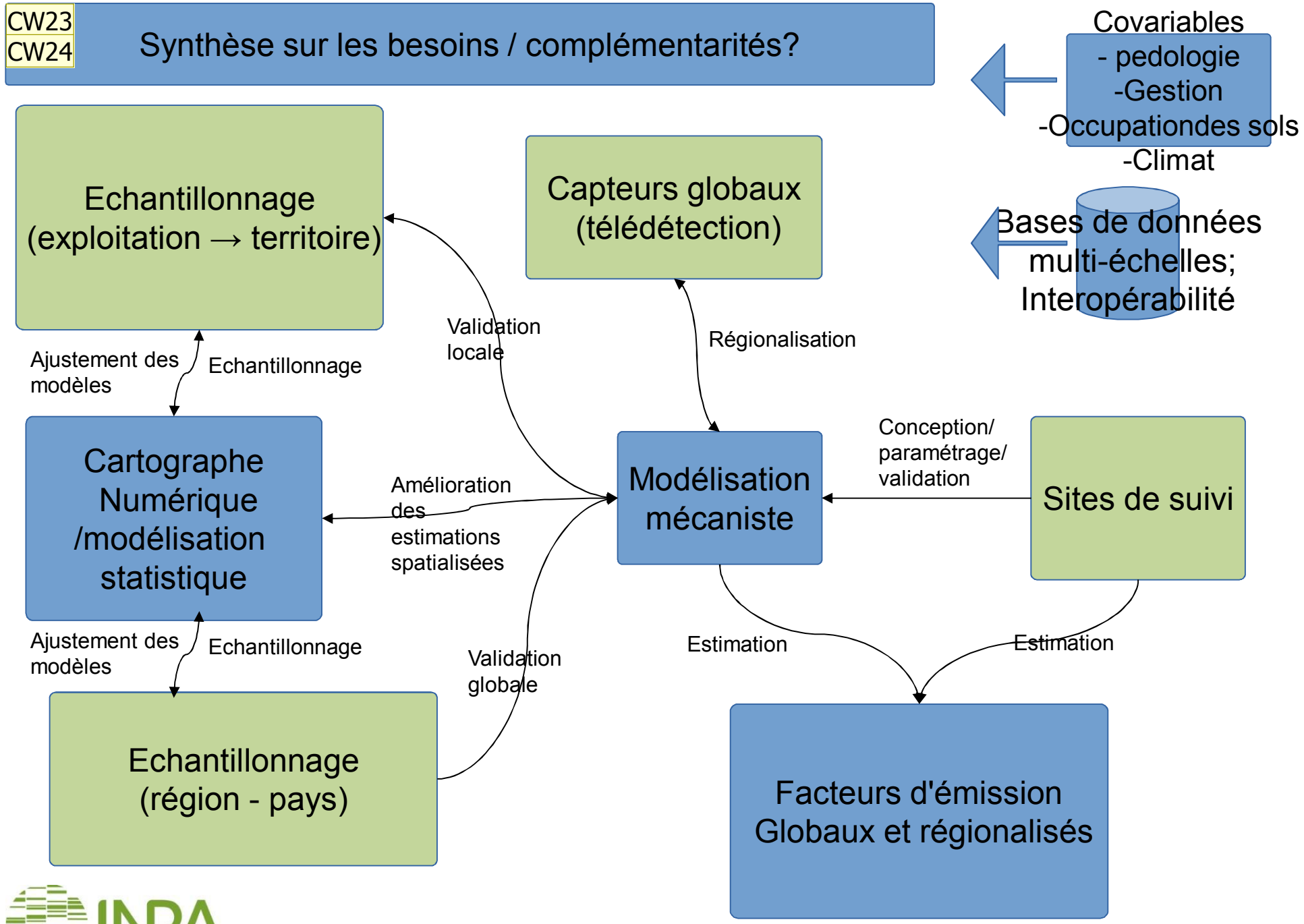


SCIENCE & IMPACT

BY NC

CW23
CW24

Synthèse sur les besoins / complémentarités?



INRA SCIENCE & IMPACT

CC BY NC

Diapositive 26

CW23 cette diapositive apparaît trop compliquée pour finir, non ?
Christian Walter; 02/12/2016

CW24 Que s'agit'il de montrer ? la complémentarité des méthodes qui permettrait un suivi assez fin des évolutions de stocks de C. Mais à quelle échelle ?
Christian Walter; 02/12/2016

Facteurs d'émissions et lignes directrices du GIEC

- Principe :
  - Facteurs d'émissions par classe
  - Émissions égales aux différences de stock
  - Symétrie, réversibilité des évolutions sur 20 ans
  - Appliquées au prorata des surfaces concernées

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

CW39

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

- Les facteurs d'émission par défaut sont issus d'un nombre (très) limité de sites expérimentaux

- Probablement assez représentatif des grandes tendances au niveau national ou continental

CW38

- Application aux échelles locales déconseillée (Smith et al., Glob. Change Biol. 2014)

- Une recommandation (Tier 2) : conserver l'approche et les classes mais ré-estimer les facteurs d'émission à l'aide de données locales

INRA SCIENCE & IMPACT

CC BY NC

Diapositive 27

CW38 quelles classes ?
Christian Walter; 02/12/2016

CW39 expliciter par oral Flu, FMg...
Christian Walter; 02/12/2016