

Labex
BASC

Biodiversité, Agroécosystèmes, Société, Climat

Réseau SolFIT
Sols : Fonctions,
Impacts, Territoires



Ecole chercheur

***Evaluation des services fournis par les sols
pour une prise en compte dans le
développement territorial***

24 et 25 janvier 2013

Ecocentre de la Bergerie de Villarceaux

Ecole Chercheur

Evaluation des services fournis par les sols pour une prise en compte dans le développement territorial

24 et 25 janvier 2013 - Bergerie de Villarceaux (95710 Chaussy)

Introduction

Concepts et définitions : Antonio Bispo (Ademe)

Méthodes (approches) d'évaluation des services fournis par les sols

- **Agronomiques** : David Montagne, Joël Michelin (*APT-EGC*)
- **Environnementales** : C. Pélosi (*INRA-PESSAC*), C. Chenu (*APT-Bioemco*)
- **Economiques** : Pierre-Alain Jayet (*INRA-EcoPub*)
- **Culturelles-archéologiques** : Cécilia Cammas (*INRAP*)
- **Socio-juridiques** : Romain Melot (*INRA-Sadapt*)
- **Paysagères** : Roland Vidal (*Ecole du Paysage-Versailles*)
- **Méthodes intégrées** : Catherine Keller (*Univ. Aix-Marseille-CEREGE*)

Conférence-débat : Plateau de Saclay : le plein du vide - Hervé Brédif (*Univ. Paris I*)

« **Travaux Pratiques** » : mise en place d'un cahier des charge d'un observatoire pour l'évaluation de services fournis par les sols dans le territoire périurbain de Saclay

Table ronde : *Les services rendus par les sols : attentes et besoins des gestionnaires de territoires* – animation Cyril Girardin

- Claire Chenu - *Programme MEDDE GESSOL*
- Christine Aubry - *DIM-ASTREA Région Ile-de-France*
- Stéphanie Lux - *NatureParif*
- Marie-Pierre Digard – *Terre & Cité, et Maire Adjointe d'Orsay,*
- Ghislain Mercier – *Etablissement Public de Paris-Saclay,*
- Nathalie Petitjean - *Agence des Espaces Verts d'Ile de France*

Posters

Inventaire des « sites d'observation des services des sols » des équipes du réseau SolFIT

Organisation :

Enrique Barriuso - *EGC-Grignon* (
Cécile Cammas - *INRAP-Grignon*
Claire Chenu, Cyril Girardin - *Bioemco-Grignon*
Christine Hatté, Olivier Evrard - *LSCE-Gif*
Romain Melot - *SADAPT-Paris*
Céline Pelosi - *PESSAC-Versailles*

Logistique :

Liliane Guerrier

Introduction

Le réseau SOLFIT (*Sols : Fonctionnement, Impacts et Territoires*) regroupe les personnes des équipes du Labex BASC (*Biodiversité, Agroécosystèmes, Société, Climat*) travaillant sur les différentes problématiques attachées aux sols. La contribution du réseau SOLFIT au projet du Labex est centrée sur les points suivants :

- ✓ Le développement d'outils d'analyse et d'évaluation des services fournis par les sols.
- ✓ La cartographie territoriale de ces services.
- ✓ La création d'un observatoire des services socio-écosystémiques des sols.
- ✓ La conception d'actions de formation (communication) sur le sol et ses services.

Depuis les travaux du Millenium Ecosystem Assesment, le concept de services écosystémiques se développe très rapidement car il permet de faire un lien entre le fonctionnement des écosystèmes et les attentes des sociétés humaines. Les sols fournissent des services nombreux et importants : support de production alimentaire, régulation de la qualité de l'eau, de l'air, atténuation de polluants, stockage de C et régulation du climat, réservoir de biodiversité...

Dans ce cadre, et au titre de l'action de lancement des activités du réseau, le réseau SOLFIT a organisée cette Ecole Chercheur. Le principe d'organisation était d'alterner (1) des présentations de mise au point de concepts et de description des approches et des méthodes pour traiter les relations « usages des sols - fonctions - services », et (2) des études de cas ou des applications à des dispositifs portés par le Labex. Les objectifs de cette Ecole étaient de permettre l'échange sur les points suivants :

- Les concepts et les définitions : fonctions, services, usages, ... qualité, multifonctionnalité, ...
- Les méthodes d'évaluation des services fournis par les sols : méthodes agronomiques, environnementales, économiques, juridiques, ...
- Les approches spatiales permettant une prise en compte de la dynamique temporelle pour une intégration territoriale des services fournis par les sols : nouvelles demandes, modification d'usages et réversibilité, territorialisation, conflits d'usages, ...
- La gestion des services, manipulation des fonctions des sols : applications pour une ingénierie environnementale, ...
- Les sites d'observation et d'expérimentation portés par les équipes du réseau Sol-BASC : lecture au travers des services considérés et des potentialités d'utilisation, analyse des complémentarités des différents dispositifs, informations sur d'autres dispositifs remarquables existants, identification des manques, ...
- L'application de ces concepts et de ces démarches à l'évaluation et à l'analyse d'une mutation d'usages des sols sur un site donné, le « plateau de Saclay » ayant été retenu comme cas d'étude.

Cette Ecole a réuni une quarantaine de scientifiques, ayant bénéficié des éclairages des scientifiques extérieures et des acteurs du territoire francilien qui ont, en particulier, exprimé les besoins en recherche sur les sols en domaine péri-urbain.

Le groupe d'organisation



Evaluation des services fournis par les sols pour une prise en compte dans le développement territorial

Concepts et définitions

Antonio BISPO

ADEME – Service Agriculture & Forêts

antonio.bispo@ademe.fr



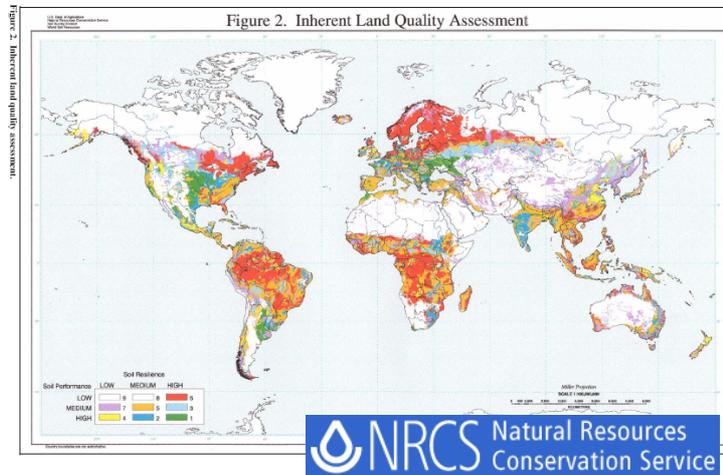
Contexte mondial **Nos sols sous pression**

- **Besoins en surface pour le développement :**
 - **Alimentation de la population mondiale**
 - **Urbanisme grandissant...**
 - **Demande énergétique...**
- **Conserver des surfaces pour la protection de l'environnement :**
 - **Maintien de la biodiversité**
 - **Lutte contre le changement climatique**
 - **Stockage et filtration de l'eau**
- **Concurrence entre les usages... Une compétition pour les sols est engagée...**

Contexte mondial

Le « peak soil »

- **La ressource en terre (agricole) est limitée**
 - **Terres émergées : moins de 15 Md ha (29% de la surface de la Terre)**
 - **20 % de cette surface apte à l'agriculture (3 000 Md ha)**
 - **1 500 Md ha utilisés et seulement 500 à 800 Md facilement accessibles**
 - **Sans compter les terres qui se dégradent (400 Md ha)**



- **On a passé le Peak Soil : on a « consommé » ce qui était facile à mettre en culture**

Les enjeux : comment et à quoi affecter les sols ?

- **Il faut réfléchir à l'usage des sols...**
- **Comment arbitrer l'affectation des sols au niveau mondial mais également local en fonction de :**
 - **leurs propriétés (notion de « qualité »)**
 - **nos besoins actuels (notion de « service »)**
- **Comment garantir/conservier leurs usages futurs ? (notion de « multi-fonctionnalité »)**



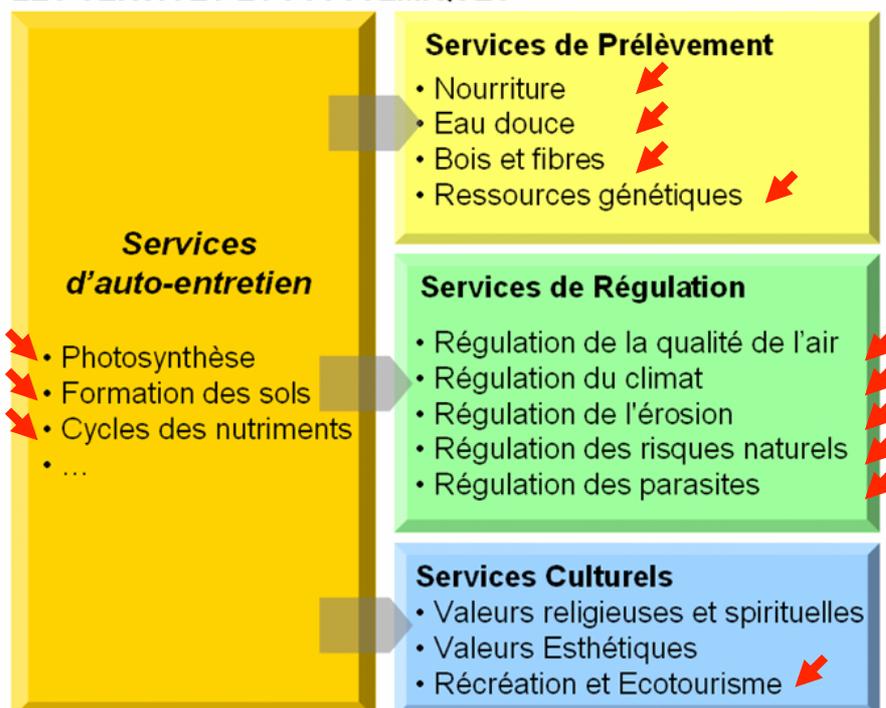
De la notion de qualité des sols à la multifonctionnalité des sols

- Définitions multiples de la qualité des sols (soil quality - soil health) : *capacité d'un type de sol à fonctionner au sein d'un écosystème et d'un usage, permettant la production biologique, le maintien de la qualité de l'environnement et la préservation de la santé des plantes, des animaux et de l'Homme (Doran et Parkin, 1994)*
- Qualités ou propriétés recherchées sont différentes pour chaque usage (=> qualité pour quoi faire)
- Les notions de *services/fonctions* et de *durabilité* (ne pas compromettre les usages futurs) s'ajoutent peu à peu aux définitions



La place du sol dans les services

LES SERVICES ECOSYSTÉMIQUES



Adapté de MEA
(2005)

- **Nombreux usages du terme fonctions :**
 - *Fonction = processus*
 - *Fonction(nement) d'un système plus complexe*
 - *Fonction = rôle d'un organismes*
 - *Fonction = service*
- **Termes souvent utilisés l'un pour l'autre (ex : [pDPS](#) parle de fonctions des sols alors que ce sont plutôt des services qui sont décrits)**
- **Définition proposée dans le cadre du CS GESSOL :**
les fonctions sont les processus naturels internes au sol, issus des interactions entre les composantes biotiques et abiotiques, qui génèrent des produits et des services satisfaisant les besoins des sociétés (adapté de [de Groot et al. 2002, 2010](#))

Chapitre I Dispositions générales

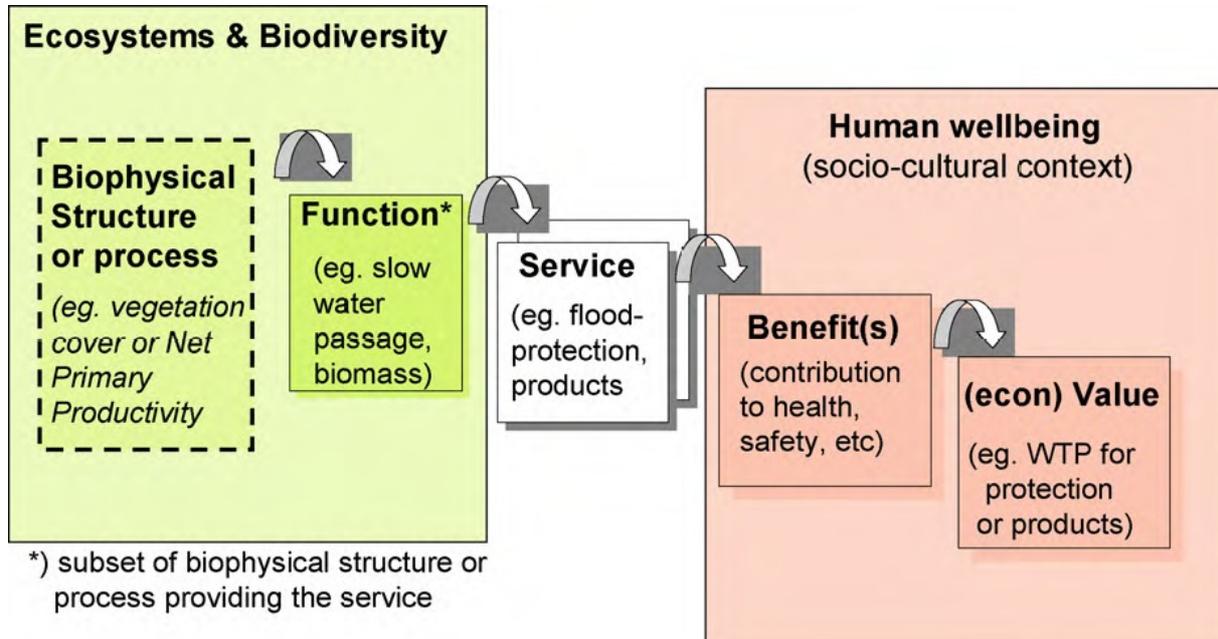
Article 1

Article premier Objet et champ d'application

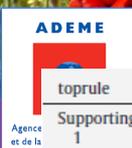
1. La présente directive définit un cadre pour la protection des sols et la préservation de leur capacité à remplir chacune des fonctions écologiques, économiques, sociales et culturelles suivantes:
 - a) production de biomasse, notamment pour l'agriculture et la foresterie;
 - b) stockage, filtrage et transformation d'éléments nutritifs, de substances et d'eau;
 - c) vivier de la biodiversité, notamment habitats, espèces et gènes;
 - d) environnement physique et culturel de l'homme et des activités humaines;
 - e) source de matières premières;
 - f) réservoir de carbone;
 - g) conservation du patrimoine géologique et architectural.



Liens fonctions- services



R.S. de Groot et al. / *Ecological Complexity* 7 (2010) 260–272



toprule	Ecosystem service	Soil function
Supporting		
1	Primary production	Support for terrestrial vegetation
2	Soil formation	Soil formation processes
3	Nutrient cycling	Storage, internal cycling and processing of nutrients
Provisioning		
4	Refugia	Providing habitat for resident and transient populations
5	Water storage	Retention of water in landscape
6	Platform	Supporting structures
7	Food supply	Provisioning plant growth
8	Biomaterials	Provisioning plant growth
9	Raw materials	Provisioning source materials
10	Biodiversity and genetic resources	Sources of unique biological materials and products
Regulating		
11	Water quality regulation	Filtration and buffering of water
12	Water supply regulation	Regulation of hydrological flows
13	Gas regulation	Regulation of atmospheric chemical composition.
14	Climate regulation	Regulation of global temperature, precipitation, and other biologically mediated climatic processes
15	Erosion control	Soil and colloid retention within an ecosystem
Cultural		
16	Recreation	Providing a platform for recreational activities
17	Cognitive	Opportunities for noncommercial activities
18	Heritage	Holds archaeological record of terrestrial occupancy and civilisations

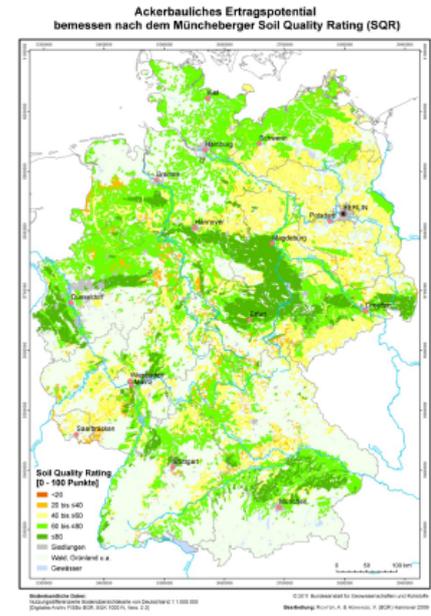
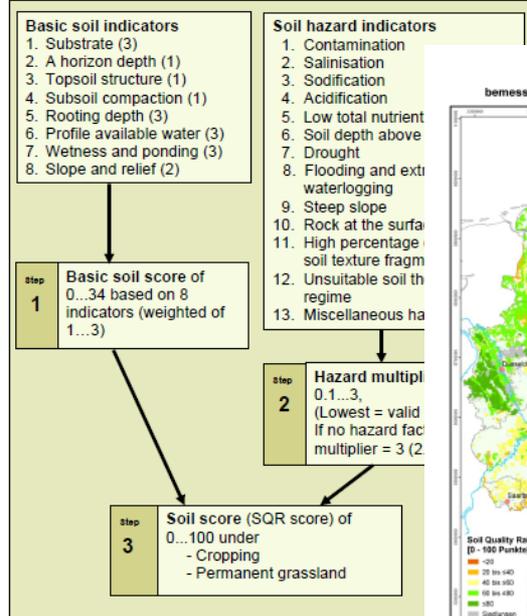
Relier services et fonctions

Quelle démarche ?
Quels indicateurs ?



Démarche allemande

The Muencheberg Soil Quality Rating



DRAFT New Work Item proposal ISO/TC 190/SC 7: Soil quality — Sustainable soil use — On-site assessment of soil suitability for arable and grassland farming and estimation of crop yield potential (soil quality rating)



Démarche participative NL

1. Impliquer différents acteurs dans la définition des services écosystémiques

➤ *Présenter les services et les hiérarchiser*

2. Sélection par des experts « sol » des indicateurs pertinents pour renseigner les SE et fonctions retenus

➤ *Batterie d'indicateurs à renseigner ou mesurer Collecte ou campagne d'analyse*

spatial scale	name + aff.	land use →
0* spatial scale 1 (local)		
0 spatial scale 2 (regional, Europe)		
0 spatial scale 3 (national, Europe)		
ECOSYSTEM SERVICE		
1. production function (e.g. soil fertility)	a. nutrient retention and release b. soil structure, stable aggregates	...
2. resistance, resilience, adaptation	a. resistance and resilience to stress b. adaptation and flexibility towards land use	...
3. buffer and reactor function (environmental functions)	a. fragmentation, mineralization and storage organic matter b. natural attenuation, clean ground water c. water retention, release and transport d. climate functions (air, greenhouse gasses, temperature, water)	...
4. biodiversity and habitat function (includes ethical aspects: not an ecosystem service sensu stricto)		...
A. Extra ecosystem service (description)		...
B. Extra ecosystem service (description)		...

Soil Ecosystem Service	Regional	National	Weighted average	
1c. Natural disease suppressiveness	4.3 ± 0.8	3.5 ± 1.7	4.5 ± 0.7	4.0
2a. Water retention, release, transport	3.7 ± 1.0	4.0 ± 0.8	4.0 ± 1.4	3.9
1a. Nutrient retention and release	5.0 ± 0.0	3.0 ± 1.8	3.0 ± 0.0	3.8
4. Biodiversity and habitat function				
1b. Soil structure	4.7 ± 0.5	2.5 ± 1.0	1.5 ± 0.7	3.2
3b. Natural attenuation	1.5 ± 0.5	4.3 ± 1.0	4.0 ± 1.4	3.1
3a. Fragmentation and storage organic matter	3.0 ± 0.9	3.5 ± 0.6	1.0 ± 1.4	2.8
2a. Resistance and resilience	3.2 ± 1.3	1.8 ± 1.0	3.0 ± 1.4	2.6
2b. Adaptation and flexibility	1.3 ± 0.5	2.8 ± 1.7	4.0 ± 0.0	2.4
3d. Climate functions	0.5 ± 0.5	2.0 ± 1.8	0.5 ± 0.7	1.1

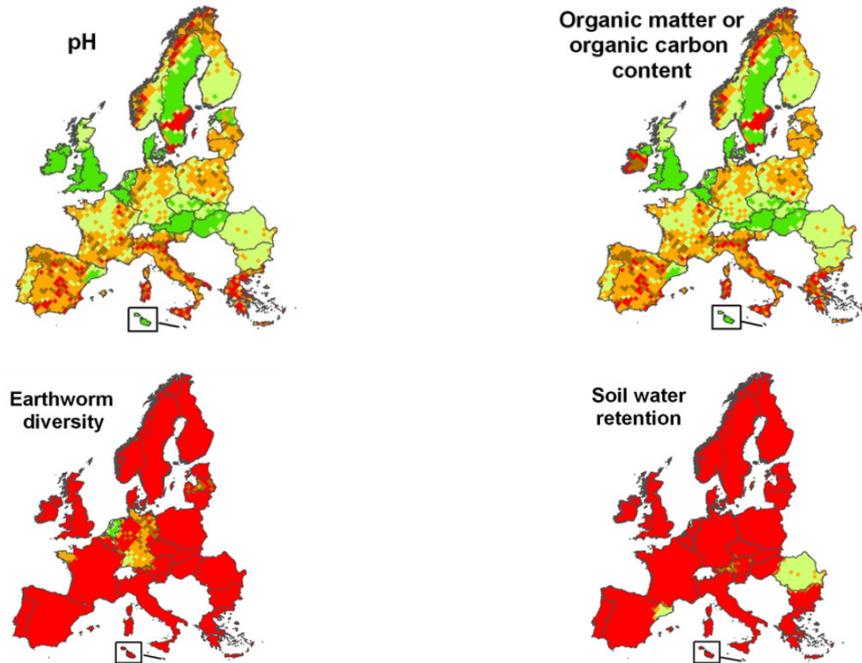
(Rutgers et al, 2011)



Soil monitoring in Europe: A review of existing systems and requirements for harmonisation

X. Morvan^{a,b*}, N.P.A. Saby^a, D. Arrouays^a, C. Le Bas^a, R.J.A. Jones^c, F.G.A. Verheijen^c, P.H. Bellamy^c, M. Stephens^c, M.G. Kibblewhite^c

Disponibilité des indicateurs (ex : réseaux de surveillance)



Des indicateurs utilisés depuis toujours (Ethnopedologie)

N. Barrera-Bassols, J.A. Zinck / *Geoderma* 111 (2003) 171–195

179

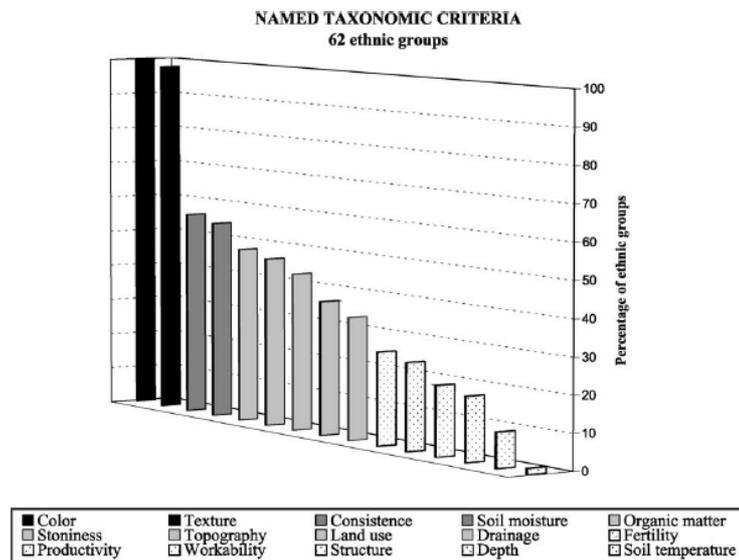


Fig. 3. Characteristics and qualities used by local peoples to classify soils.



Liste d'indicateurs

Propriétés	Indicateurs possibles
Physiques	Profondeur du sol, couleur, texture, structure, stabilité structurale, état de surface, masses volumiques, macroporosité, microporosité, perméabilité, humidité du sol, minéralogie, résistance à la compaction...
Chimiques	Paramètres « agronomiques » : pH, teneur en matière organique, fractionnement de la matière organique, quantité de calcaire actif, potentiel rédox, capacité d'échange cationique, teneur en éléments majeurs (N, P, K, Mg, Fe, Al) et en oligoéléments (Cu, Mg, Mn, Zn) Paramètres « environnementaux » : teneur en contaminants métalliques (Cd, Hg, Pb) et organiques (hydrocarbures, pesticides, polychlorobiphényles)...
Biologiques	Microflore du sol : dénombrements bactériens et fongiques, diversité basée sur des profils d'acides gras phospholipidiques (PLFA) ou des empreintes moléculaires, activités totales (respiration) ou spécifiques (nitrification), présence de mycorhizes, ergostérol... Faune du sol : diversité et abondance des lombriciens, des collemboles, des acariens, des nématodes, activité de la faune du sol (dégradation de la litière, nombre de galeries, présence de turricules)...



Démarche participative NL

Rutgers M, et al. A method to assess ecosystem services developed from soil attributes with stakeholders and data of four arable farms, Sci Total Environ (2011), doi:10.1016/j.scitotenv.2011.04.041

Ranking	Parameter	Total score	Services									
			1. Production	2. Resistance, adaptation	3. Environment (buffer en reactor)	4.						
			a. Nutrient retention and release	b. Soil structure, stable aggregates, profile opening	c. Natural disease suppressiveness	a. Resistance and resilience	b. Adaptation, flexibility, land use change options	a. Fragmentation and mineralization SOM	b. Natural attenuation, clean groundwater	c. Water retention, release and transport	d. Climate functions (air, greenhouse gases, filtering, temperature)	4. Biodiversity and habitat function
1	Rotation	118	13	13	19	10	10	10	11	16	3	13
2	Soil organic matter (% dw)	115	17	12	13	10	10	10	10	19	4	10
3	Abundance earthworms (number per m2)	95	14	14	9	7	8	12	7	14	3	7
10	Biomass bacteria (mg C per g dw)	86	12	10	10	6	7	11	11	9	4	7
12	pH (KCl)	85	14	10	11	6	6	10	9	5	4	11
13	Diversity earthworms (number of taxa)	85	9	10	9	8	9	7	7	9	3	14
19	Diversity nematodes (number of taxa)	83	11	6	12	9	9	7	7	4	2	16
21	Physiological diversity bacteria (Biolog CLPP: Hill's slope)	83	9	5	10	9	9	10	8	6	4	13
24	Potential C-mineralisation	74	15	7	7	5	7	11	7	8	2	4
26	Diversity micro-arthropods (number of taxa)	72	6	4	12	8	9	5	5	5	2	16
32	Potential N-mineralisation	68	17	5	5	4	7	10	6	8	2	4
40	Water soluble P (Pw) and extractable P (PAL)	64	13	6	4	6	6	7	8	5	2	6
47	Nematode plant-parasites (number per 100 g soil)	51	5	3	15	4	3	4	3	5	2	7
50	Metal concentrations (mg per g dw)	47	4	4	6	6	5	4	8	4	2	5

Indicateurs

1. Impliquer les acteurs territoriaux dans la définition des services écosystémiques (SE)
 - *Présenter les services et les hiérarchiser*

2. Sélection par des experts « sol » des indicateurs « proxy » pertinents pour renseigner les SE retenus
 - *Batterie d'indicateurs à renseigner ou mesurer*
 - *Collecte ou campagne d'analyse*

3. Calcul et spatialisation des SE sur les territoires, besoin de références...
 - *Comparaison à des références*

1. Combinaisons des **15 "usages/ecosystèmes/types de sol"** pour lesquelles des références ont été développées
2. Groupes de travail (chercheurs, agriculteurs, conseillers agricoles...) pour décider des **situations de référence**...

Land use category		soil type	
1. nature	heathland	sand, peat	
	semi-natural grassland	sand, clay, peat	
	deciduous and boreal forest	sand	
2. agriculture	dairy farming	sand, clay, peat	
	arable farming	sand, clay, peat	
3. other green areas	natural buffer areas, recreation, gardens (urban and rural areas), allotments, parks, green strips at urban, industrial and infrastructural sites*	grass	sand, clay, peat
		shrubs	
		wood	



Exemple de référence

Sandy soils	Reference for dairy farming	Dairy farming Netherlands		
		average	Percentiles	
			5%	95%
	average (n=6)	average (n=81)		
Bacterial biomass (µg C/g dry weight soil)	132	146	40	293
Bacterial activity (thymidine-incorporation; pmol/g.h)	77	65	3	215
Bacterial diversity (number of DNA bands)	57	51	38	65
Potential C mineralization (mg C/kg.wk)	61	66	21	127
Potential N mineralization (mg N/kg.wk)	12	9	3	17
Biolog degradation capacity (µg soil/50%deg.cap).	300	590	40	1670
Fungal biomass (µg C/g dry weight soil)	(na)*	(na)		
Nematode density (n/g fresh weight soil)	59.9	48.5	24.5	77.6
Nematode diversity (number of taxa)	31	34	27	42
Enchytraeid density (n/m ²)	20700	24800	4550	60500
Enchytraeid diversity (number of taxa)	9	8	4	12
Earthworm density (n / m ²)	64	163	24	388
Earthworm diversity (number of taxa)	5	5	3	7
Micro-arthropod density (n/ m ²)	43500	44700	14700	123000
Micro-arthropod diversity (number of taxa)	24	27	15	41



Calcul et spatialisation de SE

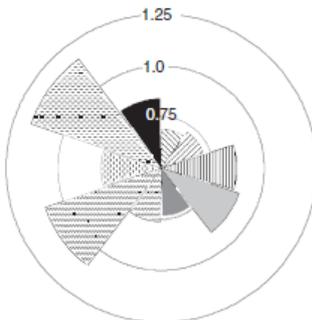
$$NAC = 10 \left(\frac{\log\left(\frac{FMA}{FMA_{ref}}\right) + \log\left(\frac{pH}{pH_{ref}}\right) + \log\left(\frac{SOM}{SOM_{ref}}\right) + \log\left(\frac{PAL}{PAL_{ref}}\right) + \log\left(\frac{PotC}{PotC_{ref}}\right) + \log\left(\frac{PotN}{PotN_{ref}}\right)}{6} \right)$$

and in few grid cells:

$$NAC = 10 \left(\frac{\log\left(\frac{pH}{pH_{ref}}\right) + \log\left(\frac{PAL}{PAL_{ref}}\right) + \log\left(\frac{PotC}{PotC_{ref}}\right) + \log\left(\frac{PotN}{PotN_{ref}}\right) - \log\left(\frac{FMA}{FMA_{ref}}\right) - \log\left(\frac{SOM}{SOM_{ref}}\right)}{6} \right)$$

van Wijnen H.J., et al. How to calculate the spatial distribution of ecosystem services — Natural attenuation as example from The Netherlands. Sci Total Environ (2011), doi:10.1016/j.scitotenv.2011.05.058

Échelle « exploitation »



- 1a. nutrient functions
- 1b. soil structure
- 1c. disease suppressiveness
- 2a. resistance and resilience
- 2b. flexibility and adaptation
- 3a. organic matter functions
- 3b. natural attenuation
- 3c. water functions
- 3d. climate functions
- 4. habitat

Natural attenuation

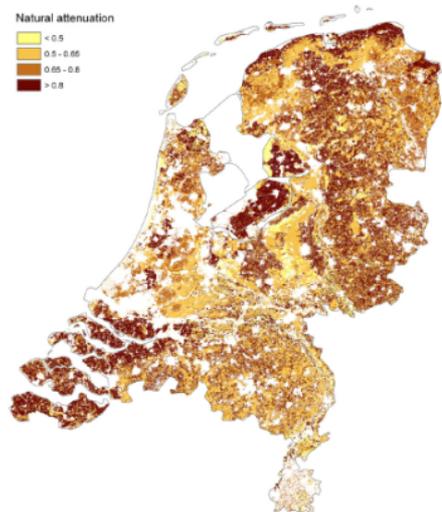


Fig. 3. Ecosystem service "natural attenuation of pollutants", based on six soil properties.

Échelle « nationale »

Programme ADEME - Bioindicateurs

Calcul des services écosystémiques potentiels

1. Choix et pondération des services issus d'un questionnaire

- **Choix (public agronome)**
 - **Maintien de la biodiversité (B)**
 - **Recyclage des nutriments (R)**
 - **Tampon/réactivité des sols (T)**

- **Pondération (= « arbitrage »)**
 - **B = 0,19**
 - **R = 0,50**
 - **T = 0,31**

2. Choix des indicateurs et de la référence

3. Calculs des services

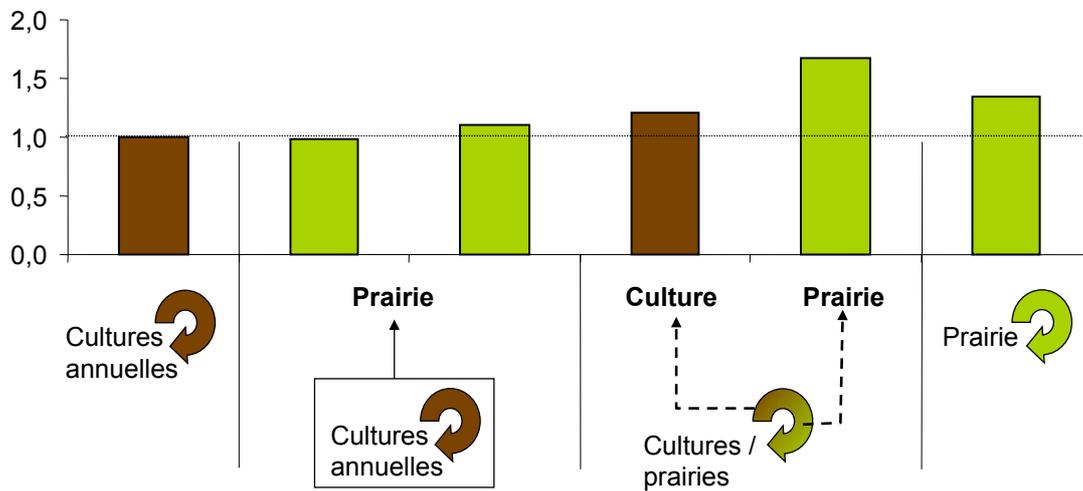
M. Hedde, 2012

Choix des indicateurs

Services écosystémiques	Fonctions requises	Indicateurs
Biodiversité	B1. Capacité d'accueil du sol	Biomasse microbienne Biomasse fongique Biomasse bactérienne Densité totale de nématodes Densité totale de microarthropodes Densité totale de macroinvertébrés Densité totale de lombriciens
	B2. Hébergement d'une forte diversité taxonomique	Nombre de familles de nématodes Nombre d'espèces de collemboles Nombre d'ordres de macroinvertébrés Nombre d'espèces de lombriciens
	B3. Hébergement d'une forte diversité fonctionnelle	Diversité catabolique microbienne (AWCD de Biolog) Respiration spécifique du carbone Minéralisation de l'azote Indice de structure des communautés de nématodes Nombre de groupes fonctionnels de collemboles Nombre de groupes fonctionnels de lombriciens
Recyclage des nutriments	R1. Capacité à décomposer les MOS	Respiration spécifique du carbone N minéralisable Activité glucosidase Activité arylamidase Activité phosphatase alcaline Activité glucosidase Densité de nématodes libres Biomasse de lombriciens endogés
	R2. Capacité à dégrader les MOS (fractionnement + enfouissement)	Densité totale de collemboles Densité totale de macrosaprophages (cloportes, diplopodes, lombriciens épigés, gastéropodes) Densité totale de lombriciens anéciques
Fonction de tampon et de réactivité	T1. Capacité tampon du sol	Teneur en Corg pH Teneur en argile
	T2. Stimulation microbienne	Teneur en azote totale Phosphore assimilable Biomasse microbienne Activité laccase
	T3. Réactivité HAP	Teneur en HAP totaux
	T4. Transfert ETM	SET modalités PhytoMet Cd-met lombriciens

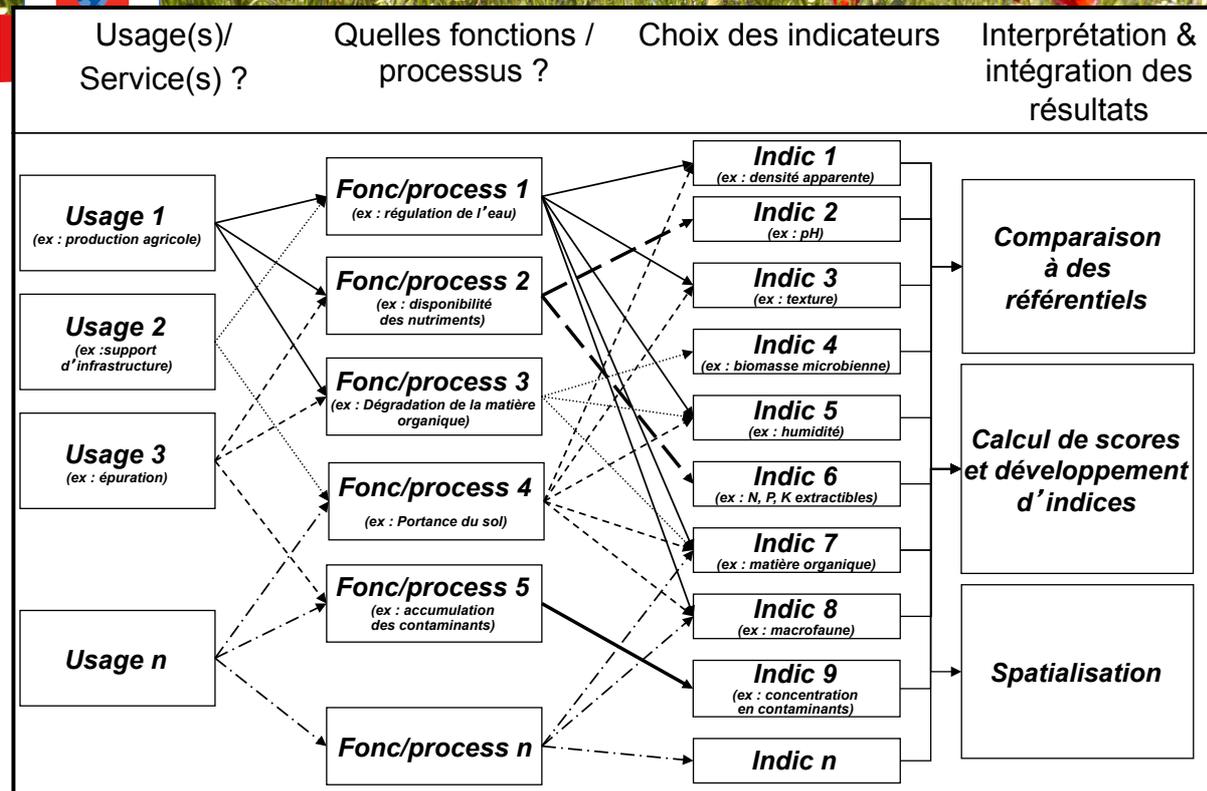


Programme ADEME - Bioindicateurs Calcul des services écosystémiques potentiels



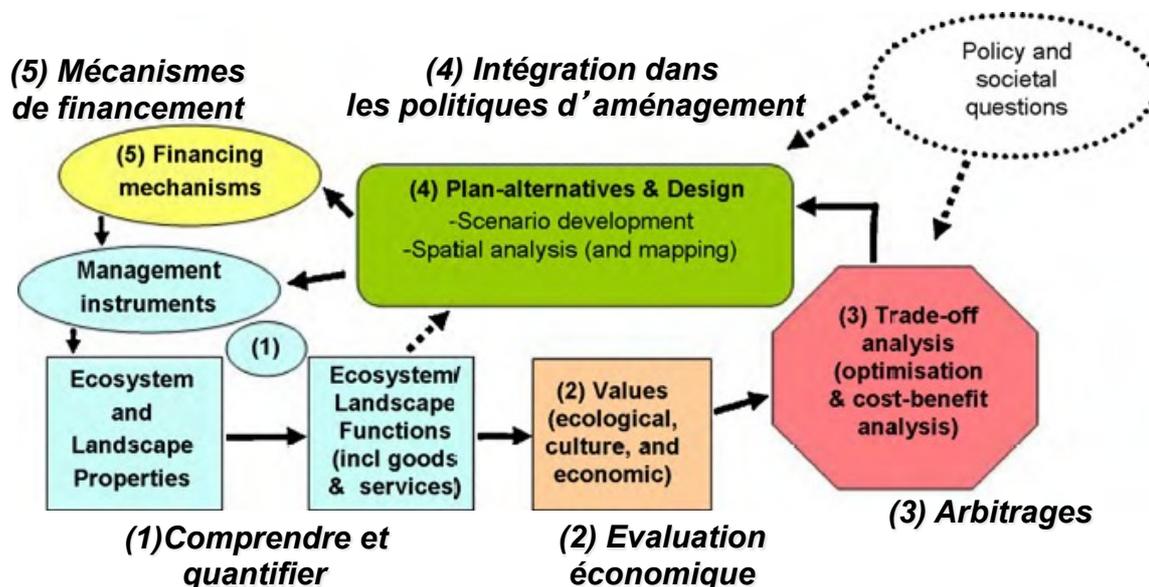
M. Hedde, 2012

Proposition d'une démarche



Adapté de Bispo et al., 2010

Proposition d'un cadre global pour intégrer les SE dans les processus de décision



R.S. de Groot et al. / *Ecological Complexity* 7 (2010) 260–272

Conclusions

- Beaucoup de travaux sur la définition de la qualité des sols avec une **vision fertilité et/ou contamination des sols** (ex: définition d'indices/de scores, de Minimum Data Set...)
- Assez **peu de travaux** sur les autres services portés par les sols et donc peu de regards sur les fonctions à exprimer (et donc les indicateurs liés)
- Travaux à réaliser :
 - **sur le vocabulaire**
 - **sur les liens entre les services, les fonctions et les indicateurs**
 - **sur la spatialisation et l'interprétation des valeurs**
 - **sur l'évaluation économique des services et les arbitrages...**

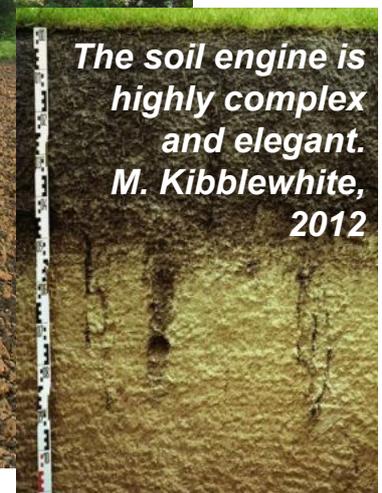


Remarque...

- **Vision très utilitariste des sols > on oriente le fonctionnement des sols pour maximiser les services rendus...**
- **Les sols sont « uniques » : il convient de les protéger et de les gérer en dehors de toute utilisation...**
- **Attention à ne pas trop orienter les fonctions des sols suivant nos attentes actuelles... afin de garantir les futurs services...**

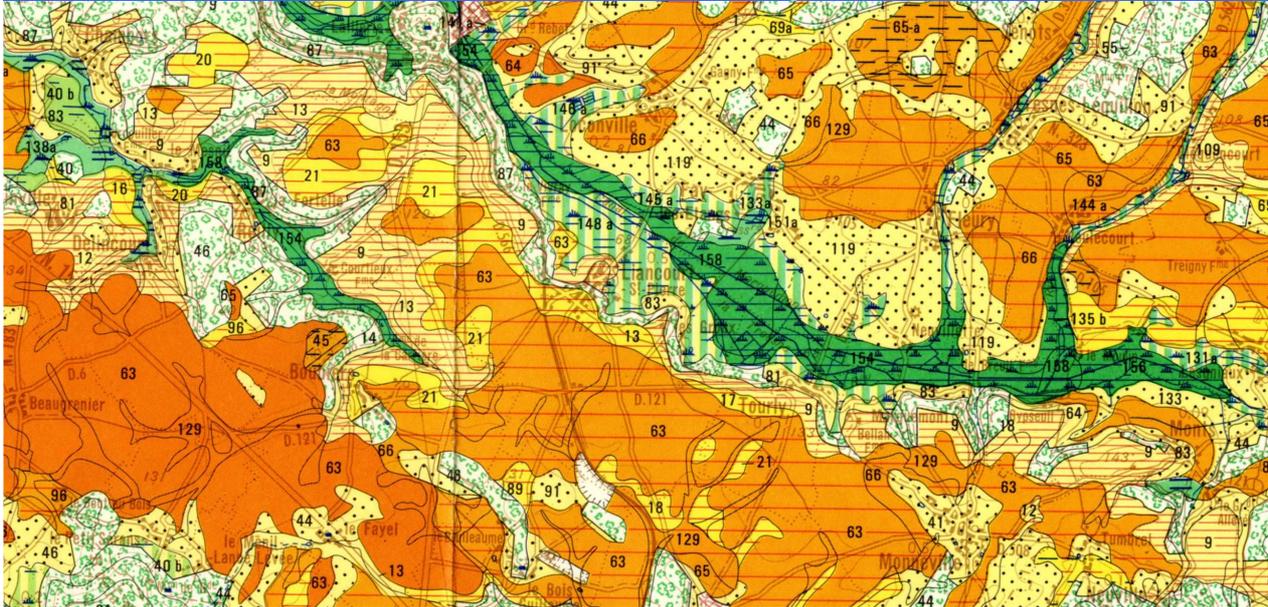


Merci de votre attention



L'évaluation de l'aptitude culturale des sols ou évaluation de la fonction de production

J. Michelin et D. Montagne



Principes généraux et problématique

- Le Sol : un objet variable dans l'espace



Rendzine
Soskut - Hongrie



Podzol
Sernatan - Malaisie



Luvisol
Grignon - France



Ferralsol
Kasarma - Zambie

- Des différences :
 - d'épaisseur
 - de couleur
 - de nature et de taille des constituants
- Qui traduisent :
 - des fonctionnements différents

⇒ des potentialités et des contraintes différentes

⇒ Un besoin d'évaluation

Soils of the World (Fao Unesco ISRIC, 1987)

Photos : W. Bomer

-
-
-

Principes généraux et problématique

- ... et dans le temps

On distingue généralement :

- Les propriétés stables à long terme (> 50 ans) : épaisseur, composition granulométrique et chimique (teneur en carbonates),...
- Modifiables à moyen terme (5-50 ans) : structure et sa stabilité, CEC, capacité de rétention, hydromorphie, biomasses (macro-faune, microbienne,...)
- Facilement modifiables (< 5 ans) : Matières organiques, porosité, pH,...

Une évaluation des aptitudes culturales basées sur des propriétés:

- Observables ou facilement mesurables ⇒ **rapidité et coût faible**
- Stable ou modifiables à moyen terme ⇒ **validité dans le temps**

⇒ **Sélections de quelques propriétés physiques et chimiques** (sauf production forestière)

-
-
-

Principes généraux et problématique

La fertilité ne dépend pas que des propriétés intrinsèques des sols mais aussi :

1. Du contexte climatique et géomorphologique :

- T°, pluviométrie, pente,...

2. Le mode d'occupation du sol :

- usages, pratiques, savoirs,...

3. Les aménagements existants ou possibles :

- irrigation, drainage,...



Confrontation Sol / Usage Climat et géomorphologie

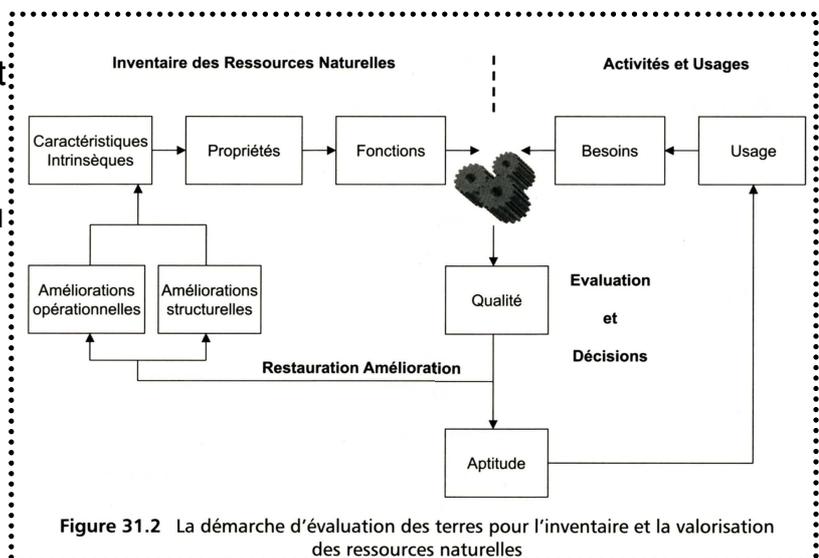
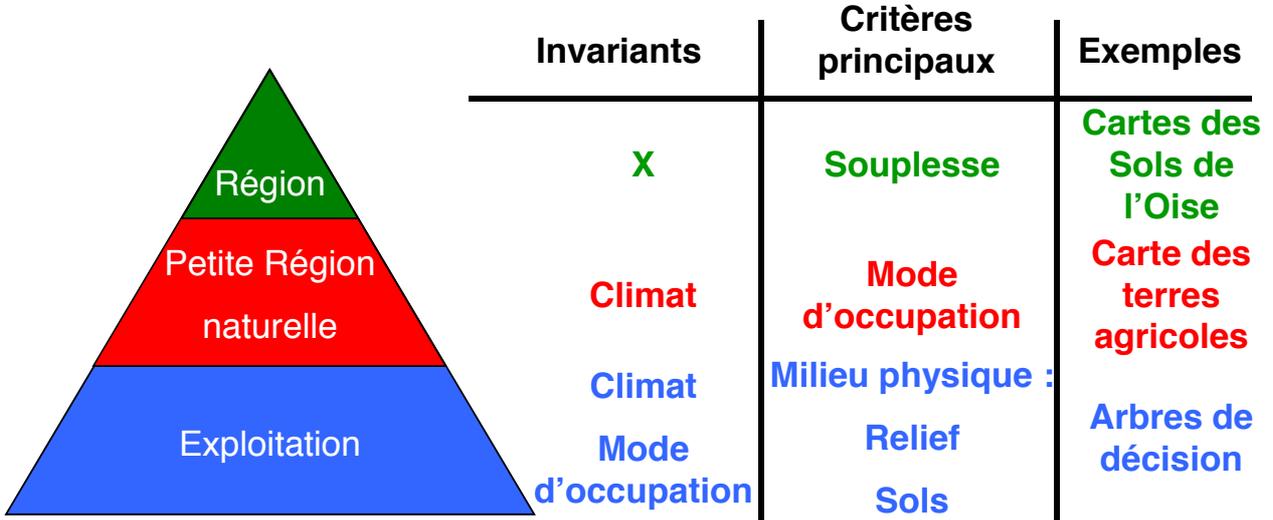


Figure 31.2 La démarche d'évaluation des terres pour l'inventaire et la valorisation des ressources naturelles

-
-
-

Mise en œuvre

Etape 1 : Différents niveaux d'approches



Différents niveaux d'approche pour l'évaluation des terres

Adapté de Girard et al., (2005)



-
-
-

Mise en œuvre

Etape 2 : La construction d'indices de fonctions

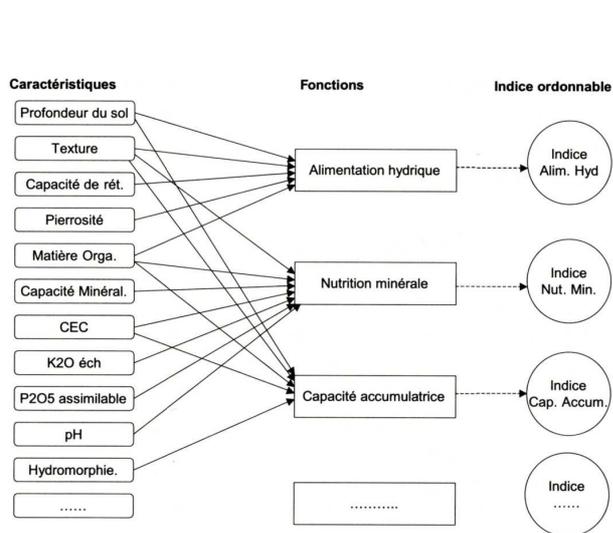


Figure 31.4 Construction d'indices de fonction à partir des caractéristiques

Girard et al., (2005)

1. La Pente

	0-5%	5-10%	10-15%	15-30%	> 30%
	1	2	3	4	5

2. Les Eléments grossiers

%	<5	5-15	15-30	30-60	>60
Graviers	1	1	2	3	4
Cailloux	1	1	3	4	5
Pierres	1	2	3	5	5
Blocs	1	2	4	5	5

3. La Réserve Utile

$$RU_{profil} = \sum_{i=1}^n (WCR_i \cdot WFP_i) \cdot d_i \cdot h_i \cdot (1 - Cx_i)$$



•
•
•

Mise en œuvre

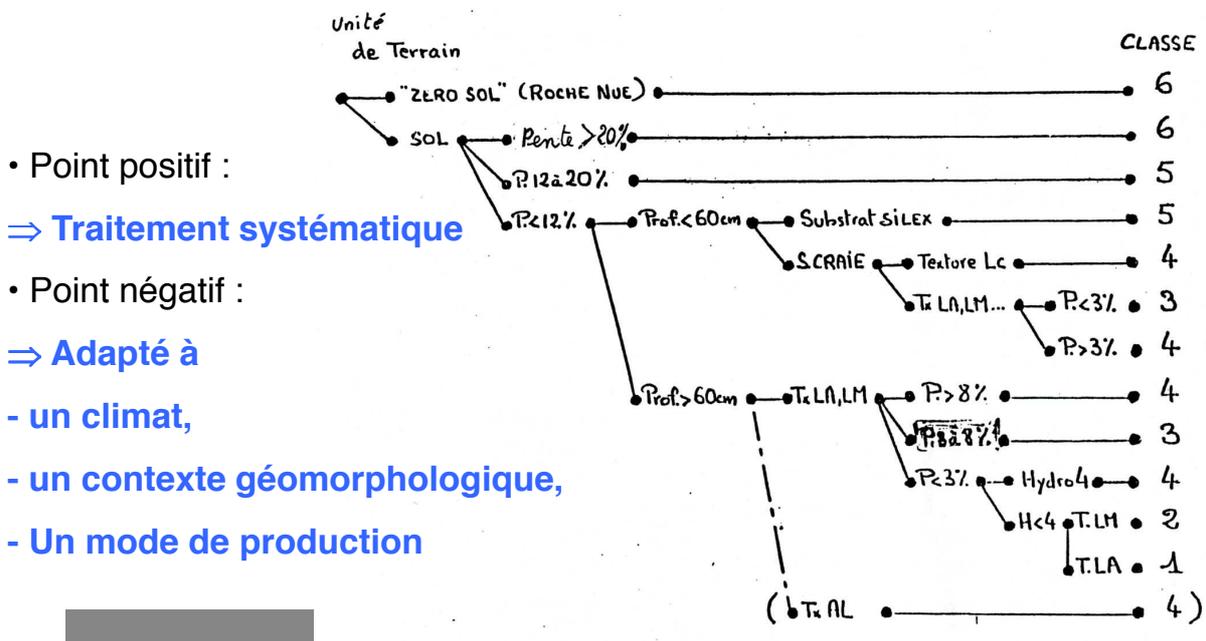
Etape 3 : La combinaison des indices afin d'obtenir des classes d'aptitudes

Le modèle additif	Le modèle hiérarchique
Notation systématique de chaque indice	1. Les facteurs limitant absolus ⇒ Excluent toute activités agricoles ⇒ Ne peuvent pas être levés
Combinaisons variables et complexes pour rendre compte des poids relatifs de chaque indice	2. Contraintes majeures ⇒ Limitent considérablement l'activité agricole ⇒ Peuvent être levées pour un coût raisonnable
	3. Contraintes mineures ⇒ Limitent plus ou moins l'activité agricole

•
•
•

Quelques exemples : l'exploitation

Un exemple de combinaison hiérarchique



- Point positif :
⇒ **Traitement systématique**
- Point négatif :
⇒ **Adapté à**
 - un climat,
 - un contexte géomorphologique,
 - Un mode de production



-
-
-

Quelques exemples : la petite région naturelle

La prise en compte explicite du mode d'occupation :

Exemple des cartes départementales des terres agricoles au 1/50 000,

Unité de sol	Classe de Drainage	Utilisation dominante	Principale contrainte	Classes de terre		
				Agrosystème		
				II	III	IV
Sables et sables limoneux	1-2	Horticulture, Arboriculture fruitière, céréales d'hiver, maïs, tournesol, localement vigne	Réserve en eau faible	1	3R	
Textures très variables	1-3	Maïs, prairies	Risque élevé d'inondation	1	3I	

Extrait de la notice de la carte départementale des terres agricoles au 1/50 000 , feuille de Chinon

Agrosystème II : cultures spécialisées

Agrosystème III : polyculture et élevage

Classe 1 : terres de très haute productivité

Classe 3 : terres de productivité moyenne (R contrainte de RU; I contrainte d'inondation)

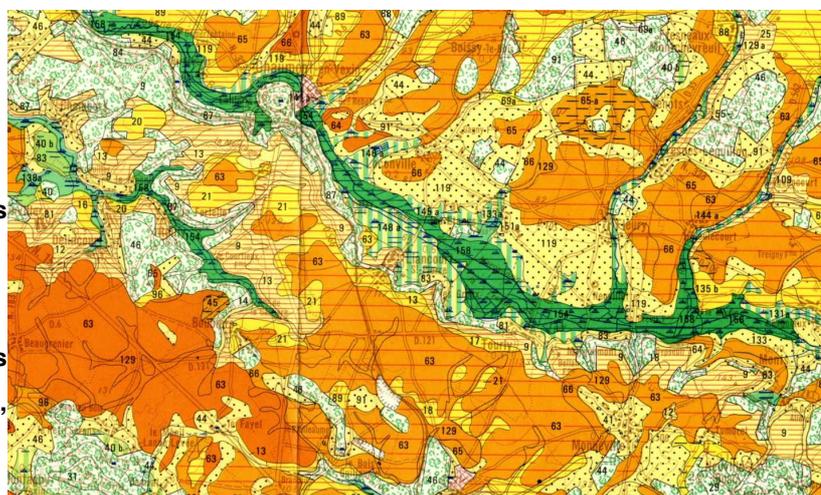
-
-
-

Quelques exemples : la région

La prise en compte explicite des contraintes économiques :

Exemple de la carte des aptitudes culturales des sols du département de l'Oise – adaptabilité aux « marchés » et gamme de cultures possibles

- Large gamme des cultures possibles
- Faible limitation de la gamme des cultures possibles
- Limitation moyenne de la gamme des cultures possibles
- Forte limitation de la gamme des cultures possibles
- Très forte limitation de la gamme des cultures possibles
- Peupleraies, taillis marécageux, tourbières



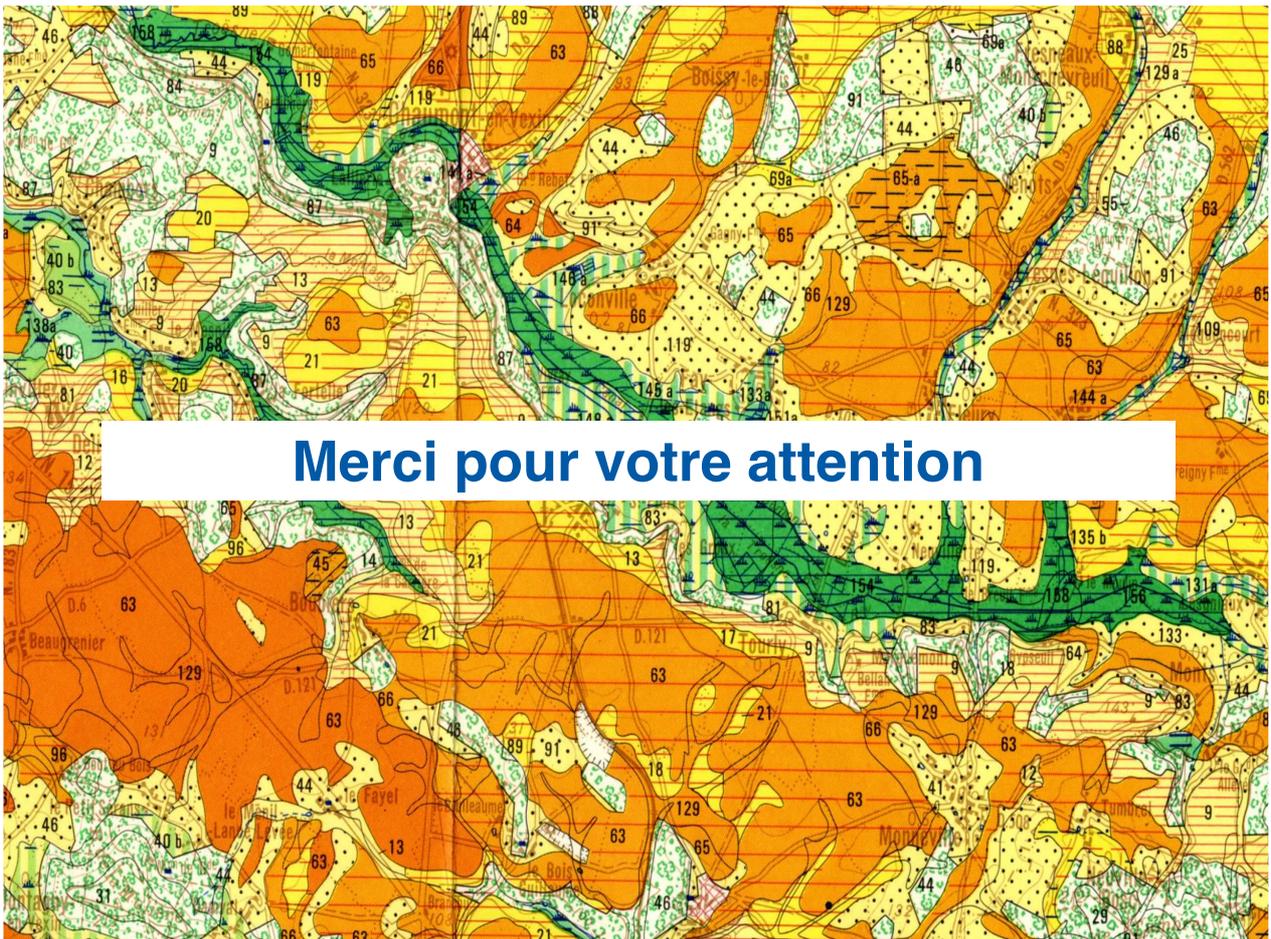
Extrait de la Carte des aptitudes culturales des sols des départements de l'Oise (Begon et al., 1977)



-
-
-

Classement des sols : conclusion

- Un **classement** des sols qui ne s'envisage que **relativement** :
 - au climat
 - à la géomorphologie
 - à l'usage
 - aux contraintes économiques**⇒ Autant de méthodes que de combinaisons de ces différents facteurs**
- Des classements qui :
 - privilégient les propriétés **physiques** et un peu chimique **⇒ difficiles et/ou coûteuses à modifier/compenser**
 - **négligent** les propriétés **biologiques** (sauf production forestière) et en partie les propriétés chimiques **⇒ facilement modifiables**
 - quantifie une **unique fonction** des sols
- Des classements qui posent questions :
 - Comment **prendre** et **rendre** compte de la **variabilité temporelle** des sols et des services associés ?
 - Comment **comparer des fonctions** aussi **diverses** que la production primaire, l'épuration de l'eau ou de l'air, ... ?





Méthodes d'évaluation des services fournis par les sols: évaluation environnementale

Céline Pelosi, Claire Chenu

25/01/13- Ecole Chercheur Sol Fit: Evaluation des services fournis par les sols



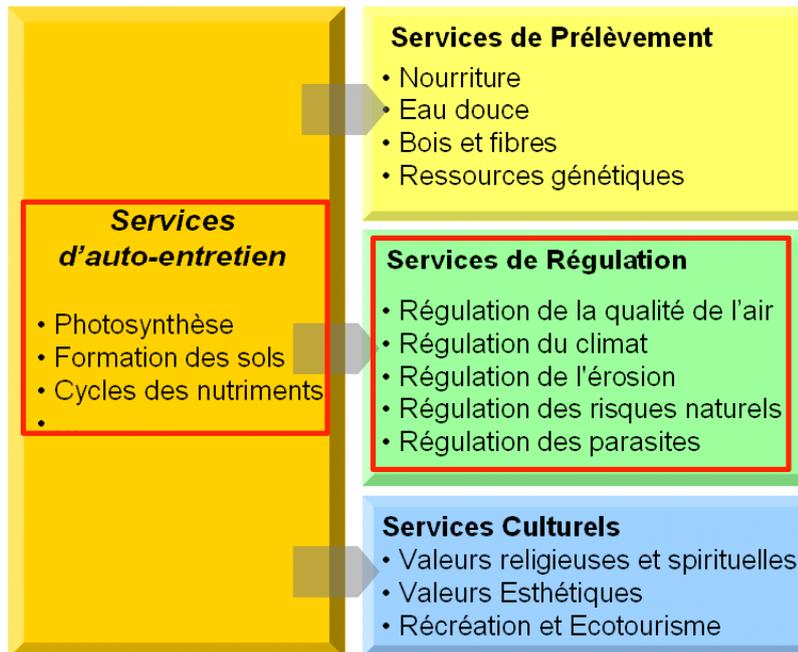
Evaluation des services fournis par les sols

Faisons nous aujourd'hui cette évaluation ?

- Introduction
- Quelques exemples
 - Stockage de C, limitation de l'érosion, atténuation des polluants, réservoir de biodiversité
- Discussion conclusion

25/01/13- Ecole Chercheur Sol Fit: Evaluation des services fournis par les sols

Evaluation environnementale : Quels services concernés ?

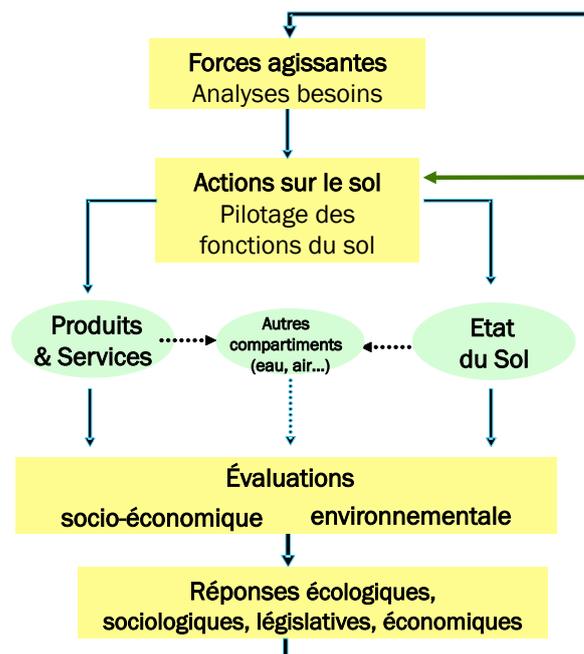


Source : Millenium Ecosystem Assesment, 2005

25/01/13- Ecole Chercheur Sol Fit: Evaluation des services fournis par les sols

Evaluation environnementale : quelle place dans une analyse intégrée ?

Schéma conceptuel GESSOL : the King framework

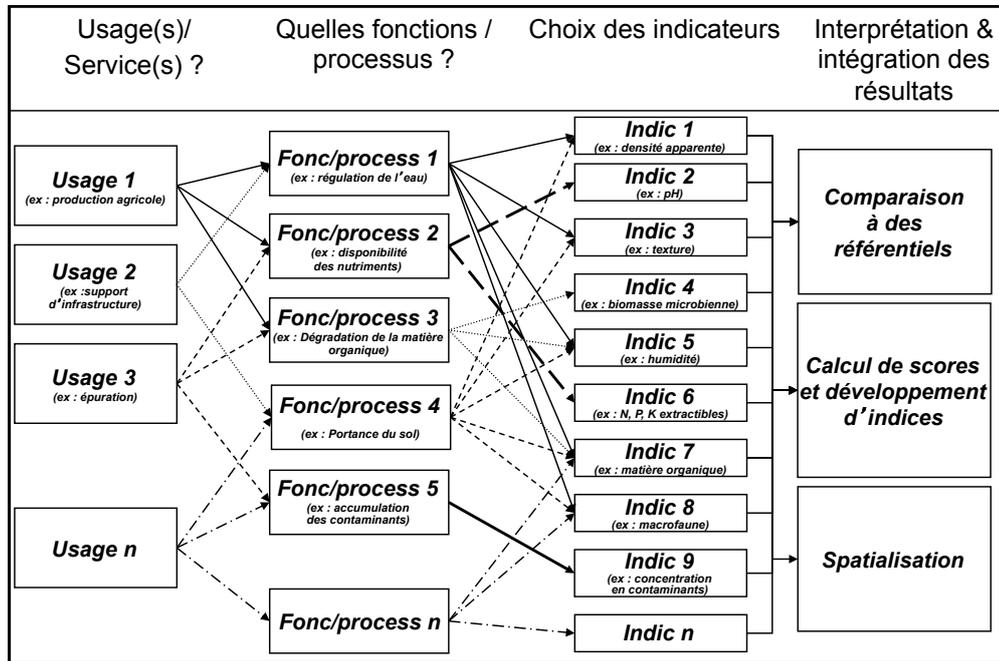


25/01/13- Ecole Chercheur Sol Fit: Evaluation des services fournis par les sols



Evaluation environnementale : quelle démarche d'analyse ?

Démarche de type « qualité des sols » (Carter 2001, Andrews et al. 2004)

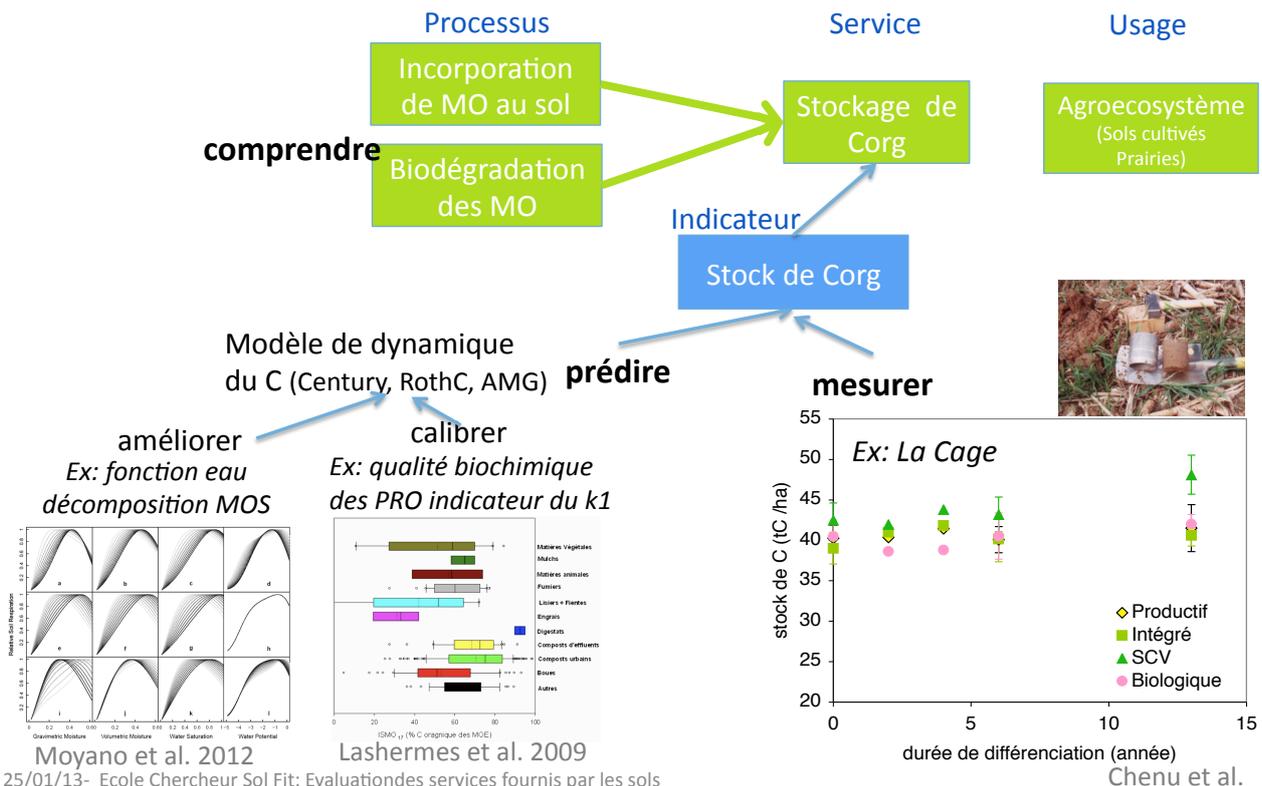


25/01/13- Ecole Chercheur Sol Fit: Evaluation des services fournis par les sols

Adapté de Bispo et al., 2010



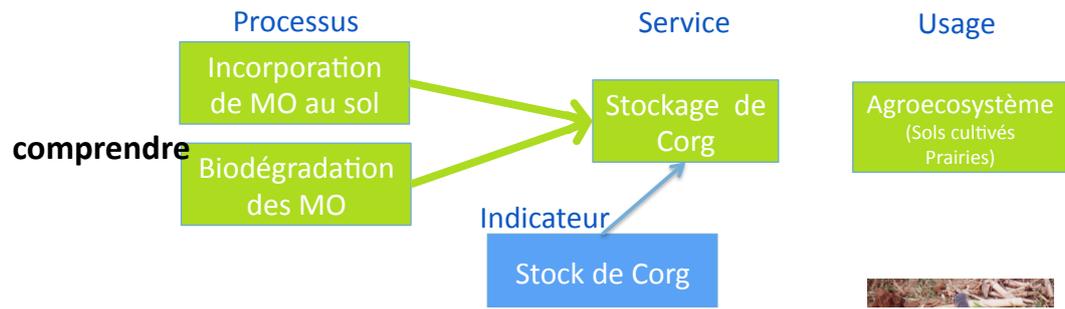
Service stockage de C



25/01/13- Ecole Chercheur Sol Fit: Evaluation des services fournis par les sols



Service stockage de C

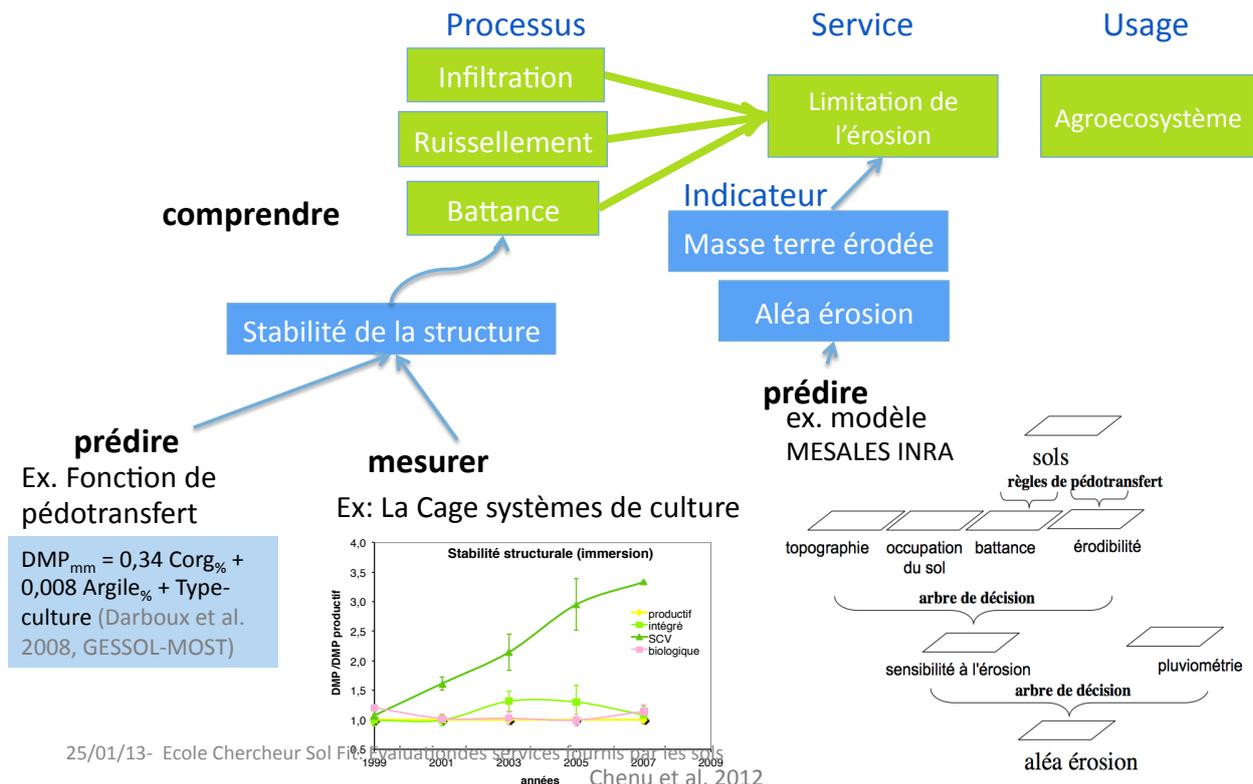


- Indicateur
- Calcul des scores
- Références
- Echelle spatiale

25/01/13- Ecole Chercheur Sol Fit: Evaluation des services fournis par les sols



Service limitation de l'érosion

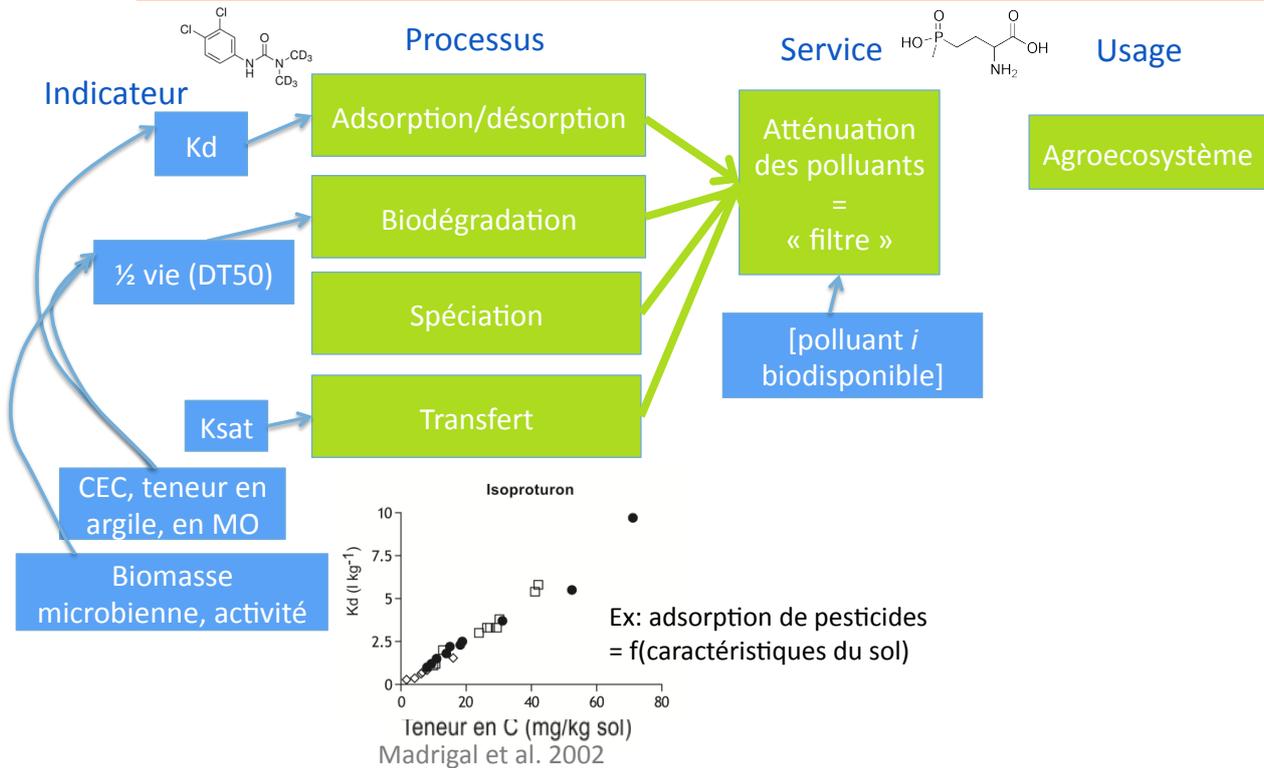
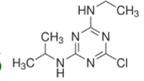


25/01/13- Ecole Chercheur Sol Fit: Evaluation des services fournis par les sols
Chenu et al. 2012



SoilFIT
Sol : Fonctions, Impacts, Territoires

Service atténuation des polluants

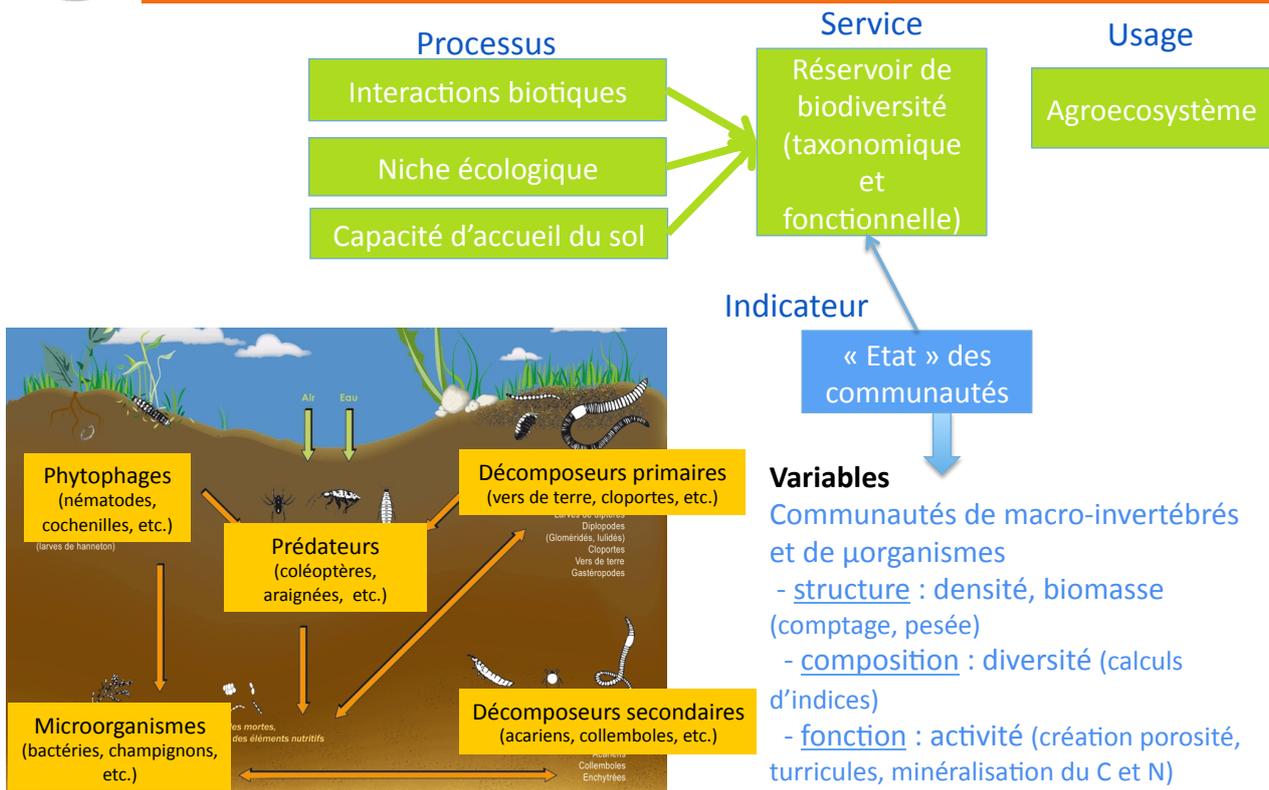


25/01/13- Ecole Chercheur Sol Fit: Evaluation des services fournis par les sols



SoilFIT
Sol : Fonctions, Impacts, Territoires

Service réservoir de biodiversité





SolFIT Ou en sommes nous ?



Faisons nous déjà une évaluation des services fournis par les sols : *Oui et non !*

- Se placer dans un cadre d'évaluation
 - Expliciter services, fonctions, indicateurs
- Description complète des déterminants du service (ou bien quelques déterminants seulement?)
- Choisir, stabiliser les indicateurs
- Définir les références
- Choisir une méthode de quantification modèles ?, autres ?)
- Evaluation pluri-services
 - ex fourniture N/stockage C, atténuation polluants/réservoir biodiversité). Les prioriser?
- Comment les ancrer par rapport à un usage des sols

Evaluation des services fournis par les sols

Approche économique

jayet@grignon.inra.fr

Pierre-Alain Jayet
UMR Economie Publique, UMR Sisyphe

Journées BASC - SolFIT - 24 janvier 2013



jayet@grignon.inra.fr

Evaluation des services fournis par les sols

Bien(s) économique(s)
Externalités
Valeur

surface
sol et sous-sol

privé/public, divisible, difficile à déplacer, à caractériser (propriétés physiques)

	Rivalité dans l'usage	Non rivalité
Exclusion de l'usage	<p><i>Bien privé</i> un verre de vin propriété agricole</p>	<p><i>Bien mixte</i> verre d'eau, <i>club</i>: chaine TV criptée étang communal</p>
Sans exclusion	<p><i>Bien mixte</i> <i>commun</i>: route (congest.) bois communal</p>	<p><i>Bien public pur</i> ondes EM, mer (Aral ... 100 ans) paysage de montagne</p>



jayet@grignon.inra.fr

Evaluation des services fournis par les sols

privé/public, divisible, difficile à déplacer, à caractériser (propriétés physiques)

Un bien de stock, une ressource +/- stable

- Un stock plutôt qu'un flux
(finitude d'une partie de la surface d'une sphère)
- qui peut se dégrader (C, microbio, ...)
- qui peut se régénérer (C, microbio, ...)

Dynamique

- irréversibilités possibles (forêt vierge) ?
- évolution +/- lente, renouvelable ? épuisable (mines) ?

Qui possède quoi

Un sol à usages multiples

- Agriculture ... assolement et successions de cultures
- Bois et forêts +/- pérennes
- Zones récréatives (forêts, parcours, parcs ...)
- Sols anthropisés de façon quasi-irréversible
- En France: propriété cadastrée, location de (l'usage de) la terre

Un sous-sol en interaction avec la surface

- Sous-sols et aquifères impactés par les usages de surface
- Exploitation du sous-sol (mines, eau, géothermie, ...) ...
- ... peut impacter la vie en surface (gaz et pétroles de schistes)
- En France: propriété publique (profondeur ...)

Aménités, effets externes

d'une grande complexité, le sol:

objet de multiples externalités

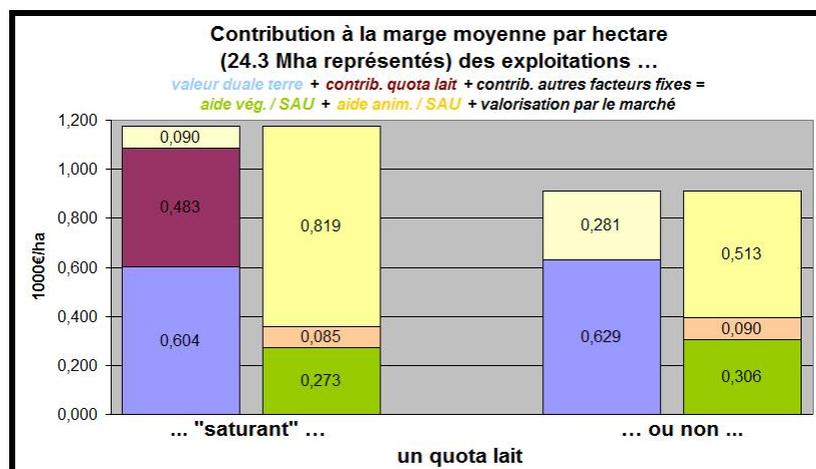
- récepteur d'effet externe: contamination de surface, NH_3 , N_xO_y , ...
- transfert d'effet externe: NO_3 vers aquifères
- source d'effet externe: émissions de GES (CH_4 , N_2O)

avec coûts et transferts privés et sociaux

- aménités supposées, source de transferts (PAC)
- externalités < 0 pas toujours régulées et rarement financièrement assumées (propriétaire et/ou exploitant)
- enjeux croissants (directive "sol" à la clef ?)

Valeur privée: par l'usage, dépendant des caractéristiques et des choix des agents, interaction avec l'environnement économique (PAC, Dir. CE) et physique (CC , O_3)

Valeur de la terre agricole dérivée des choix de production



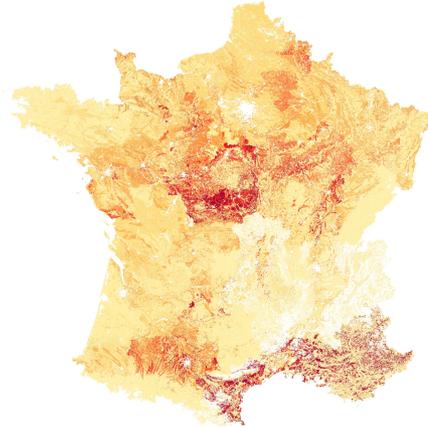
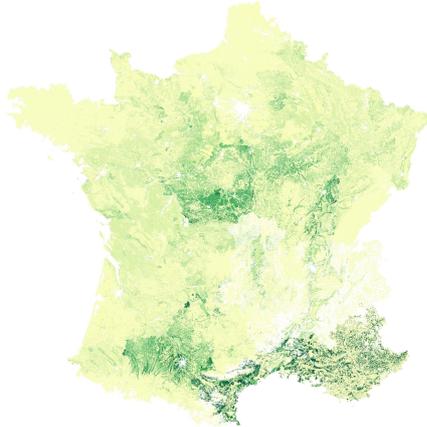
Jayet, 2011, in *Sols et environnement*

Valeur privée: par l'usage, dépendant des caractéristiques et des choix des agents, interaction avec l'environnement économique (PAC, Dir. CE) et physique (CC, O₃)

Impact O₃ troposph. sur la (variation de) marge brute agricole à horizon 2030

"MFR" (favorable)

"SRE" (défavorable)



Humblot et al, 2013



valeur sociale des externalités ?

Mode de rémunération/compensation/facturation ?

du point de vue de la collectivité, qq estimations (€/ha)

PAC (aides directes → DPU)	-300	<i>moyenne Fr et UE</i>
stockage de C dans sols prairies*	30	<i>0.3 tC/ha/an sur 20 ans, 30€/tCO₂eq</i>
émissions de gaz à effet de serre**	-100	<i>CH₄, N₂O, 30€/tCO₂eq</i>
lixiviation NO ₃ BV-Seine - aquifère Craie***	-22	<i>réduction de 1 mgNO₃/l autour de 38 mgNO₃/l stabilisé</i>
...		
lombric	-	<i>valorisation privée (rendement)</i>
lombric		<i>valeur sociale (?)</i>

* Expertise INRA sur le stockage C dans les sols agricoles, 2003

** De Cara et al, 2005

*** Travaux du PIREN-Seine, 2012



Les services écosystémiques et les services culturels :

Essai de transposition aux services archéologiques rendus par les sols

Cécilia Cammas (1)
Julia Wattez (1)

David Montagne (2)

Patrice Wuscher (1)
Farid Sellami (1)

(1) Inrap - DMOS AgroParisTech - équipe sol archéologie
(2) AgroParisTech - EGC équipe sol

Contexte et enjeux

Mutation rapide des usages des sols - Transformation des écosystèmes
Risque d'épuisement du capital et des services
Premier bilan EM : Changements à venir non linéaires (accélérés, abrupts)

Programme Evaluation des écosystème pour le Millénaire
<http://www.millenniumassessment.org>

Archéologie préventive au coeur des problématiques actuelles

S'inscrit dans :

- les procédures légales - administratives de changement d'usage des sols et d'aménagement du territoire
- les problématiques scientifiques qui ont trait à l'évolution des sols sous l'effet des contraintes anthropiques à différentes échelles de temps et de l'espace

Les services culturels : Définition(s)

N°17 : Les Services Culturels

Fonction : Fournir des occasions d'utilisation non commerciales
Valeur esthétique, artistique, éducative, spirituelle et / ou **scientifique...**

Costanza et al. 1997

13 services à caractère social

Patrimonial : Valeur de la biodiversité et patrimoine (sites protégés, espèces protégées et emblématiques), communautés humaines spécifiques

Scientifique / éducatif : Supports de recherche, développement des savoirs éducatifs

Services écologiques en France, 1^{er} vol. « Contexte et Enjeux » 2012

http://www.uicn.fr/IMG/pdf/Brochure_Panorama_des_services-vol1.pdf

Archéologie à la charnière des services patrimoniaux et du support de recherche

Le sol enregistreur du climat et des activités humaines passées et présentes

Capital naturel, réserve de matériel et d'information

- Le **sol**, les **sites archéologiques**, les **artéfacts...**
- L'information « **intangible** » contenue dans le fonctionnement des sols, sa dynamique spatiale et temporelle, et plus largement dans les écosystèmes

Comment obtenir l'information, le service ?

Problèmes / conséquences envisageables

Conflit entre le service et l'intégrité du capital ?

Problème de la régénération du capital ?

Conflit d'usage des sols ?

Les services archéologiques

Service archéologique : Fournir des informations sur le climat et les activités humaines
SA font partie des service rendus par les sols

Essai de classement des sols selon un service donné : le service archéologique



Estimer
Quels indicateurs ? Comment attribuer une valeur ?

Exemples de méthodes d'évaluation archéologique

Objectifs : localisation, forme et fonction des sites

Type méthode	Potentiel d'information			Indicateurs	Conséquences sur les sols Biens et services
	Paléo-climatique	Activités humaines	Habitat		
Géophysique	0 à 1	0 à 2 MO Métal	5	Forme et nature des anomalies	Aucune
Prospection pédestre	0 à 1	0 à 3 Profondeur	0-2	Abondance et diversité des artefacts	
Tranchées diagnostic archéologique	4 à 5	3	3	Abondance et diversité des couches, des structures et des artefacts	Influence modérée / locale sur le fonctionnement du sol Résilience possible ?
Fouilles archéologiques	5	5	5		Destruction localisée du bien Obtention du service Conflit d'usage ?

Potentiel : de 1 (faible) à 5 (fort)

INFORMATIONS PONCTUELLES, MICRO-LOCALE À LOCALE

Les services archéologiques, le point de vue des sols

Difficulté de l'évaluation

Hétérogénéité de l'information et de sa distribution
Variabilité entre les différents sols
Variabilité du potentiel au sein des sols d'une même classe
Information multiscalaire

Informations attendues : différents plans

Nature de l'information conservée

Indicateurs des modes de conservation

Localisation des sites

Modèle prédictif doit intégrer les dynamiques de peuplement / d'occupation du territoire et celles du paysage (érosion, pédogenèse...)

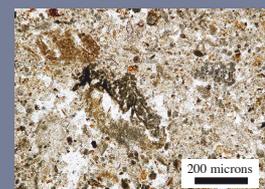
Informations contenues dans le fonctionnement du sol

Essai de classement

Indicateur : acidité des sols

Constituants anthropiques	Sols calcaires (Sols alluviaux...)	Sols peu acides (Luvisols...)	Sols très acides (Oxisols...)
Os, os poisson	5	2-3 (os cuits)	0
Cendres CaCO ₃	5	0-2	0
Phosphates (néoformation <i>in situ</i>)	2 (battement nappe)	5 (vivianite...)	0-2 (lessivage)
Phytolithes	0 à 5	5	3-5

Conservation de constituants anthropiques d'origine organique (1 mauvaise, 5 bonne)



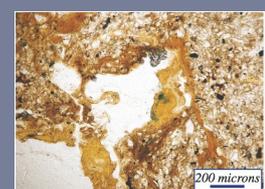
Cendres



Os altéré

Traits texturaux	Sols calcaires (Sols alluviaux...)	Sols peu acides (Luvisols...)	Sols très acides (Oxisols...)
Revêtements L	2-3	0-5	0
Revêtements A	0-2	5	0 à 2 Oxisols ?

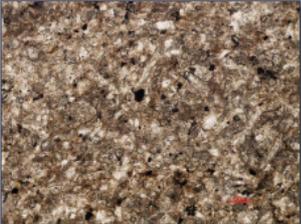
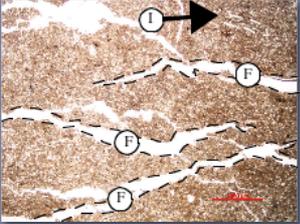
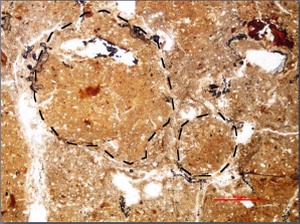
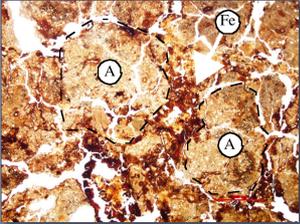
Distribution potentielle des traits selon les grands types de sols (1 faible, 5 abondante)



Revêtements argiles et phosphates

Essai de classement

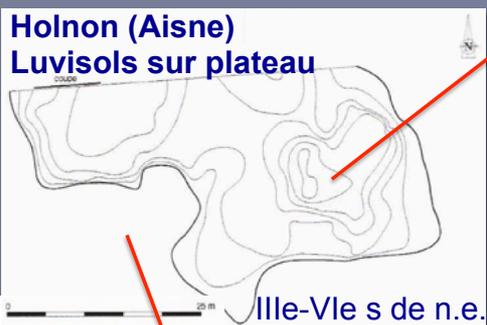
Indicateur : Engorgement

Calcaire			
Acide			
	Engorgement		Oxydo-réduction
	 Cuir gallo-romain		
	Conservation MO (bois, cuir, tissu...)		
	+++ ---		

Essai de classement

Indicateur : flux de matière
Taux / vitesse de sédimentation

Holnon (Aisne)
Luvisols sur plateau

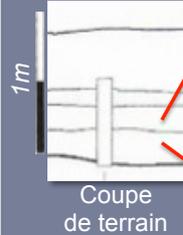


Ille-Vle s de n.e.

Ap sur Bt
Zones hautes

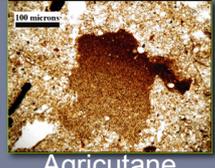
Erosion
des sols anciens

Colluviosols - Zones basses
Dilatation des séquences
Superposition des activités humaines



Coupe de terrain

Phase 2
Labours



Agricutane

Phase 1
Parcage



Vivianite

Usages des sols - Mutations centennales
Evolution d'un agro-écosystème

- Sols érodés Valeur « évolution au cours du temps » Colluviosols +

Conclusions et perspectives

Des indicateurs pertinents
Clés pour la compréhension des modes de conservation

Croisement des indicateurs - Recherche de nouveaux

Alimentent

**1. les modèles prédictifs sur la nature
et la localisation des témoins archéologiques**
2. l'évaluation des services archéologiques rendus par les sols

Documentent

Différents biomes / agro écosystèmes
Et leur évolution au cours du temps

**Modèle d'évolution à long terme sous l'effet des contraintes
de changement de mode d'occupation des sols**

Quelques références bibliographiques

Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., Robert V. O'Neill R. V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. et van den Belt M. 1997 - La valeur des services de l'écosystème mondial et du capital naturel *traduit par M. Roudot à partir de Nature, Vol.387, 15 mai 1997*
http://www.esd.ornl.gov/benefits_conference/nature_paper.pdf

Cardona A. 2012 - L'introduction de la notion de « services écosystémiques » : pour un nouveau regard sur le sol ? Société française d'économie rurale, Journées de recherches en sciences sociales 6es JRSS - 2012 - Toulouse

Le Roux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade J., Sarthou J.-P., Trommetter M. 2008 - Expertise scientifique collective INRA- Agriculture et biodiversité Valoriser les synergies, Synthèse du rapport d'expertise - 2ème partie, Juillet 2008.

Levrel H. 2007 - étude de faisabilité pour la réalisation d'un millenium ecosystem assessment en France, 2007, http://www2.mnhn.fr/cersp/IMG/pdf/Rapport_Faisabilite_MEA_France1.pdf

Serpantié G., Méral P. et Bidaud C. 2012 - Des bienfaits de la nature aux services écosystémiques Éléments pour l'histoire et l'interprétation d'une idée écologique, « Des bienfaits de la nature aux services écosystémiques », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 12 numéro 3 | décembre 2012, mis en ligne le 15 décembre 2012, consulté le 19 janvier 2013. URL : <http://vertigo.revues.org/12924> ; DOI : 10.4000/vertigo.12924

Evaluation des écosystème pour le Millénaire (2003-2005)

- Programme <http://www.millenniumassessment.org>

- Les écosystèmes et le bien-être de l'homme: Un cadre d'évaluation, résumé 2003.

<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.6.aspx.pdf>

- Vivre au-dessus de nos moyens, résumé, 2005.

<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.441.aspx.pdf>

Site de la Fédération Île-de-France de Recherche sur l'Environnement : <http://www.fire.upmc.fr/?q=node/135>

Site de l'Union Nationale pour la Conservation de la Nature - Services écologiques en France, 1^{er} vol. « Contexte et Enjeux » 2012, http://www.uicn.fr/IMG/pdf/Brochure_Panorama_des_services-vol1.pdf



Merci de votre attention





Préconisation d'utilisation des sols et qualité des sols en zone urbaine et péri-urbaine

Application au bassin minier de Provence (UQualiSol-ZU)

Focus sur l'indice de polyvalence d'usage des sols

C. Keller pour F. Ajmone-Marsan, M. Biasioli, J.-P. Ambrosi, S. Criquet, C. Keller, M.-L. Lambert, T. Ménard, E. Rabot & S. Robert

CNRS – Aix-Marseille Université – Università di Torino
ECCOREV – CEREGE – CEJU – IMEP – DIVaPRA
ESPACE



Préambule

Idée et question de départ

Les sols constituent un **patrimoine** qui est principalement **administré par les collectivités territoriales**. Intègrent-elles une connaissance des sols dans leurs démarches d'urbanisme et comment opèrent-elles ?

Hypothèse et défi associé

Une aide à la gestion du patrimoine sol passe par une **sensibilisation des acteurs publics locaux** et la **mise à disposition d'information pertinente** pour organiser une planification de l'espace qui tienne compte de la diversité des sols.

Objectifs et enjeux

Objectifs :

Evaluer comment le droit permet/ permettrait d'**intégrer une connaissance de la qualité des sols dans le processus de planification** de l'usage des sols et **proposer des outils juridiques nouveaux**

Concevoir un **indice d'adéquation d'usage des sols** scientifiquement robuste et **adapté aux besoins du planificateur**

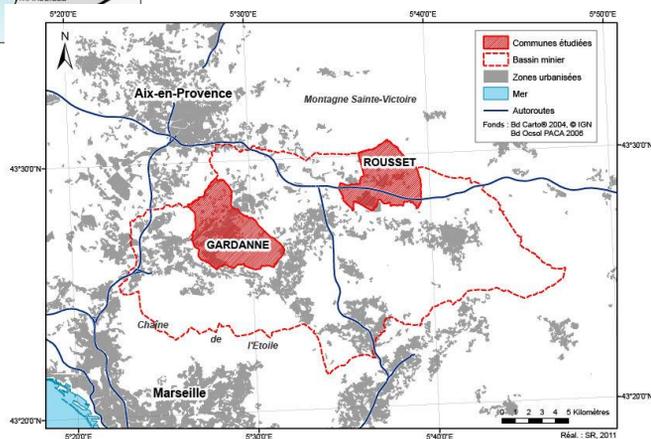
Conduire une **expérimentation locale** : diagnostic environnemental et territorial + faisabilité d'une caractérisation de la qualité des sols pour la planification urbaine

Enjeu : concilier la production d'information scientifique sur les sols et une gestion avisée du patrimoine sol



Zones d'étude

2 communes du bassin minier de Provence (BMP) : Gardanne et Rousset

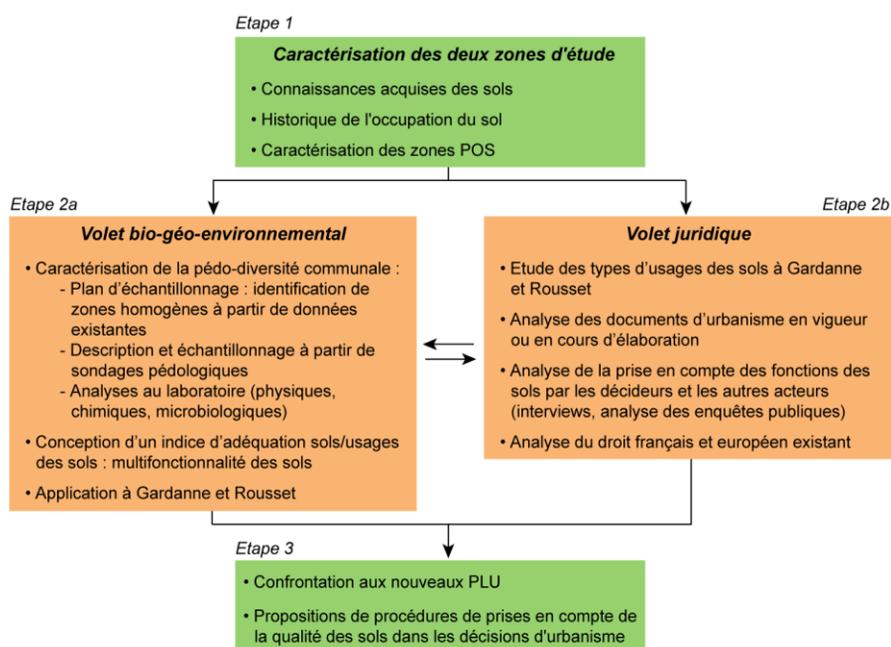


Zones d'étude

2 communes du bassin minier de Provence (BMP) : Gardanne et Rousset



Une démarche pluridisciplinaire



Réflexions issues de l'analyse du droit

Lacunes du droit international, communautaire et interne

Au **niveau international**, Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (1994) : seul texte juridiquement contraignant liant l'environnement, le développement et la promotion de la « santé » des sols

Au **niveau européen**, toujours **pas de directive** sur les sols. Seuls deux textes visent spécifiquement le sol : la Charte européenne des sols de 1972 et le Protocole de Bled sur la protection des sols alpins, adopté en 1998 en application de la Convention alpine

En **droit interne**, Code de l'urbanisme, le sol = ressource à gérer de façon économe, mais il ne figure **pas** au nombre des éléments énoncés dans le Code de l'environnement comme composant le **patrimoine commun de la nation**. Difficulté à construire un droit des sols cohérent.



Un moyen de préserver les fonctions des sols pourrait être d'intégrer cet objectif dans **une approche locale**, via les documents d'urbanisme.

... mais opportunités à l'échelon local

Vision « bottom-up » de la construction d'une politique de protection des sols

Renforcement possible de la protection du sol en insérant, dans les différents éléments constituant le PLU, la référence à une évaluation des fonctions des sols et de leur adéquation à certains usages dans la commune:

- dans l'état initial de l'environnement (rapport de présentation du PLU)
- dans le PADD qui « définit les orientations générales d'aménagement et d'urbanisme retenues pour l'ensemble de la commune », lesquelles doivent être définies dans le respect des principes de gestion économe du sol (arts L. 110 et L. 121-1 C.urb).
- règlement de zones, emplacements réservés, etc.

Pratiques de l'urbanisme dans le BMP

Prise en compte minimale des sols dans la planification urbaine

Gardanne et Rousset ont un **PLU en cours d'élaboration lors de l'étude**. Petites équipes en charge de l'urbanisme → recours aux services de bureaux d'étude.

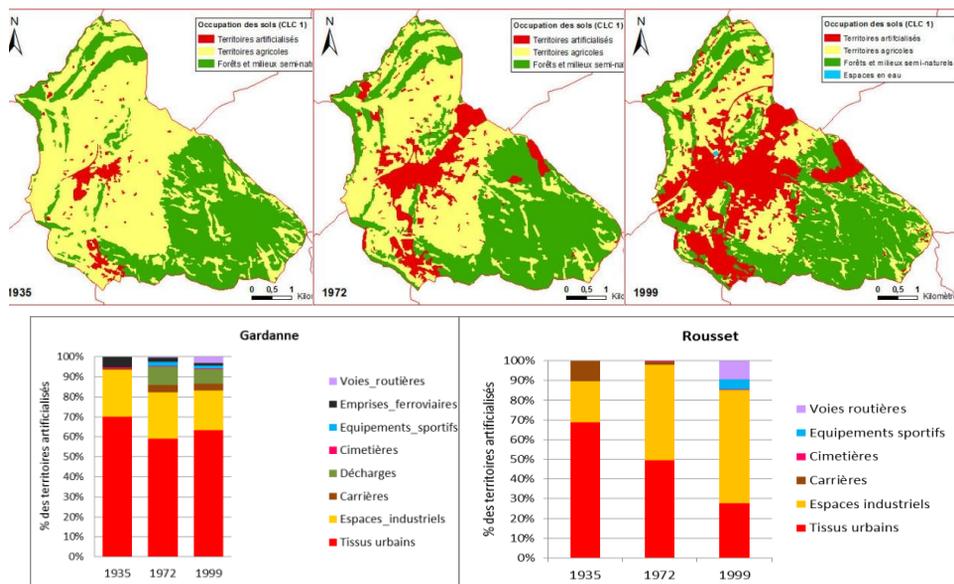
Pas de disposition particulière pour considérer les sols et leurs fonctions, en dehors de l'aptitude à l'assainissement non collectif.

Pas d'affichage spécifique en faveur de la conservation de la biodiversité et des services rendus par l'environnement naturel, mais plutôt un discours sur la qualité de vie.

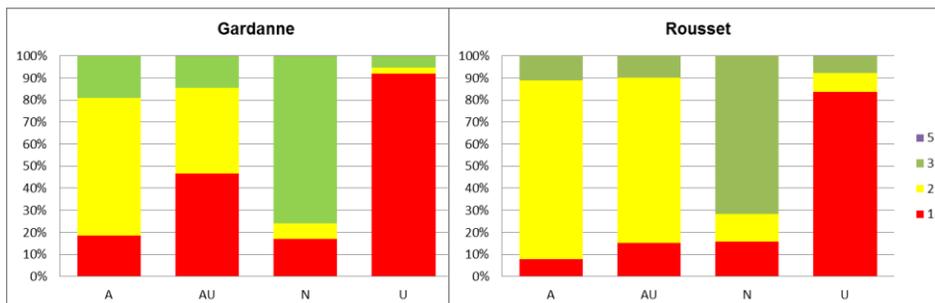


Dans quel contexte d'évolution de l'occupation des sols sont élaborés les deux PLU ?

Structure et évolution de l'occupation des sols dans le BMP



Zonages d'urbanisme et occupation des sols (2008)



1. *territoires artificialisés*
2. *territoires agricoles*
3. *forêts et milieux semi-naturels*
5. *espaces en eau*

- La logique de l'urbanisation en continuité du bâti existant ne conduit-elle pas à condamner des espaces pouvant rendre des services écosystémiques précieux ?
- Quelle prise en compte de l'occupation des sols dans la définition des zonages ? Les études sont-elles établies aux bonnes échelles ?
- Les acteurs publics locaux ne maîtrisent pas suffisamment ces questions. Quel rôle des bureaux d'étude ?



Quel apport d'information pertinent sur la qualité des sols ?

Réflexion pour une évaluation des sols pour la planification

- Nécessité d'une certaine quantification ou gradation de la valeur des sols
- Nécessité d'intégrer la notion d'usage
- Nécessité d'avoir une information « interprétable » et traçable
- Pouvoir rattacher cette information à des représentations connues

- **Indice basé sur la notion de facteur limitant**
- **Intégration de la notion de nombre de fonctions satisfaites et de potentialité d'usage**
- **Représentation spatiale sous forme de carte**
- **Rattachement aux zones PLU**

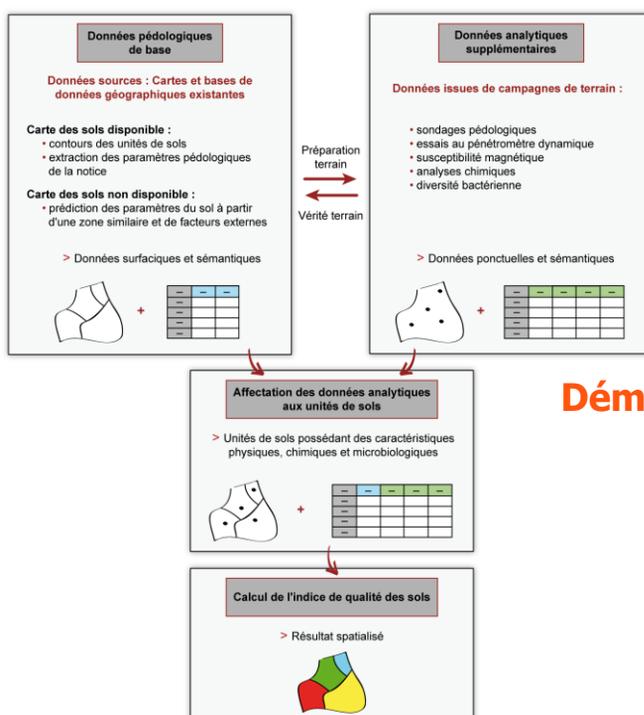
Evaluation des sols pour la planification

Fonctions des sols et occupation des sols : les étapes de conception d'un indice

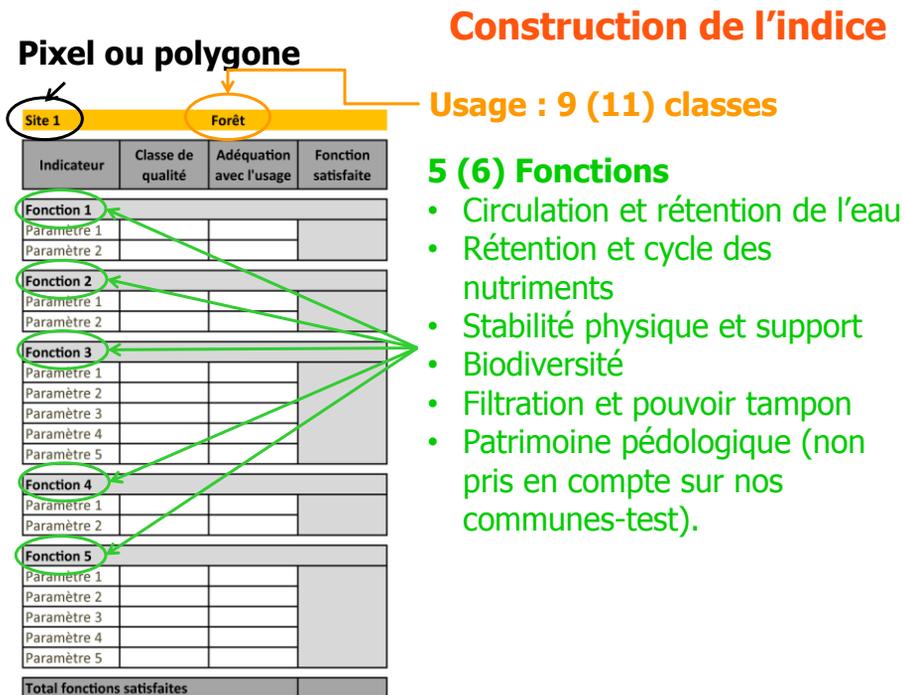
Fonctions et paramètres: identification des fonctions et de leurs paramètres descriptifs ; calcul des fonctions satisfaites des sols pour l'occupation du sol actuelle ou potentielle

Spatialisation des fonctions satisfaites des sols : à partir de données cartographiques de paramètres de sols, d'occupation du sol et d'états de surface

Cartographie de la polyvalence d'usage des sols basée sur le nombre total de fonctions satisfaites dans le contexte actuel d'occupation des sols et dans le cas théorique de tous les usages possibles.



Démarche générale



Nomenclature des usages pris en compte dans l'élaboration de l'indice d'adéquation d'usage du sol

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Code
Territoires agricoles	Cultures annuelles, prairies temporaires		TA1
	Cultures permanentes		TA2
Forêts et milieux semi-naturels	Forêts		F1
	Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée		F2
Zones humides	Zones humides intérieures et maritimes		ZH
Territoires artificialisés	Zones urbanisées	Places, cours, parkings, voies de com., équipements sportifs et de loisirs artificialisés	ZU1
		Jardins d'agrément, équipements sportifs et de loisirs non artificialisés, plates-bandes	ZU2
		Jardins potagers et familiaux	ZU3
		Jardins + assainissement non collectif	ZU4
	Zones industrielles et commerciales	Places, cours, parkings, voies de com., surfaces techniques	ZIC1
		Jardins d'agrément, plates-bandes	ZIC2

Site 1 Forêt			
Indicateur	Classe de qualité	Adéquation avec l'usage	Fonction satisfaite
Fonction 1			
Paramètre 1	1	0	
Paramètre 2	2	0	
Fonction 2			
Paramètre 1	1	0	
Paramètre 2	3	1	
Fonction 3			
Paramètre 1	3	0	
Paramètre 2	3	0	
Paramètre 3	3	0	
Paramètre 4	2	0	
Paramètre 5	5	-2	
Fonction 4			
Paramètre 1	4	0	
Paramètre 2	3	1	
Fonction 5			
Paramètre 1	1	0	
Paramètre 2	1	0	
Paramètre 3	1	0	
Paramètre 4	1	0	
Paramètre 5	1	0	
Total fonctions satisfaites			

5 classes de qualité par paramètre

1=« optimal » (max)
 5=« mauvais » (min)
 Valeur de 1 à 5 attribuée selon la gamme des valeurs régionales, à dire d'experts ou valeurs validées par la littérature scientifique

Paramètres

- > Réserve utile
- > Hydromorphie
- > Perméabilité
- > % matière organique
- > CEC
- > pH
- > Profondeur
- > Erodibilité
- > Pente
- > Résistance à la pénétration
- > Diversité bactérienne
- > Respiration microbienne
- > Activité enzymatique globale
- > Contamination*
- > Conductivité électrique*
- > Etat de surface du sol

Site 1 Forêt			
Indicateur	Classe de qualité	Adéquation avec l'usage	Fonction satisfaite
Fonction 1			
Paramètre 1	1	0	
Paramètre 2	2	0	
Fonction 2			
Paramètre 1	1	0	
Paramètre 2	3	1	
Fonction 3			
Paramètre 1	3	0	
Paramètre 2	3	0	
Paramètre 3	3	0	
Paramètre 4	2	0	
Paramètre 5	5	-2	
Fonction 4			
Paramètre 1	4	0	
Paramètre 2	3	1	
Fonction 5			
Paramètre 1	1	0	
Paramètre 2	1	0	
Paramètre 3	1	0	
Paramètre 4	1	0	
Paramètre 5	1	0	
Total fonctions satisfaites			

Adéquation avec l'usage=grille de référence- classe de qualité du paramètre

Paramètre 1	1
Paramètre 2	2

Grille de référence : Classe la plus forte pouvant être atteinte pour avoir adéquation entre sol et occupation du sol

Paramètre 1	1
Paramètre 2	4

Paramètre 1	3
Paramètre 2	3
Paramètre 3	3
Paramètre 4	2
Paramètre 5	3

Paramètre 1	4
Paramètre 2	4

Paramètre 1	1
Paramètre 2	1
Paramètre 3	1
Paramètre 4	1
Paramètre 5	1

Ex: grille de référence pour l'usage « forêt »

Grille d'adéquation des caractéristiques des sols aux différentes fonctions selon l'usage des sols.

Fonctions et Indicateurs	Territoires agricoles		Forêts et milieux semi-naturels		Zones humides	Territoires artificialisés						
	Cultures annuelles, prairies temporaires	Cultures permanentes	Forêts	Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée	Zones humides intérieures et maritimes	Zones urbanisées				Zones industrielles et commerciales		
						ZU1	ZU2	ZU3	ZU4	ZIC1	ZIC2	
TA1	TA2	F1	F2	ZH								
Circulation et rétention de l'eau												
Réserve utile	≤2	≤2	≤4	≤5	≤5	≤5	≤2	≤2		≤5	≤2	
Coeff. de perméabilité k	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Hydromorphie	≤2	≤2	≤3	≤3	4,5	≤5	≤2	≤2	1	≤5	≤2	
Rétention et cycle des nutriments												
MO	≤3	≤4	≤4	≤4	≤5	≤5	≤3	≤3	≤5	≤5	≤3	
CEC	≤2	≤2	≤3	≤3	≤4	≤5	≤2	≤2	≤4	≤5	≤2	
pH												
Stabilité physique et support												
Erodibilité	≤2	≤2	≤5	≤4	≤5	≤5	≤4	≤2	1	≤5	≤4	
Pente	≤2	≤2	≤5	≤5	≤5	≤5	≤5	≤2	≤3	≤5	≤5	
Résistance à la pénétration	1	≤2	≤4	≤4	≤5	≤5	1	1	≤5	≤5	1	
Etat de surface	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤5	≤3	≤3	≤3	≤5	≤3	
Epaisseur du sol	≤2	≤2	≤5	≤5	≤5	≤5	≤3	≤2	1	≤5	≤3	
Biodiversité												
Diversité bactérienne	≤3	≤3	≤2	≤4	≤5	≤5	≤3	≤3	≤5	≤5	≤3	
Respiration	≤3	≤3	≤4	≤4	≤5	≤5	≤3	≤3	≤5	≤5	≤3	
pH	≤3	≤3	≤4	≤4	≤5	≤5	≤3	≤3	≤5	≤5	≤3	
Milieu remarquable*	≤5	≤5	≤5	≤5	≤5	1	1	1	1	1	1	
Filtration et pouvoir tampon												
Pb	1	1	1	1	1	≤2	1	1	≤2	≤2	≤2	
Zn	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Cu	1	1	1	1	1	≤2	1	1	≤2	≤2	≤2	
Cd	1	1	1	1	1	≤2	1	1	≤2	≤2	≤2	
Co	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Mo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ni	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
HAP	≤3	≤3					≤3	≤3				
PCB	≤2	≤2					≤2	≤2				
Conductivité électrique	≤2	≤2	≤2	≤2	≤5	≤5	≤2	≤2		≤5	≤2	
Epaisseur du sol	≤2	≤2	≤4	≤3	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	≤2	
Patrimoine pédologique												
Surface	1	1	≤5	≤5	≤5	1	1	1	1	1	1	

Site 1 Forêt

Indicateur	Classe de qualité	Adéquation avec l'usage	Fonction satisfaite
Fonction 1			
Paramètre 1	1	0	✓
Paramètre 2	2	0	
Fonction 2			
Paramètre 1	1	0	✓
Paramètre 2	3	1	
Fonction 3			
Paramètre 1	3	0	X
Paramètre 2	3	0	
Paramètre 3	3	0	
Paramètre 4	2	0	
Paramètre 5	5	-2	
Fonction 4			
Paramètre 1	4	0	✓
Paramètre 2	3	1	
Fonction 5			
Paramètre 1	1	0	✓
Paramètre 2	1	0	
Paramètre 3	1	0	
Paramètre 4	1	0	
Paramètre 5	1	0	
Total fonctions satisfaites			4/5

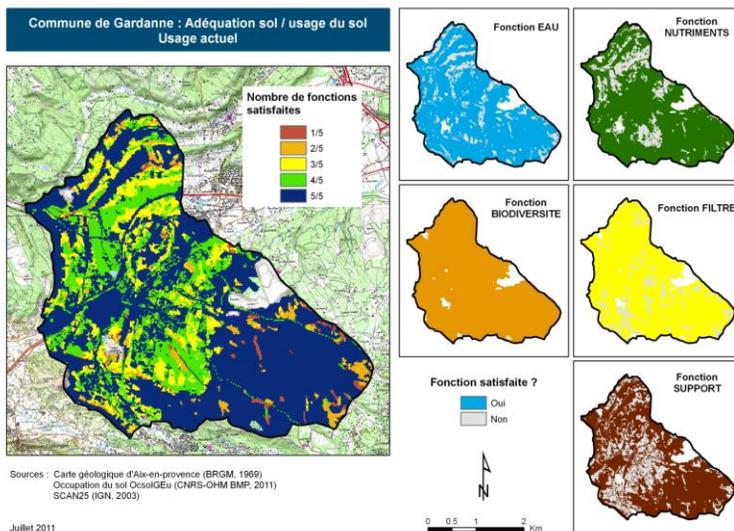
une fonction est satisfaite dans la différence est ≥ 0 pour tous les paramètres d'une fonction

Nombre de fonctions utilisées dans les cartes :

/5 = usage actuel
/45 = tous usages confondus (polyvalence d'usage)

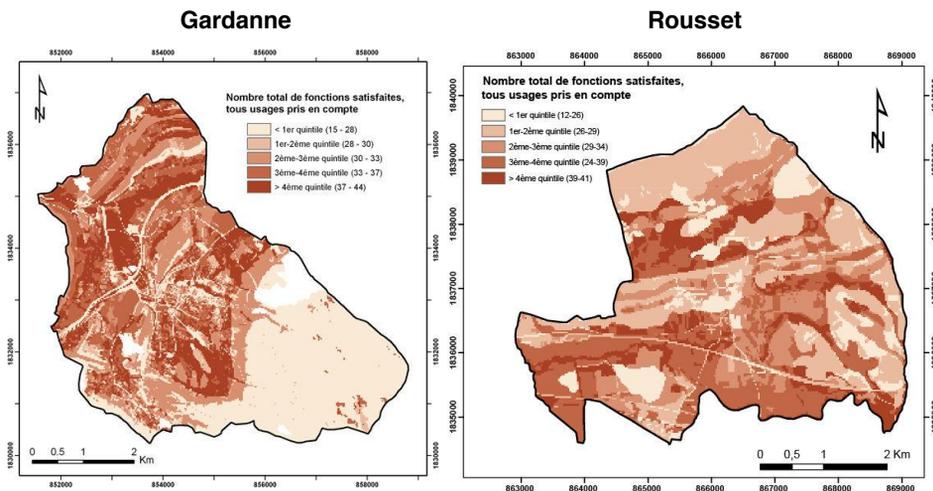
Evaluation des sols pour la planification

Par usage



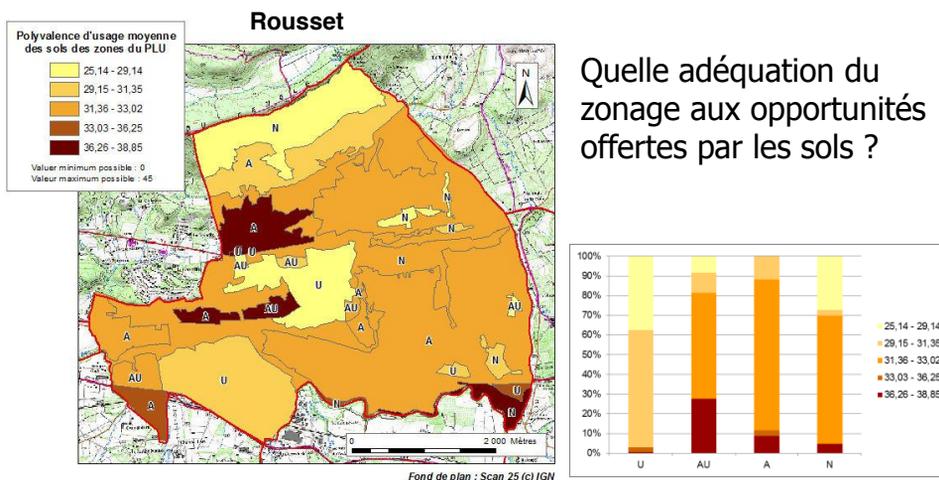
Evaluation des sols pour la planification

Polyvalence par pixel



Evaluation des sols pour la planification

Polyvalence par zone PLU



Bilan et perspectives

Difficultés

Conception de l'indice : s'assurer de la pertinence des paramètres retenus, problème de l'absence d'une carte des sols à Gardanne

Echelles d'analyse : identifier le bon niveau et la bonne échelle d'analyse, pour appréhender les sols comme les unités opérationnelles de planification de l'espace

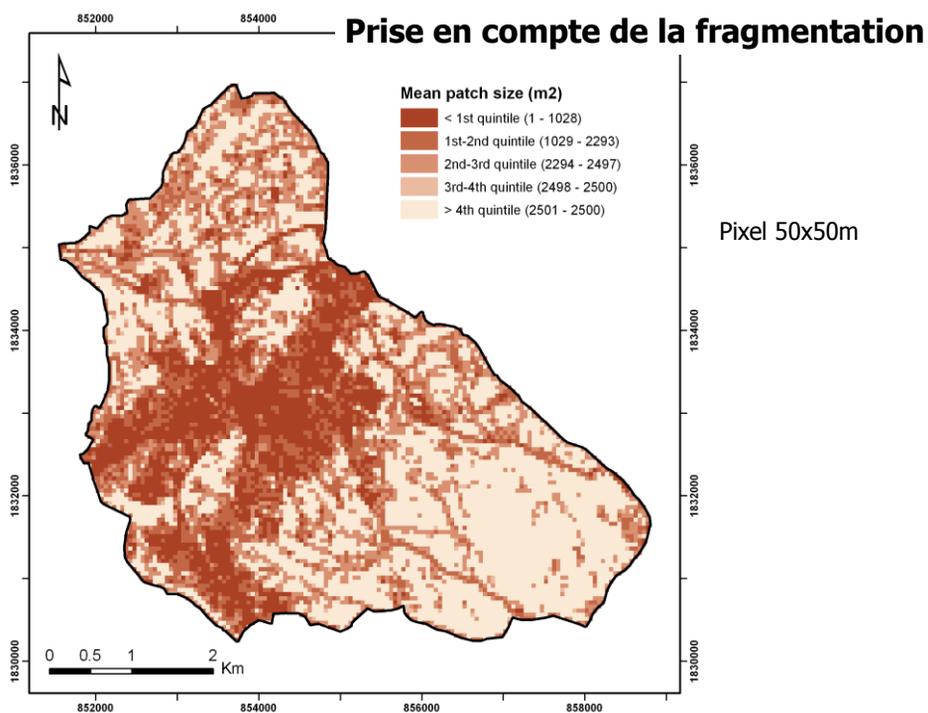
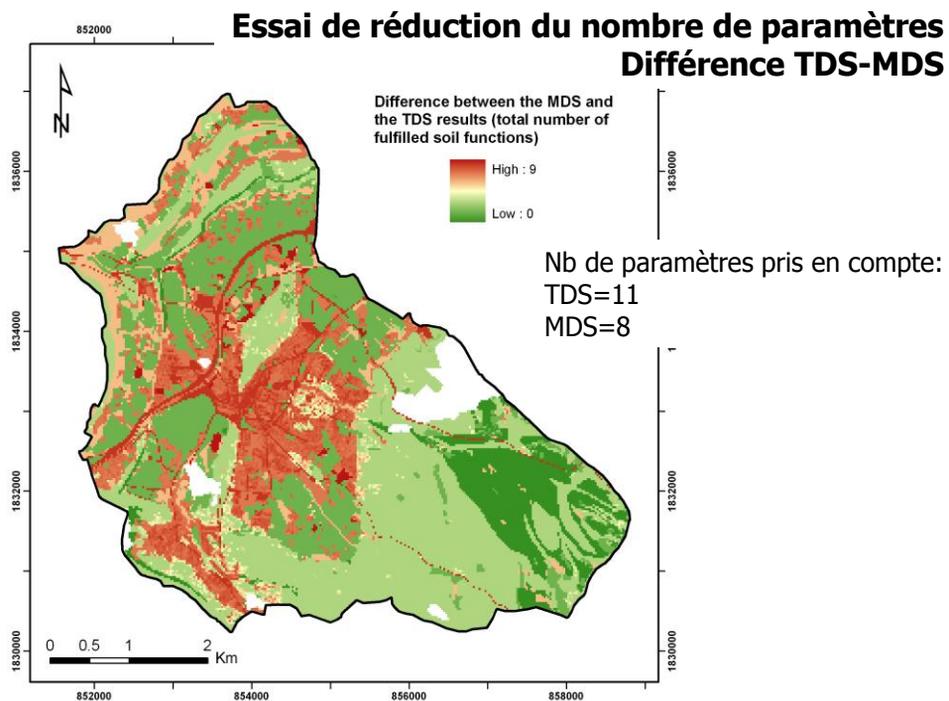
Pertinence et choix des paramètres: identifier les paramètres permettant de caractériser au mieux la polyvalence des sols sans produire « une usine à gaz »

Perspectives

Compléter la caractérisation de la qualité des sols : prise en compte des paramètres de contexte géographique (effets de voisinage, taille, etc.)

Raisonner à au-moins deux échelles d'analyse : conserver l'échelle adoptée pour le traitement de l'ensemble d'une commune, mais approfondir la prise en compte des milieux urbains

Vérifier la reproductibilité de la démarche : s'assurer de la robustesse de la méthode dans un autre contexte géographique et tenter une prise en compte de la qualité des sols au démarrage d'une démarche PLU, en collaboration avec une collectivité.



Conclusion

Le projet Uqualisol-ZU montre que :

- Il existe à la fois des lacunes dans les efforts de limitation de l'étalement urbain et de renforcement de la conservation des sols, et des **opportunités** pour mieux prendre en compte les sols dans la planification des territoires.
- L'intégration d'une connaissance des sols dans les démarches d'élaboration des politiques locales d'urbanisme est légitime, nécessaire et **réalisable**.
- Au sein même des territoires étudiés, les positions sont très divergentes entre élus, techniciens, citoyens concernant la gestion des sols. Il ressort surtout un **manque profond de sensibilisation** à cette question, traitement de l'étalement urbain excepté (conséquence de la loi SRU).
- L'approche pluri-disciplinaire de la gestion des sols est particulièrement **pertinente**.

Labex BASC, Ecole SolFIT

Bergerie de Villarceaux, 24 janvier 2013

Plateau de Saclay : le plein du vide

Hervé Brédif

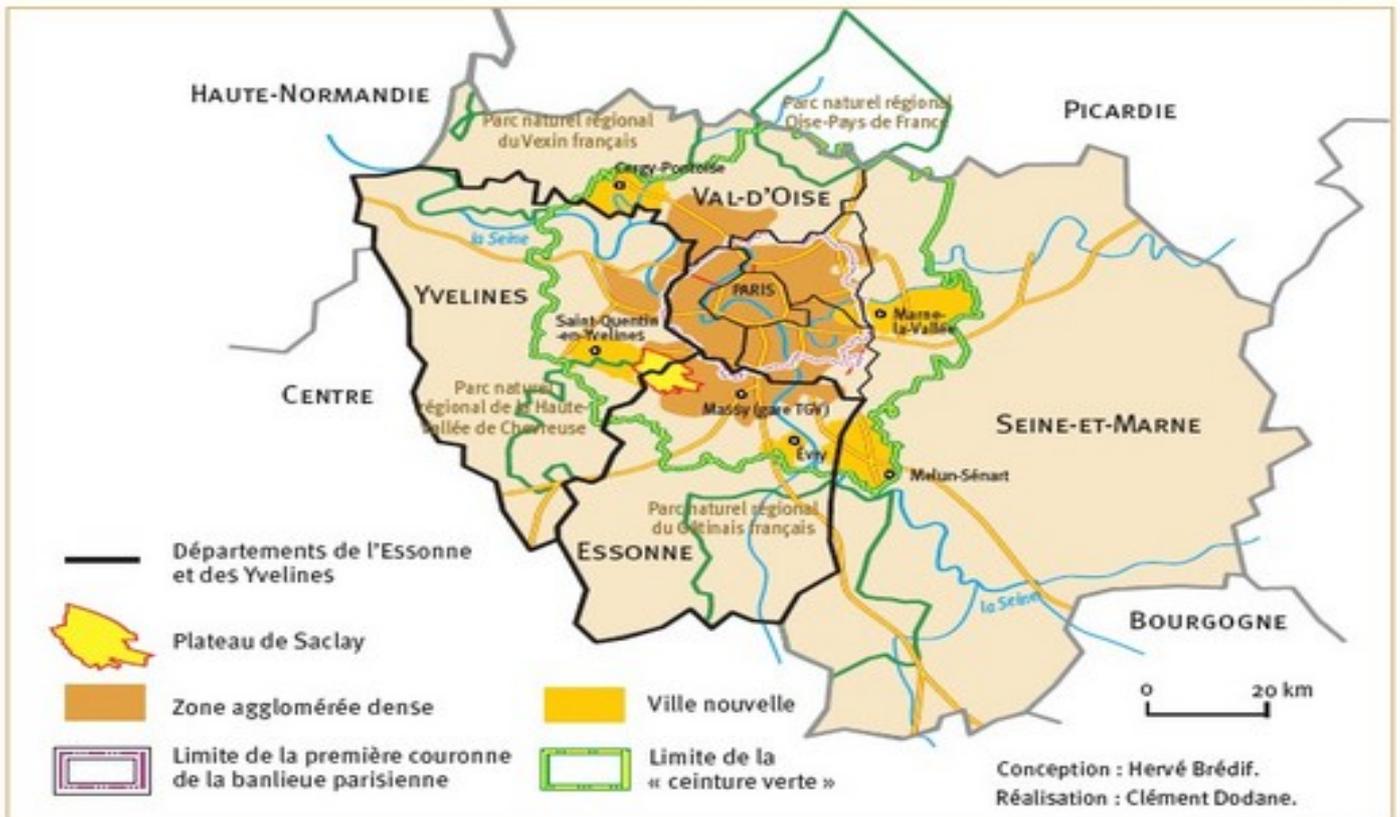
Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, UMR LADYSS/CNRS

Plateau de Saclay : le plein du vide

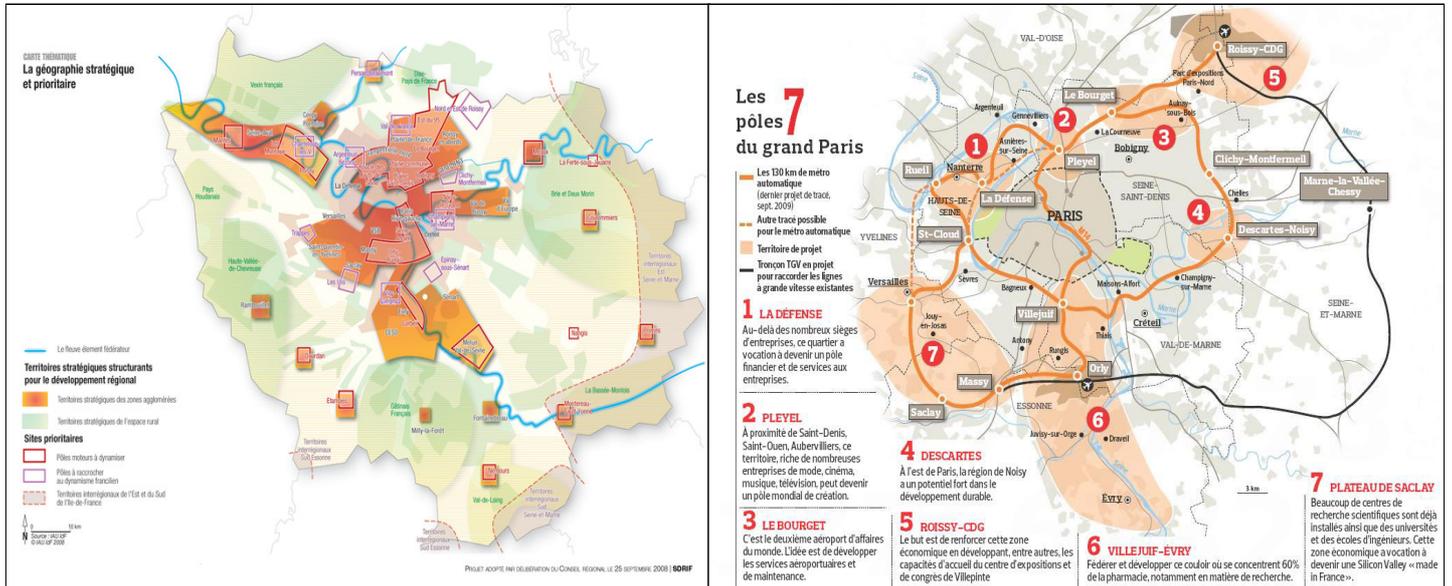
- I. Éléments de contexte*
- II. Enseignements stratégiques*
- III. Perspectives pour les sols*

I.

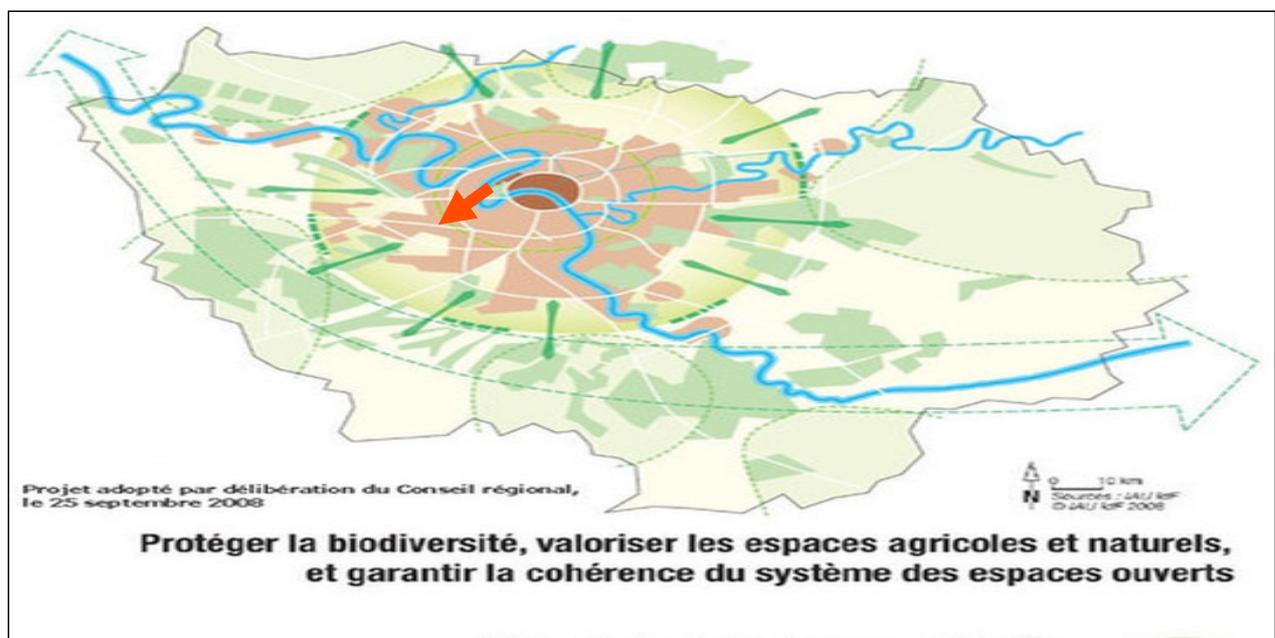
Éléments de contexte



Un espace stratégique au regard de la recherche et de la compétitivité



Un espace stratégique au regard de l'environnement et de l'aménagement durable



II.

Enseignements stratégiques

Plateau de Saclay :

le cycle de

L concertation sur le

territoire

Hervé Brédif

Les partenaires de la phase 1



L'équipe

Hervé Brédif
(audit patrimonial 2002,
étude Sorbonne 2010)



Mathieu Labonne
(étude circuits courts 2009)



Fanny Lièvre
(étude Sorbonne 2010)



Dorian Spaak
(chargé de mission Terre et Cité)



Une démarche d'identification et de résolution de problème

- Mobiliser l'expertise autour d'un problème complexe :
“Conditions et moyens d'une contribution renforcée de l'agriculture et des espaces ouverts du plateau de Saclay à la *qualité de vie* et à l'*attractivité* de ce territoire et de l'Île-de-France”
- Un “panel stratégique”, défini en conséquence.
- Révéler les différences, les convergences, les conditions d'un projet partageable.

Une même trame d'entretiens

I

Identification de la situation et des problèmes

Des qualités au problème des problèmes

D

Diagnostic des actions engagées

(au regard des problèmes identifiés)

P

Prospective en trois scénarios

(négatif/tendanciel/positif)

A

Propositions d'actions

(actions à fort effet de changement /mode d'organisation)

Liste des entretiens

Les 55 entretiens effectués (70 personnes associées en tout) ont, pour la plupart, duré d'une heure trente à deux heures (50 minutes pour le plus bref à 7 heures pour le plus long).



**Gestionnaires de l'agriculture
et des espaces ouverts**

Charles Monville (EARL Bomon)
Emmanuel Vandame (Ferme Vandame)
Cristiana Vandame (Ferme Vandame)
Emmanuel Laureau (Ferme de la Martinière)
Gilles Clément (Coloco)
Jean-Guy Henckel (Jardins de Cocagne)
Julien Thierry (Ferme du trou Salé)
Nathalie Trubuil (Ferme Trubuil)
Olivier Des Courtils (Ferme de Viltain)
Hervé Robert (ONF)
Roland Rondelet (Miellerie de la Mérantaise)
Vincent Bailly (Ferme de Villaroy)
Thierry Laverne (Triangle Vert)
Laurent Casanova (Centre équestre du haut Buc)

Société civile

Sœur Claire-Marie (Abbaye de Limon)
Mère Marie-Béatrice (Abbaye de Limon)
Gérard Delattre (ADER)
Jacques de Givry (AGPV)
Cyril Girardin (AMAP)
Francois Lérique (AMAP)
Marie-françoise Choisnard (APACH)
Arlette Fastré (APACH)
Béatrice Chevallier (APEIG)
Stéphanie Doré (APEIG)
Michèle Viala (ARPO)
Olivier Lucas (AVBs)
Harm Smit (COLOS)
Marie-Claire Méry (GRAAL)
Alexandre Bedu (MJC de Palaiseau)
Stanislas Bertheloot (Monsaclay.fr)
Zellie Bourlhou (OT de l'Yvette)
Odile Saint-Raymond (OT de l'Yvette)
Michelle Bazin (SI de Vauhallaan)
Corinne Meynial (Tecomah & AMAP)
Dorian Spaak (Terre et Cité)
Lionel Champetier (UASPS)
Dominique Gille-Aybes (VABG)

*Recherche,
enseignement & entreprises*

Raphaël Lecomte (CEA saclay)
Jean-Luc Sida (CEA saclay)
Jacques Vayron (CEA saclay)
Peter Ferry (Comité d'Action Sociale
de Polytechnique)
Jean-Marc Deleersnyder (HEC)
Olivier Moreau (HEC)
Laurent Hémidy (INRA)
Emmanuel Jolivet (INRA)
Dominique De Vienne (INRA du
Moulon)
Francois Lemarchand (Nature et
découvertes)
Philippe Elias (Polvi, CEA)
Marie Ros-Guezet (Polvi, Thales)
Lola Guillot (Semaine du DD de l'X)
Michel Bessière (Soleil)
Léa Marzloff (Chronos)
Adrien Coffre (Université Paris-Sud)
Paul Leadley (Université Paris-Sud)



Cinq phrases

pour contenir les expertises recueillies



1.

La clarification des grandes orientations du plateau suscite un certain soulagement



1. La clarification des grandes orientations du plateau suscite un certain soulagement

- “On a frôlé la catastrophe”.
- Une “sortie par le haut” : un compromis garant d’un équilibre retrouvé.
- L’histoire peut s’écrire à nouveau.

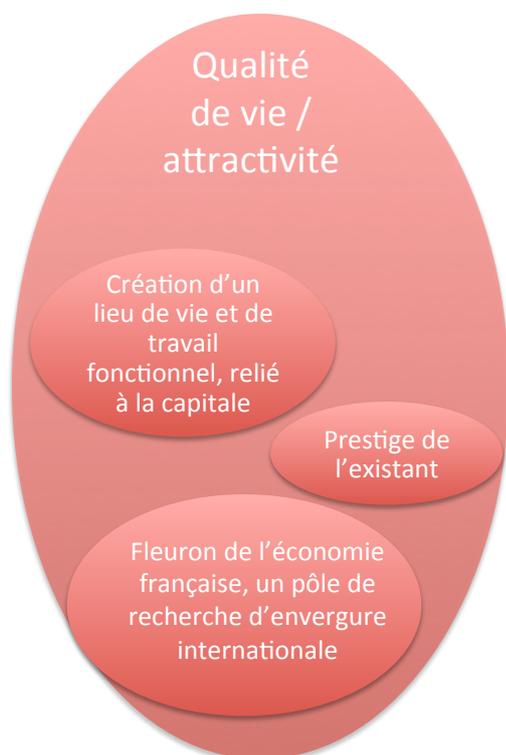
Une étape nécessaire pour beaucoup.



1. La clarification des grandes orientations du plateau suscite un certain soulagement

2.

Des préoccupations symétriques, qui révèlent une vision d'ensemble insuffisante



Les préoccupations côté campus



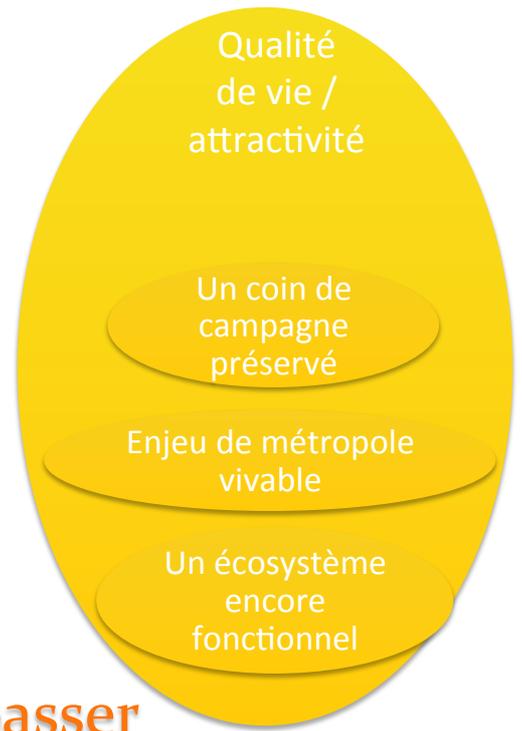
- Court terme : les transports et les travaux d'aménagement (phasages ou modalité de déménagement)
- Moyen terme : les financements du projet et les infrastructures de transport associées (point conditionnant)
- Long terme : risque que « la cible ne soit pas atteinte »

→ Un seuil critique à atteindre

Les préoccupations côté espaces ouverts



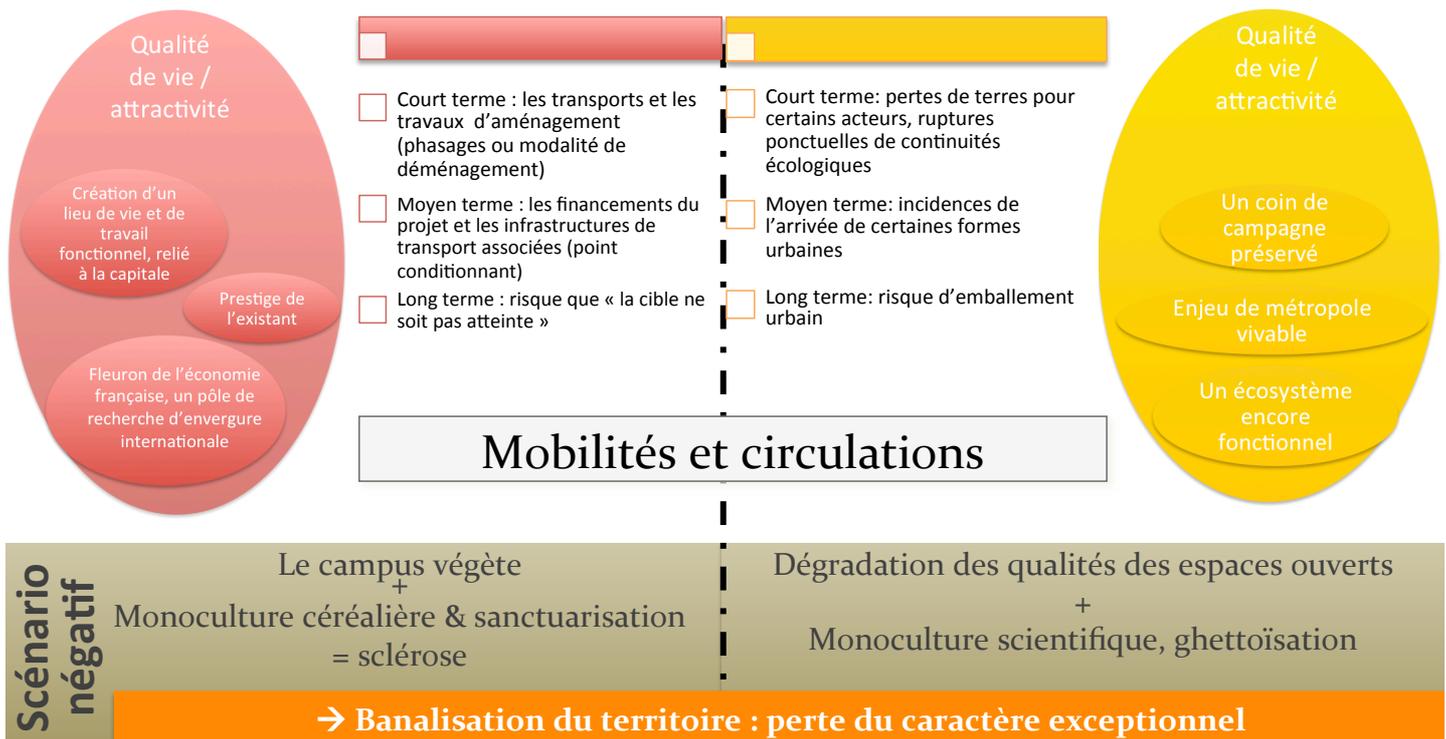
- Court terme:** pertes de terres pour certains acteurs, ruptures ponctuelles de continuités écologiques
- Moyen terme:** incidences de l'arrivée de certaines formes urbaines
- Long terme:** risque d'emballement urbain



→ Un seuil critique à ne pas dépasser

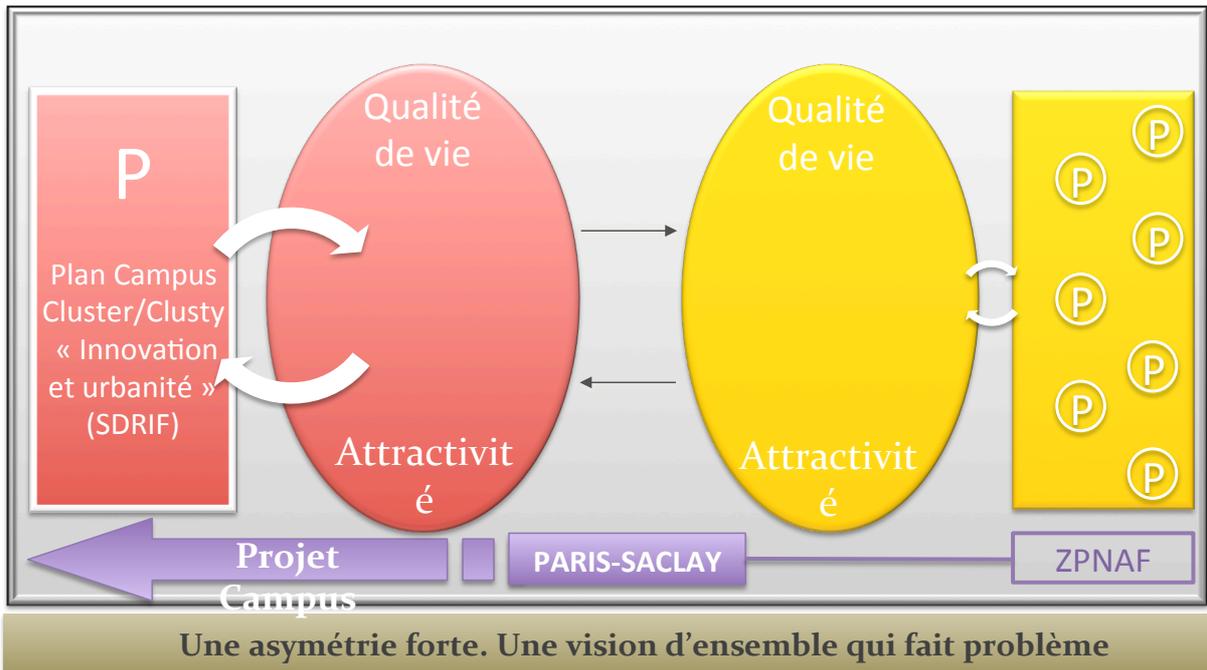


Des lectures étonnamment symétriques

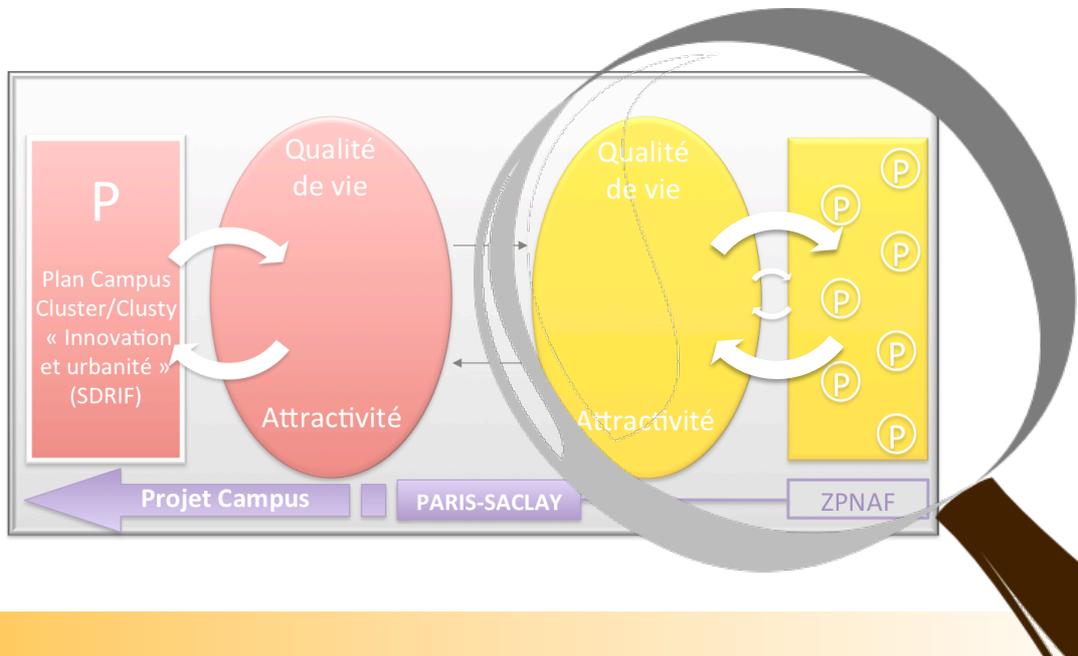




Un imaginaire projectif déséquilibré



3.



Un désert, des espaces *vides* peu accueillants

- “On traverse à tout allure, sans endroit où se poser et sans véritable point d’entrée”.
- “Grand plateau céréalier sous l’influence de la Beauce”.
- “Des grosses exploitations conventionnelles”.

- “En l’état, ce n’est pas un poumon vert ; même les forêts ne sont pas vraiment ouvertes”.

Une dizaine d’acteurs

Un espace *plein* de richesses naturelles et humaines

- “Ce territoire n’est perceptible et agréable que quand on est dans le contact, à pied ou à vélo ».
- Des terres excellentes : grandes cultures performantes (productivité, réserves hydriques).
- Des exploitants jeunes, impliqués et à la pointe, ayant opéré des diversifications significatives.

- Espace stratégique en Île-de-France, fonctionnel sur un plan hydrologique et écologique.

Une quarantaine d’acteurs

À première vue, des lectures contradictoires...

Un désert, des espaces *vides* peu accueillants

- “On traverse à toute allure sans points d’accès, sans endroits où se poser”
- “Grand plateau céréalier sous l’influence de la Beauce”
- “Des grosses exploitations conventionnelles”

- “En l’état, ce n’est pas un poumon vert ; même les forêts ne sont pas vraiment ouvertes”

Une dizaine d’acteurs un peu extérieurs ou qui y travaillent

Un espace *plein* de richesses naturelles et humaines

- “Ce territoire n’est perceptible et agréable que quand on est dans le contact, à pieds ou à vélo ».
- Des terres excellentes : Grandes cultures performantes (productivité, réserves hydriques).
- Des exploitants jeunes, impliqués et à la pointe. Diversifications nombreuses dans cadre stable.

- Espace stratégique en Ile-de-France car fonctionnel sur le plan écologique.

Une quarantaine d’acteurs qui habitent ou pratiquent le territoire

“Une forme d’agriculture conventionnelle, mais des acteurs hors du commun”
“De nombreuses pépites sont cachées: les gens ne voient pas cette richesse”

Des initiatives multiples...

Une coupure Essonne/Yvelines qui se retrouve...



Des espaces protégés : pour quoi faire et pour qui ?

- *Maintenant, cela devient possible...*
- *Maintenant, cela devient nécessaire...*
- *Maintenant, c'est indispensable...*

Un passage du contre... au pour...

Deux convictions largement partagées

- Plus les liens seront nombreux, plus les espaces ouverts et agricoles seront protégés.
- Les attentes sont là ; tout ce qui se fera rencontrera le succès.

Des idées de projet et des ambitions

Idées

- ++ Magasin, restaurants de produits locaux
- ++ Paniers, filières de proximité, jardins ouvriers
- ++ Liaisons douces et de loisirs
- ++ Rénover et utiliser les rigoles
- + Événements culturels (fête de l'agriculture, etc)
- Guinguettes en bord d'eau, chambres d'hôtes
- Maison de l'agriculture, école des lieux
- + Actions pédagogiques, découvrir biodiversité
- Agriculture gestionnaire du vivant
- Stages et conférences sur l'agriculture, l'envt...
- + Un patrimoine bâti et naturel remarquable
- ++ Circuits de promenade, visites guidées, tour
- + Valoriser les rejets animaux et la biomasse
- Projets communs agriculture / recherche
- Charte pour les espaces ouverts / agricoles
- + Espaces de rencontre et de dialogue

Alimentation

« Des produits locaux de qualité »

Circulations

« Ca entraînera tout le reste si on donne à voir »

Convivialité

« Un territoire à échelle humaine »

Education

« Comprendre les bases »

En pratique

« Retrouver le contact avec la terre »

Découvrir

« Faire valoir l'existant »
« donner une identité »

Ecosystème

« Innover, trouver des synergies »

Co-construction

« Echanger et porter un projet commun »

“Si on continue comme ça, dans 5 ans on a un film”.

Difficulté : des attentes réciproques qui se rencontrent encore mal

“Les agriculteurs sont des
entrepreneurs privés”

“Le patrimoine, les rigoles, ça
n'intéresse pas les institutions”

“On a fait notre part du travail.”

Quel mode de gestion à long
terme pour les espaces ouverts.

Exemple des rigoles

Bilan - reformulation

- Du contre au pour...
- Un potentiel exceptionnel, “naturel”, agricole et humain.
- De l'entité vivante et fonctionnelle ... à un “milieu de vie plus enrichissant”

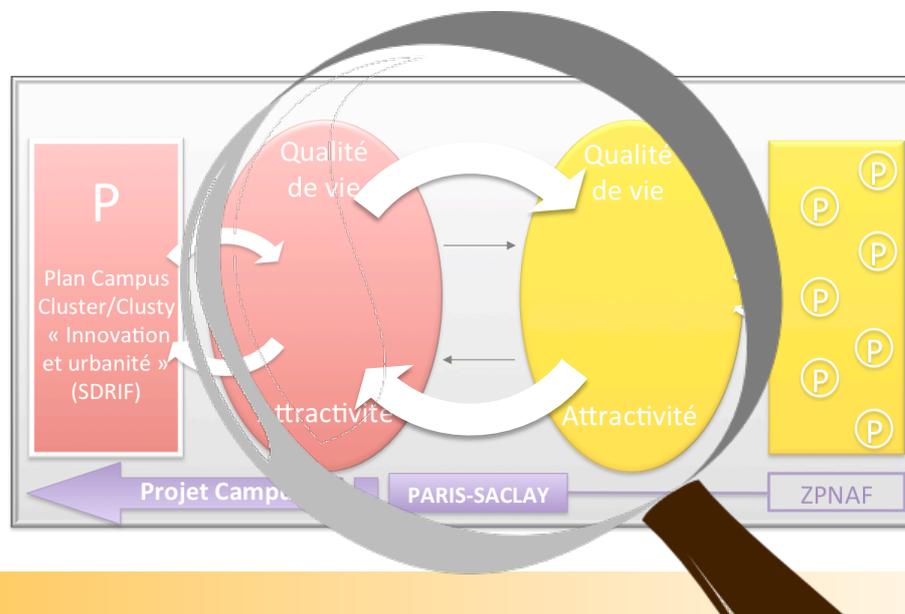
à deux doigts du seuil de percolation...

1. La clarification des grandes orientations du plateau suscite un certain soulagement
2. Des préoccupations symétriques, qui révèlent une vision d'ensemble insuffisante

3.

Agriculture et espaces naturels en attente d'un projet ambitieux

4.





Paradoxe : unité géographique / fragmentation institutionnelle et sociopolitique

- “Le plateau, on ne sait pas par quel bout le prendre ”
“Le plateau, on le traverse, mais on ne sait même pas où s’arrêter”
 - “Ce n’est pas un espace d’appartenance”
 - “Le plateau n’appartient à personne”
- “Aujourd’hui, est-ce à proprement parler un territoire?”



Des formes spécifiques de gouvernance et de facilitation sont attendues

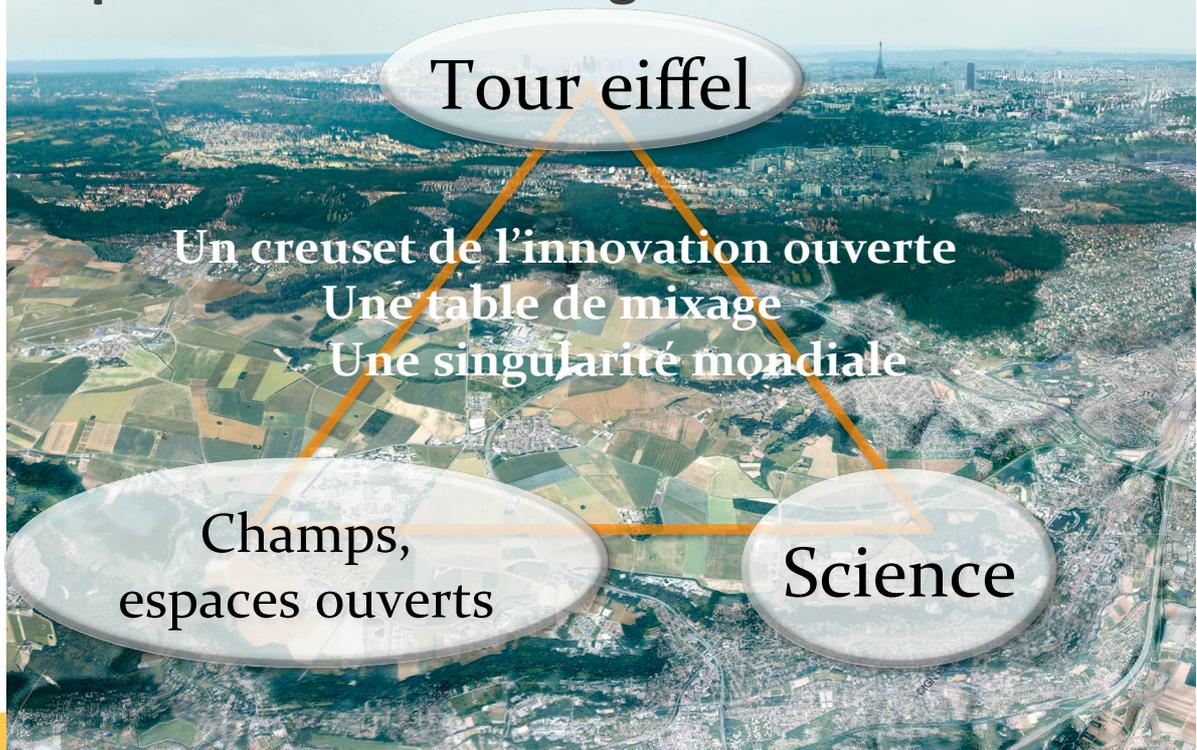
- Un besoin exprimé de pilote :
pour un État stratège et opérateur.
- Un mode de gouvernance plus ouvert : repenser
l’implication des acteurs et les modes de décision.
- Un “espace ouvert” à inventer pour décloisonner
et élaborer la vision d’ensemble.
- Indispensables, la facilitation et la convivialité :
un rôle pour Terre et Cité.

La vraie modernité : articuler entre elles les différentes composantes.

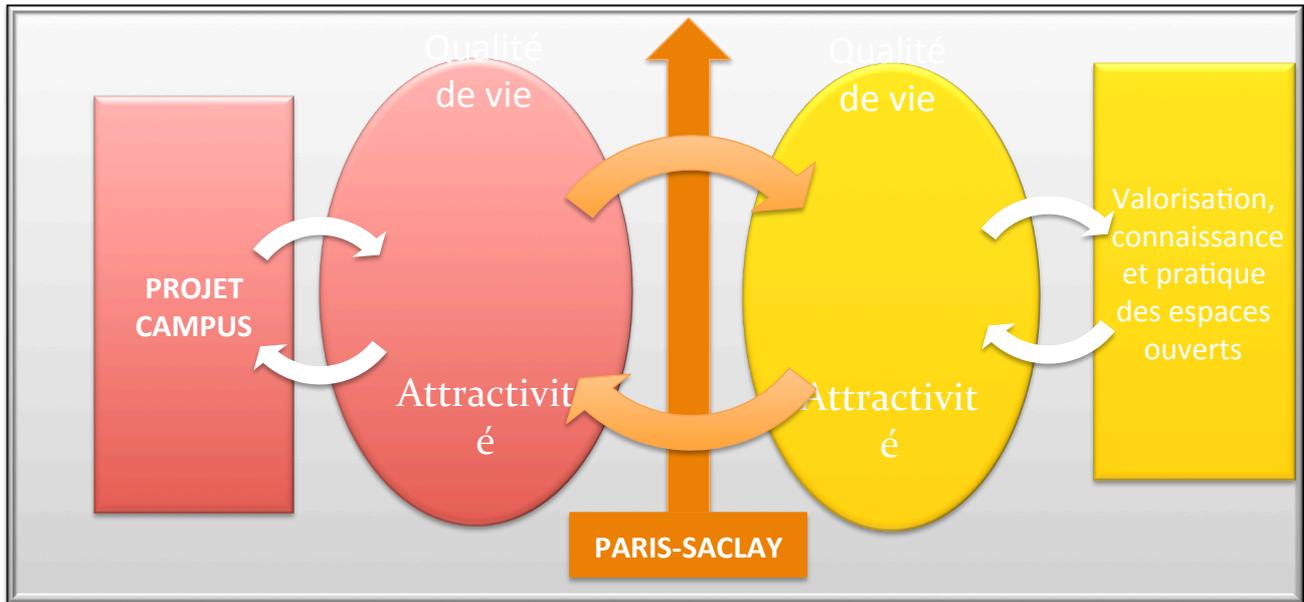
- “Le campus peut se développer indépendamment du reste”.
 - Du “campus au vert” au “bijou dans son écrin”...
- « L’originalité est la présence de toutes ces compétences. »
- “On peut faire de ce territoire un “laboratoire des territoires du futurs”, un “laboratoire du développement durable”.

On peut inventer un “modèle du vivre-ensemble”. “ C’est au travers des synergies qu’on créera quelque chose de vraiment unique”.

Et pourtant... : une singularité reconnue



Un territoire d'innovations et d'équilibre : une référence sur le plan mondial



1. La clarification des grandes orientations du plateau suscite un certain soulagement
2. Des préoccupations symétriques, qui révèlent une vision d'ensemble insuffisante
3. Agriculture et espaces naturels en attente d'un projet ambitieux

4.

**Un dessein commun est possible,
qui nécessite des formes spécifiques
de gouvernance et de facilitation**

III.

Perspectives pour la question des sols



Fertilité des sols : un enjeu qui s'affirme

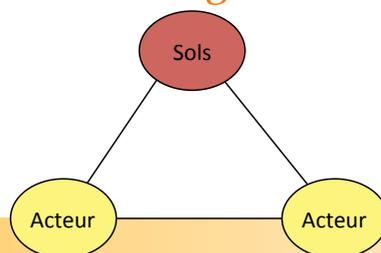
- Fertilité des sols du plateau / problématique mondiale des terres arables.
- Responsabilité croissante / doutes tenaces.
- L'avenir est ouvert : la question des sols peut peser.

Des attentes fortes en rapport avec la qualité de l'alimentation

- L'étape suivante après l'essor des circuits courts.
- Qualités organoleptiques en lien avec la qualité des sols.
- Des agriculteurs prêts à innover, demandeurs d'un appui scientifique.

Permettre un pilotage de la qualité des sols

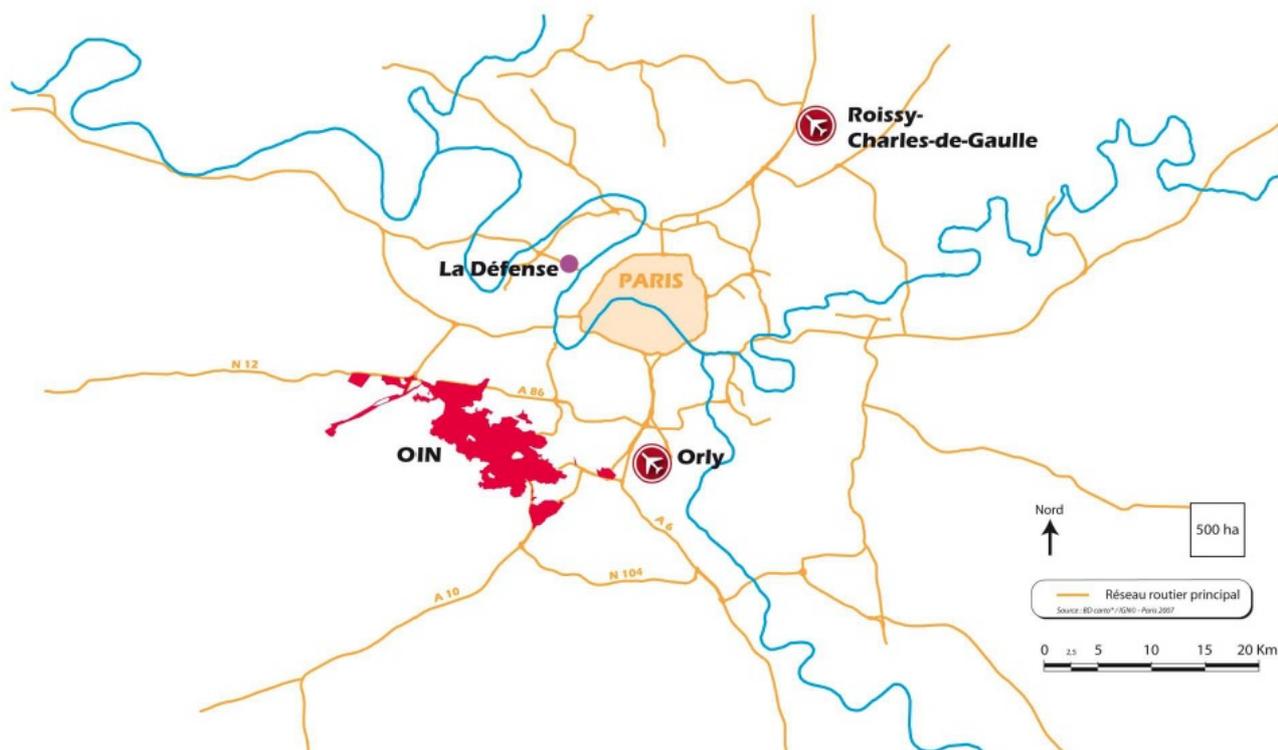
- Dans l'optique d'un projet ambitieux et d'un "milieu de vie augmenté".
- En quoi et pour qui, les sols sont-ils importants ?
- Au-delà de la multifonctionnalité qui méconnaît les acteurs : un observatoire d'un nouveau genre.



Services et devenir des sols d'un territoire agricole en zone péri-urbaine, le cas du plateau de Saclay.

A une vingtaine de kilomètres au sud-ouest de Paris, le plateau de Saclay est un des derniers grands espaces naturels et agricoles si proche de la capitale. Sa situation en fait un objet de convoitise. Depuis 2005 une Opération d'Intérêt National (OIN) a été initiée sur ce territoire. Elle doit conduire à terme à renforcer l'implantation d'établissements de Recherche et d'Enseignement Supérieur.

> *L'inscription du projet dans le territoire métropolitain*

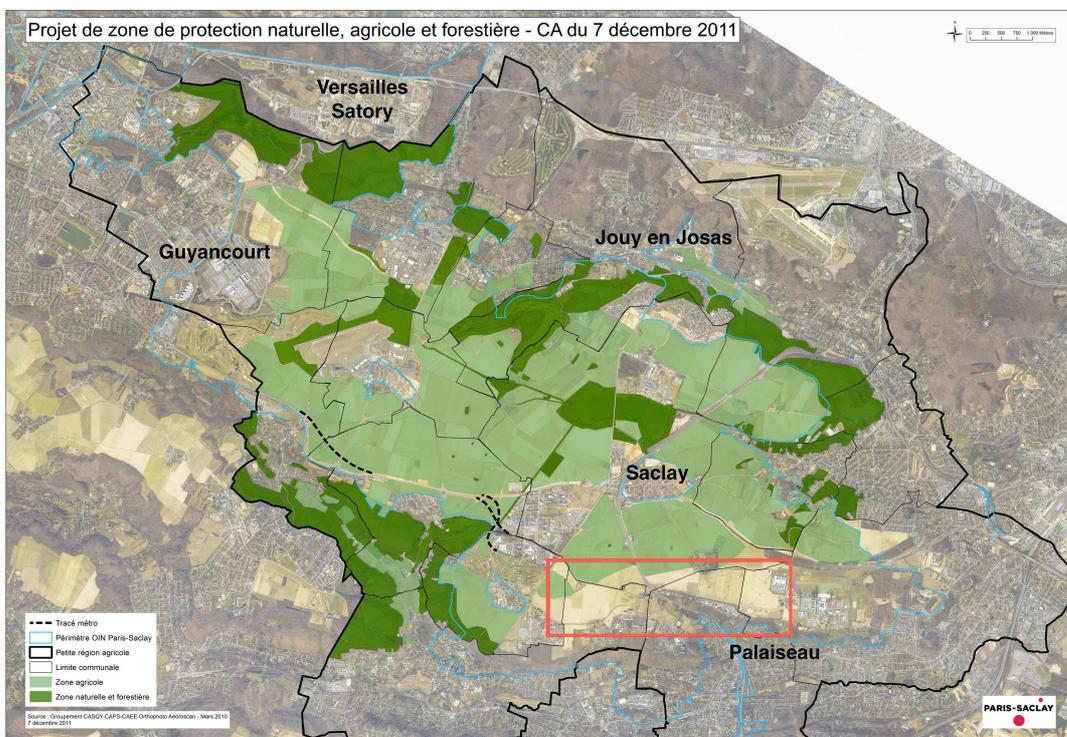


La surface du plateau représente la moitié environ de la surface de Paris intra muros. Cette surface se compose pour moitié d'espaces naturels et pour moitié d'espaces agricoles, soit aujourd'hui environ 2800 hectares, partagés par une quinzaine d'exploitations agricoles de 150 à 250 hectares. La surface ainsi préservée est encore très bien connectée, ce qui confère une grande qualité aux paysages. La richesse de ce terroir est intimement lié à la qualité agronomique des sols, des limons des plateaux accumulés sur plus de 4m par endroit. La mise en culture de ces sols a été facilitée par un gigantesque travail de drainage au 17^e siècle avec la création de 200 km de rigoles et de plusieurs bassins et étangs pour alimenter en eau le château de Versailles. La spécificité du système hydrique sur ce territoire permet pour ces sols une production de maïs sans recours à l'irrigation.

La qualité exceptionnelle de ce territoire se devait d'être considérée et préservée même dans le cadre du vaste projet d'aménagement prévu par l'OIN et par le plan Campus. Dans la loi du « Grand Paris », de juin 2010, il a donc été prévu la création d'une Zone Protégée Naturelle Agricole et Forestière (ZPNAF) qui maintient 2300 ha de surfaces agricoles. L'Etablissement Public du Plateau de Saclay (EPPS) est chargé de réfléchir, coordonner et mettre en œuvre la politique d'aménagement sur ce territoire. Il s'agit d'un dispositif législatif tout à fait remarquable pour protéger un territoire naturel agricole. La carte définitive des terres devant être inscrites dans le périmètre de protection est en train d'être finalisée.

- Sur la carte du plateau de Saclay ci-dessous:
- en **vert foncé** les espaces naturels et forestiers,
- en **vert clair** les espaces agricoles. Les zones qui apparaissent
- en **beige clair** les terres agricoles destinées à être urbanisées à plus ou moins long terme, soit environ 500ha.

Pour la partie sud du plateau, déjà mise en chantiers (**encadré rouge**), il est prévu que les zones urbanisées soient séparées des espaces agricoles « fonctionnels » par des zones de « transition ». Ces zones de transition seront donc installées en grande partie sur des terres actuellement agricoles



Objectifs de l'atelier :

Nous voulons nous préparer à une éventuelle réponse à appel d'offres en 2013 ou 2014 (mais il n'entre pas dans le contour de cet exercice de discuter des appels d'offres pertinents). Nous vous proposons de réfléchir à un projet d'installation d'un observatoire des services rendus par les sols sur ce territoire en profonde mutation, et potentiellement modèle pour un développement « agri-urbain ».

Nous sommes aujourd'hui à l'instant t-zéro avec des parcelles homogènes de sols agricoles, principalement en agriculture conventionnelle. Un dispositif d'observation pourrait être installé pour suivre, au cours des années qui viennent, la transition dans l'usage des sols et ses effets, en différenciant la zone urbaine, la zone de transition, et la zone restée en agriculture « conventionnelle ». Les grandes unités pouvant être définies et considérées dans cet exercice ne seront pas nécessairement restreintes à ces trois zones.

Afin d'établir une sorte de cahier des charges correspondant à la mise en place de cet observatoire, nous vous proposons de suivre ce canevas :

- Identifier les questions scientifiques liées à ce changement d'usage
- Indiquer quels pourraient être les objectifs de l'observatoire ?
- Quelles seraient les grandeurs à mesurer et quelles propositions pourraient être faites pour les protocoles de mesures ?
- De quelle manière prendre en compte et mesurer l'artificialisation des sols ou le changement de destination de bâtiments agricoles ?
- Comment valoriser cet observatoire ?
- Quelle forme d'organisation pour le fonctionnement de cet observatoire ?
- Quels moyens à affecter à un tel projet ? En termes financiers et humains

Temps conseillé : ¼ d'heure par point à aborder.

Considérer, si possible, les nombreux services rendus par les sols comme détaillés hier, la multifonctionnalité des sols et la dimension socio-économique et humaine de BASC.

Services et devenir des sols d'un territoire agricole en zone péri-urbaine, le cas du plateau de Saclay

Cadrage de l'atelier : *Nous envisageons de répondre à un appel d'offre courant 2013 et de déposer un projet pour l'installation d'un observatoire des services rendus par les sols sur ce territoire en profonde mutation et qui pourrait potentiellement constituer un modèle pour un développement « agri-urbain ». Nous sommes aujourd'hui à l'instant t-zéro avec des parcelles homogènes de sols agricoles, principalement en agriculture conventionnelle. Un dispositif d'observation pourrait être installé pour suivre, au cours des années qui viennent, la transition dans l'usage des sols et ses effets, en différenciant la zone urbaine, la zone de transition, et la zone restée en agriculture « conventionnelle ». Les grandes unités pouvant être définies et considérées dans cet exercice ne seront pas nécessairement restreintes à ces trois zones.*

Analyse du contexte

Les discussions dans les ateliers ont démarré sur l'extension spatiale pertinente pour la conception d'un observatoire. Le consensus général a été de réfléchir sur l'ensemble du plateau de Saclay et non pas uniquement sur la zone de transition ou sur les 400 ha impactés par les projets immobiliers. Certains éléments de contexte ont été mis en exergue :

- Il n'existe pas de carte pédologique ni de carte de potentialité agricole des sols du plateau
- L'évolution de l'occupation des sols s'accélère: il y a 10 ans, il y avait exclusivement de la grande culture conventionnelle et une exploitation élevage « bovin lait » (Viltain), l'évolution actuelle est l'augmentation de l'agriculture biologique (10 % territoire), favorisant des circuits courts, avec une diversification du maraîchage, et des exploitations de volaille biologique. La tendance probable est vers l'augmentation de la diversification. Cette évolution implique des besoins supplémentaires en eau, et dans le cas du maraîchage, une augmentation possible des intrants chimiques si cela ne s'accompagne pas d'une évolution vers de l'agriculture biologique.
- Ce plateau est/sera le réceptacle du monde urbain en termes d'habitants résidents et de citadins en balade, mais aussi de produits résiduels. L'augmentation du trafic routier (avec d'éventuels impacts polluants sur l'agriculture) est à prévoir.
- Il y a une nécessité de régulation des flux hydriques de la zone géographique considérée, avec une préoccupation quant à l'évaluation du bilan hydrologique régional face à la détérioration du système hydraulique conçu par Gobert (non entretien des ouvrages et fossés et rigoles détruits par les infrastructures routières et de constructions actuelles,..) et à l'artificialisation des sols. L'apport supplémentaire d'eau pluviale par les rigoles du fait de l'urbanisation est un problème pour la capacité d'évacuation des rivières dans les vallées qui sont déjà en incapacité face aux excès d'eau.
- Il est important d'avoir un recul historique depuis le 17e (au moins), concernant en particulier les travaux de drainage et la mise en valeur des sols.
- Il y a eu création d'une zone de protection naturelle, agricole et forestière (ZPNAF).
- Il y a une volonté politique de recréer un système de production pseudo-autonome à l'échelle de la plaine

- Il y a l'expression d'une demande des collectivités pour un outil d'aide à la décision (évaluation multicritères) pour la gestion des aménagements à l'échelle du territoire.

Questions scientifiques liées à ce changement d'usage

- Répartition et diversité des sols sur le plateau pour une définition des différentes typologies de l'usage des sols, des fonctions et services écosystémiques rendus selon les différents usages. Quelle influence des différents usages sur les différents services (gains ou menaces, consolidation ou fragilisation des services) ?

- Compréhension des mécanismes et processus qui pilotent les différents services fournis par les sols :

- Fourniture qualitative et quantitative de la ressource en eau.
- Evolution des stocks de carbone des sols en fonction de la gestion des intrants carbonés (effluents d'élevage de ferme de Viltain, composts déchets verts urbains, ...) et des pratiques agricoles et systèmes de culture (développement élevage, agroforesterie..);
- Emission des gaz à effets de serre (en relation avec la gestion des matières organiques et la dynamique de l'eau) ;
- Atténuation des polluants, les sols étant considérés comme puits et sources de polluants, ainsi que comme réceptacles de dépôts des pollutions atmosphériques. Derrière les questions liées à la définition de la qualité des sols, il y a la dynamique des éléments traces métalliques et organiques, ainsi que la caractérisation de leur biodisponibilité et la qualité des productions agricoles.
- Réservoir de biodiversité dans les sols, affectée par l'évolution des usages du sol (urbanisation) et par les évolutions des pratiques agricoles. Définition d'indicateurs de biodiversité des sols, sensibles aux évolutions d'un état initial de grande culture conventionnelle. Comment la fonction réservoir de biodiversité à l'échelle locale est t'elle affectée par la répartition des usages et pratiques à l'échelle du territoire (haies, corridors ect).
- Evolution ancienne des sols sous l'effet de différents modes d'occupation des sols et de pratiques (forêt, prairie, cultures), de leur changements au cours du temps (irréversibilité / résilience ?), influence des réseaux fossoyés sur le fonctionnement des sols, sauvegarde des gisements archéologiques.

- Evaluation multicritères des services écosystémiques des sols dans un territoire en transition : comment caractériser cette transition et l'évolution des états (systèmes) actuels ? Comment intégrer la capacité des sols à évoluer dans les différents services rendus ou face à la modification de l'usage des sols ou à l'adoption de nouvelles pratiques (modification des systèmes de culture, transition des grandes cultures vers le maraîchage, recyclage des déchets, ...)

- Comment approcher et caractériser la résilience et la réversibilité des services selon les différents usages des sols ? Quelles sont les conditions pour assurer cette réversibilité ?

- Comment caractériser l'évolution de la biodiversité (en lien avec plusieurs thématiques liées à la modification de l'usage : réapparition éventuelle des zones humides suite à une compensation des pertes de biodiversité due à l'urbanisation, apparition d'espèces invasives, établissement de corridors écologiques, intensification écologique, ...)

- Comment appréhender et améliorer la perception du sol et du paysage par les utilisateurs (habitants, industrie, etc ...) ?

Objectifs de l'observatoire

- Observer les conséquences sur les sols de l'évolution rapide d'un territoire soumis à des contraintes d'urbanisation, avec des modifications spécifiques concernant la dynamique de l'eau (renforcement de l'usage des rigoles avec évacuation des eaux pluviales urbaines en plus de l'assainissement des sols agricoles, fonctionnement hydrologique du plateau), le trafic routier, les usages des sols (artificialisation, plantations, espaces récréatifs, ...) et les modifications des modes d'agriculture en zone péri-urbaine. Analyse coût/bénéfices socioéconomiques, culturels, écologiques, archéologiques, ...
- Développer un outil d'aide à la décision permettant d'objectiver les discussions entre les décideurs de l'aménagement territorial et le monde agricole. Mise en place de l'outil à partir des données acquises au point 0 pour optimiser les différents scénarii d'aménagement et être prédictif pour les aménagements futurs. Cet outil sera basé sur le choix d'indicateurs pertinents, sensibles aux changements rapides.
- Augmenter les connaissances sur le fonctionnement du sol, et renforcer les aspects pédagogiques et la communication pour assurer un lien science-société.

Grandeurs à mesurer et protocoles

L'établissement d'une carte détaillée des sols du plateau, couplée au suivi des pratiques agricoles et à l'historique des itinéraires techniques est un préalable au lancement de l'observatoire. Cette carte des sols devra être suffisamment détaillée, résultant d'un travail de sondage classique ainsi que de l'application d'outils géophysiques et de télédétection. Des données de base à renseigner sont : l'épaisseur des limons, épaisseur des argiles à meulière, types de sols, identification des structures anciennes (archéologie), ...

Pour assurer un suivi des évolutions, une grille systématique de localisation de points de suivi (type RMQS, adaptée à l'échelle du plateau) devrait être mixée avec des points choisis en fonction des perspectives d'évolution (mode usage, zones aménagées, évolution des pratiques agricoles, zones de forte artificialisation, (pédogenèse sur les sols remaniés parkings filtrants, golfs, ...).

En parallèle des sites suivis (de manière systématique ou remarquables), des sites d'expérimentation permettant le forçage de certaines variables et créant des sites de référence des différents usages du sol pour le suivi de l'hydrologie et l'accumulation de connaissances sur les services en lien avec les usages.

Les grandeurs pourraient être regroupées par indicateur de fonctions/services :

- Maintien de la qualité (et de la quantité) de l'eau : bilan hydrique, concentration en micropolluants (nitrates, organiques, antibiotiques, ...), porosité, mesure de la RU, profondeur de sol. Utilisation des modèles hydrologiques spatialisés pour construire des scénarios
- Maintien de la qualité de l'air : suivis atmosphériques (eg : ozone, microparticules), émission GES, suivi des dépôts atmosphériques face notamment à l'augmentation de la circulation automobile.
- Rôle filtre/tampon des sols : mesures des concentrations en contaminants des sols.
- Stockage du C et matières organiques : mesures des stocks au temps 0 et ensuite périodicité à définir en fonction de l'évolution des usages.

- Maintien/réservoir de la biodiversité : Suivi de la biodiversité faune, microorganismes et flore. Il faudra déterminer quels groupes taxonomiques (faune/flore/micro) ou fonctionnels (eg bactéries nitrifiantes), et quel pas de temps (intra-annuel, pluriannuel).
- Productivité et grandeurs sociales et économiques : rendement, indicateurs de bien-être, ... et indices d'acceptabilité sociale (recyclage des déchets, traitements des eaux, développement « plus écologique », ...)

Valorisation de l'observatoire

- Valorisation vers société, dans une optique de resserrer les liens science/société. Echanges avec le monde agricole et actions ciblées vers les étudiants et les scolaires, aussi bien sur les aspects techniques et éducatifs que culturels et récréatifs. Actions de sensibilisation à l'écologie des territoires (biodiversité, cueillette à la ferme, recyclage des déchets ...) dans le cadre de développement de démarches d'économie circulaire.
- Développement d'un sentier d'interprétation agricole (actuel) qui recense différents points d'intérêt : circuit à étendre et à compléter avec les sols placés dans le paysage (profils sur le terrain, mais surtout avec des outils numériques : internet, tablettes, ...).
- Utilisation pour la formation initiale (terrain pour des TD/P). Espace pilote pour sensibiliser les étudiants APT et des autres écoles (favoriser la synergie avec les autres écoles) à partir d'un exemple concret de gestion d'un territoire périurbain avec prise en compte des sols (actions de formation inter-écoles sur la gestion des territoires selon différents axes, avec le cas du plateau comme support).
- Valorisation scientifique : apports de connaissances, validation des indicateurs, ...
- Outil d'aide à la décision pour l'optimisation du fonctionnement d'un territoire (énergétique, écologique).

Moyens à affecter et organisation

- Constituer un réseau de sites d'observation avec les sites existants, suivis par les équipes du Labex pour utiliser les acquis et compléter la prise en compte des services fournis par les sols dans d'autres conditions. Analyser l'analogie entre sites pour éviter les doublons et monter des expérimentations complémentaires ou de validation des expérimentations de longue durée existantes en Ile de France.
- Déplacer des outils de suivi existant ailleurs (ex ICOS, ...)
- Concevoir les moyens de partage et de gestion de l'information : mise en place d'un système d'information, en y incluant des bases de données.
- Mobiliser les compétences multi-disciplinaires du Labex BASC : proposition d'un nouveau projet. Réponses à AO coordonnées par une structure 'informelle', inscrite dans le périmètre BASC. Le projet P4 (Péribain) pourrait s'associer pour passer d'un observatoire des sols à un observatoire de l'évolution du territoire
- Se rapprocher de l'EPPS et de la Région pour obtenir de moyens. Répondre à différents AO (Ademe, ANR, Snowman, fonds FEDER ...).
- Favoriser les connexions avec des PME, et inciter le développement de Start-ups,

Evaluation des services fournis par les sols pour une prise en compte dans le développement territorial

Table ronde

Les services rendus par les sols : attentes et besoins des gestionnaires de territoires

Quelle est la perception des sols dans contexte de travail de différents acteurs intervenant sur le territoire (recherche, mode associatif, gestionnaires, élus, aménageurs) et quelles sont les attentes vis-à-vis de la recherche ?

Marie-Pierre Digard (*Maire Adjointe d'Orsay, association Terre & Cité*) face au territoire exceptionnel du plateau de Saclay et aux conflits d'usage des sols entre activités agricoles et développement urbain, industriel et scientifique, qu'est-ce que la recherche peut proposer d'innovant ? Les attentes vis-à-vis des chercheurs en science du sol sont très pragmatiques, concernant l'aide aux décideurs pour l'aménagement du territoire. Si l'on doit décider, par exemple, de l'installation d'une station d'épuration, les élus aimeront connaître la localisation optimale pour réduire les impacts et pour éviter la consommation des sols de très bonne qualité. La prise en compte de la réversibilité des aménagements est aussi un critère important à évaluer, ainsi que l'acceptabilité sociale et économique des projets d'aménagement. Dans les propositions, il faut intégrer les notions d'échelle de temps qui est très différente entre le temps de l'élu (son mandat) et le temps de la recherche. Il est aussi important d'intégrer la durée de vie des aménagements que l'on va décider aujourd'hui et leur degré de réversibilité.

Christine Aubry (*responsable scientifique du DIM ASTREA - Agriculture, Ecologie Territoires et Alimentation - de la Région Ile-de-France, scientifique UMR SAD-APT*). Au travers le DIM la Région soutient la recherche sur quatre axes : relations agriculture-territoire, rôle de l'agriculture dans les services écosystémiques (biodiversité en particulier), approvisionnement alimentaire et accompagnement à l'évolution de l'industrie agroalimentaire.

Dans les préoccupations de la région, les sols sont pris en compte sous différents aspects. L'objectif de la Région est le maintien des sols agricoles, avec une conservation du foncier agricole face au processus de fragmentation liés à l'expansion des zones urbanisées. Un autre objectif est de faire évoluer les formes d'agriculture, pour faire évoluer les pratiques, tout en conservant les capacités de production. Les sols sont aussi considérés au travers des services de réservoir de biodiversité et de recyclage de déchets.

Ainsi, les attentes de la région vis-à-vis de la recherche sont (1) le développement des critères de qualification des sols par rapport aux usages actuels et potentiels, à l'échelle territoriale, permettant de traiter les conséquences des processus de mitage du territoire, (2) l'élaboration d'une typologie des services en relation avec les différentes formes d'agriculture allant de l'agriculture conventionnelle à l'agriculture biologique, et (3) l'acceptabilité sociale des mutations et des modifications d'usage des sols.

Marc Barra (*Natureparif*). L'association Natureparif a pour principale mission d'être un observatoire de la nature. Ses missions classiques d'observation de la faune et de la flore

devraient être renforcées avec l'observation des fonctions environnementales (aspects fonctionnels de la nature), en y incluant notamment les sols. Cela va de pair avec le besoin d'un argumentaire pour expliquer à quoi servent les sols. Ainsi, face à un projet d'aménagement, il est nécessaire d'argumenter pour que les impacts sur les sols et les actions dommageables à la biodiversité soient pris en compte. Une préoccupation importante de l'association est la réversibilité des constructions et des bâtiments (revêtements perméables, système de construction sur pieux, etc.).

Une première demande à la recherche serait de pouvoir disposer d'une sorte de « bilan sanguin » des sols, c'est-à-dire, d'un bulletin d'analyse permettant d'avoir une description de l'état de santé du sol à travers plusieurs paramètres (fertilité, structure, composition biologique, etc.). Cela suppose de disposer d'un référentiel ou d'un intervalle de valeurs, ce qui, par ailleurs, permettrait de se passer d'un état de référence (ou d'une situation témoin à t zéro), toujours difficile à identifier. Une autre attente serait une cartographie pour l'aide à la décision, permettant une articulation cohérente des différents schémas territoriaux d'aménagement (PLU, SCoT). Une dernière attente concerne le développement de l'ingénierie écologique et de la recherche appliquée, par exemple pour l'optimisation des substrats pour la réalisation de toits végétalisés, ou pour le développement de la phytoremédiation pour le traitement des sols pollués, surtout en milieu urbain.

Claire Chenu (*présidente du Conseil Scientifique du programme GESSOL - GESTion patrimoine SOL – du Ministère en charge de l'Ecologie*). GESSOL est le seul programme français totalement dédié aux sols, perçus au travers de leur multi-fonctionnalité, avec une vision très large des services fournis. L'opérationnalité des recherches sur les sols est un des objectifs du programme qui vise à la proposition d'outils et de démarches d'aide à la décision publique. Sur le constat que les mauvaises décisions proviennent souvent d'un manque d'interactions, le programme a la volonté de favoriser les interactions entre disciplines (en particulier interaction avec les sciences humaines, sociologie, économie, droit) et avec les décideurs pour améliorer la reconnaissance et la prise en compte des sols. La gestion est au cœur du programme, avec un accent mis sur les voies de restauration des sols et de leurs services. Le programme a identifié les zones de transition urbaine – péri-urbaine comme des lieux à forts enjeux pour les sols.

Ghislain Mercier (*Etablissement Public Paris-Saclay*). L'EPPS a en charge l'aménagement du territoire Paris-Saclay en y incluant les aspects économiques. Les sols sont particulièrement concernés sur trois aspects : (1) la gestion de l'eau (par ex comment construire sans aggraver un risque d'inondation), (2) la biodiversité, avec la conception de mesures d'évitement de perte de biodiversité et la proposition de compensations des impacts sur la biodiversité, avec une analyse du potentiel dévolution des territoires, (3) la gestion de la fertilité des sols, le maintien de leurs capacités productives ainsi que la gestion des sols comme une ressource (comment optimiser la gestion des terres excavées ?). Les attentes vis-à-vis de la recherche concernent l'accompagnement des aménageurs dans la conception des aménagements et dans l'aide à la prise de décision pour l'installation des équipements. L'EPPS a une volonté d'associer la recherche scientifique à l'aménagement.

Nathalie Petitjean (*Agence des Espaces Verts de la Région Ile-de-France*). L'AEV a pour mission la préservation et la mise en valeur des espaces ouverts d'Ile de France, à savoir l'ensemble des espaces boisés, agricoles et naturels. A cet effet, l'AEV dispose de la capacité d'acquérir des terrains pour le compte de la Région. L'AEV concentre ses interventions foncières sur des espaces reconnus d'intérêt régional, dans le cadre privilégié de périmètre régionaux d'intervention foncière (PRIF). L'agence gère 75 PRIFS portant sur 38 000 ha. Un PRIF de plus de 2000 ha a été établi sur le Plateau de Saclay dès 1990. Sur ces 2000 ha de terres agricoles, 500 ha sont aujourd'hui propriétés de la Région.

L'agence pourrait avoir de 3 demandes ou attentes par rapport à la recherche

1°) pouvoir démontrer par des données chiffrées la valeur des sols agricoles en particulier la valeur économique afin d'avoir une réponse à la valeur du prix du terrain constructible. La valeur économique d'un sol agricole ne peut pas se limiter à l'estimation du cout du foncier par les domaines. 2°) l'article L 411-4 du code rural stipule qu'un état des lieux doit être fait au moment de la signature d'un bail. Bien souvent il est fait une analyse de sol NPK et un bilan des rendements sur les 5 dernières années. Or ces critères, notamment les rendements ne sont pas pertinents dans le cas d'un passage d'une agriculture conventionnelle à une agriculture bio. Ils ne permettent pas d'évaluer la vie du sol. Il conviendrait donc de déterminer quels sont les critères pertinents à analyser (quantité de collembole, de ver de terre, etc., ...). 3°) L'agence a engagé une expérimentation emblématique sur 17 ha dirigée par le paysagiste Gilles Clément avec une idée de « renaturation » de cet espace dans lequel seront mis en place agroforesterie et friches. Le protocole scientifique reste à définir et l'engagement des agriculteurs comme acteur de cette expérimentation est à mettre en place.

Discussion générale

Certaines des attentes exprimées semblent relever plus de l'expertise ou des activités de bureau d'études que de la recherche.

La temporalité différente entre la nécessité des prises de décision ou l'élaboration des plans d'aménagement et de la recherche peut être difficile à concilier. Les capacités à attendre et à accompagner vont dépendre du partage des objectifs et des démarches, dans un champ de contraintes dont les intérêts économiques sont déterminants.

Face à une initiative provenant de la recherche, par exemple la création d'un observatoire des services fournis par les sols, les acteurs potentiellement intéressés semblent facilement identifiables, par contre les mécanismes de financement et de mobilisation des ressources ne sont pas clairement identifiés. L'EPPS semble être l'organisme avec la plus grande capacité d'intervention.

Le site de Palaiseau « La Troche » : Un établissement agricole romain et médiéval

Responsable scientifique : Steve Glisoni, steve.glisoni@inrap.fr

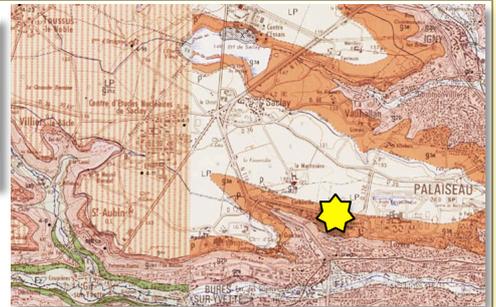
Présentation de la fouille

Contexte environnemental :

Bord de plateau, LUVISOLS (Afes, 1995) sur limons éoliens (LP)
Structures archéologiques (fosses, fossés...) présentes sous l'horizon cultivé



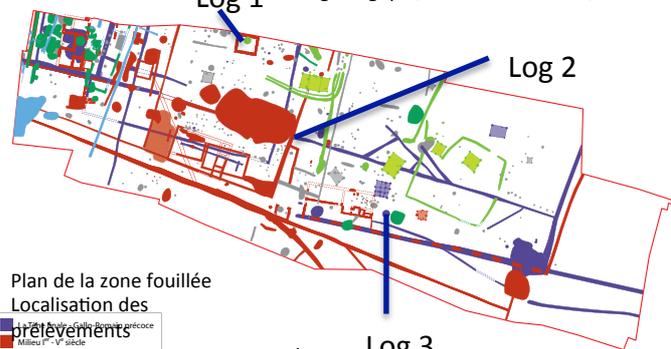
Vue du site vers le Nord-ouest



Log 1 Carte géologique, localisation du site, bord de plateau

Une occupation ancienne et multiple :

- Une première installation précoce (50 BC – Ier s) et un 1^{er} réseau fossoyé
- Une grande *villa* romaine avec des thermes (Ier – IIIe s) et un 2nd réseau fossoyé
- Un habitat médiéval (XI^e s-XV^e s), des bâtiments et des fossés



Plan de la zone fouillée

Localisation des prélèvements



Problématiques géoarchéologiques :

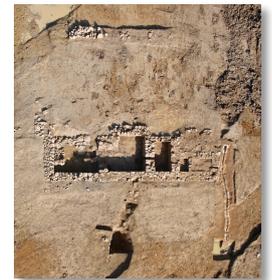
1. Quelle nature et fonction pour les nappes grises sous les bâtiments antiques ?
2. Une source d'information pour renseigner les modes d'occupation des sols ?

Méthodes mises en œuvre :

Géomorphologie, paléopédologie, micromorphologie



Les nappes grises sous les bâtiments romains

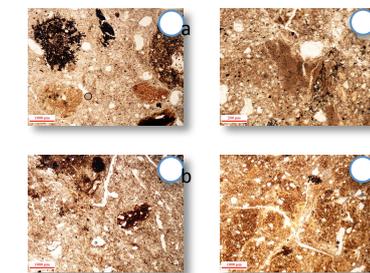


Les thermes romains

Résultats



Les nappes grises, log 1, un sol sur colluvions
Sous le bâtiment romain (a) : à la base du sol, le démantèlement d'un Bt (c), en haut horizon enrichi en matière organique (b) : un horizon E ? Stabilisation ?



Les nappes grises, log 2, un sol sur colluvions
Substrat argileux (d) recouvert de colluvions (a, b, c), localement abondants rejets d'activités (a), contraintes mécaniques et labours probable (b)



Identification d'un four de grillage de céréales
Un foyer romain précoce (-50) (a) : des cendres phytolithaires (pseudomorphoses de cellules végétales) (b, c), des fragments de graines (b)

Identification de sols sur colluvions protohistoriques et historiques dans d'anciennes dépressions
Une zone humide - Une occupation rythmée – Des activités agricoles – Un sol cultivé romain précoce

Références bibliographiques : Steve Glisoni, Palaiseau (91) – « La Troche » - établissement antique et occupation du second Moyen-Age, Actes des Journées archéologiques d'Ile-de-France 2010, Revue Archéologique de l'Ile-de-France, 2012, pp 161-172.

Archéologie du Plateau de Saclay Histoire d'un territoire sur la longue durée

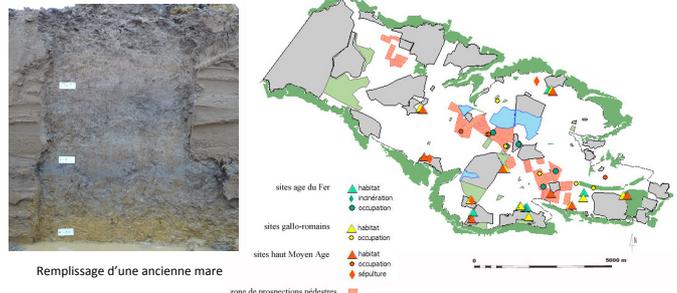
Responsable scientifique : Olivier Blin (Inrap)

Le sol enregistreur du climat et des activités humaines

Cadre des études :

Contexte

Plus de 20 sites archéologiques
Limon éoliens fin Weichselien (?) (Weichselien 26 000-16 000 BP) de 2 à 3 m d'épaisseur sur argiles à meulière, luvisols
Rares lambeaux de sols archéologiques, les dépressions fermées et les mares constituent des zones de préservation des sols et des lieux privilégiés pour les analyses



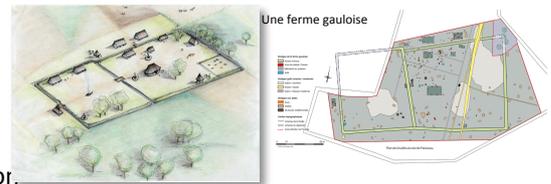
Méthodes d'étude

Fouille archéologique : localisation des sites, identification des formes, fonction et des statuts (ferme...)
Géoarchéologie (géomorphologie, micromorphologie, paléopédologie) : caractères des sols, fonctions et évolution
Etudes archéobotaniques (graines, pollens) : couvert végétal (forêt / champs), espèces sauvages et cultivées

Une occupation sur la longue durée:

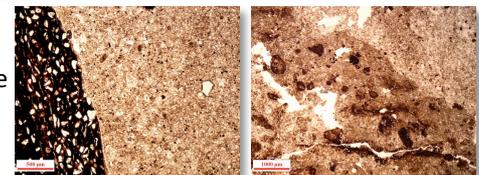
Avant l'âge du Fer, une emprise humaine ténue

Néolithique (5 300 – 2 100 BC) : traces diffuses, nappes de mobilier archéologique (silex, céramiques), installation de l'agriculture ?
Bronze Final (âge du Bronze : 2100-800 BC) : quelques indices d'occupation.



L'âge du Fer (800-50 BC), la structuration du territoire de manière extensive

Installation des réseaux fossoyés : Drainage ? Marquage d'un parcellaire agricole
Vers 200 BC : au centre du plateau installation de petits domaines espacés d'environ 300 m à 1 km, habitats aristocratiques en bord de plateau



Le sol Halstatt (800-475 BC) au Rond-Point de Corbeville : un sol cumulique décarbonaté.
A la base (photo de droite) engorgement, lavage, en haut (photo de gauche), un horizon E sur colluvions ? à gauche en noir un granule de céramique roulé, à droite en blanc un quartz fondu (indice de rejets d'un four)

L'époque gallo-romaine, de grandes fermes (50 BC / 275)

Habitat et *villae* en bord de plateau, centre du plateau dévolu aux activités agro-pastorales, réseaux fossoyés, puis déprise

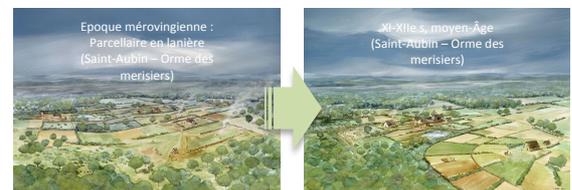


Epoque Mérovingienne (Ve-VIIIe s)

Habitat même localisation qu'à l'époque romaine, parcellaire en lanière
Reconquête progressive de la forêt

Moyen-âge, émergence des villages modernes (Xe s.-XVe s.)

Restructuration du paysage, abandon total du parcellaire précédent, apparition du village de Sain-Aubin autour du château



XVIIe s, collecte des eaux pour alimenter le château de Versailles, agriculture intensive

**Un territoire structuré par les activités agro-pastorales de l'âge du Fer jusqu'à nos jours
Mise en valeur des sols / gestion de l'eau (collecte / drainage) sur la longue durée
Des déprises, des évolutions et des mutations des usages agricoles**



Un modèle d'évolution à long terme d'un territoire sous l'effet de contraintes agricoles (rotation des usages des sols, variations d'intensité)

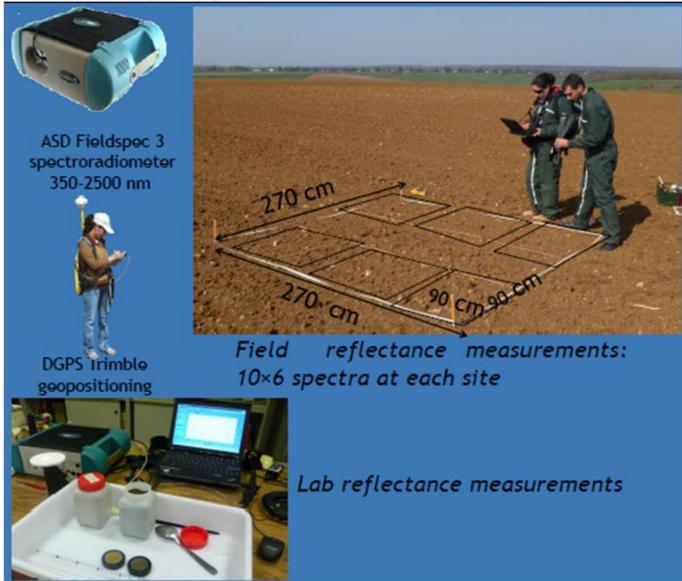
Territoire péri-urbain de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets

Projet Prostock-Gessol 3. Responsable : E. Vaudour, Emmanuelle.Vaudour@agroparistech.fr

Présentation

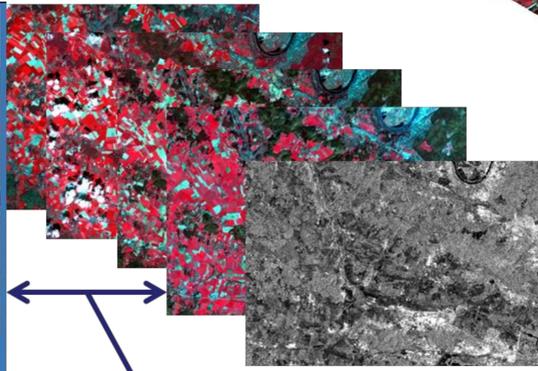
Objectif: surveiller et gérer spatialement les stocks de carbone et émissions de N₂O des sols agricoles, et les apports de matières organiques à l'échelon de ce territoire de 210 km²

Début projet : 2010



Vaudour et al., EUROSOL 2012

- +Rugosité
- +Humidité
- +Masse volumique apparente
- +Sondages
- + *Enquêtes pratiques agriculteurs*



Cartes, CO & SCO actuels

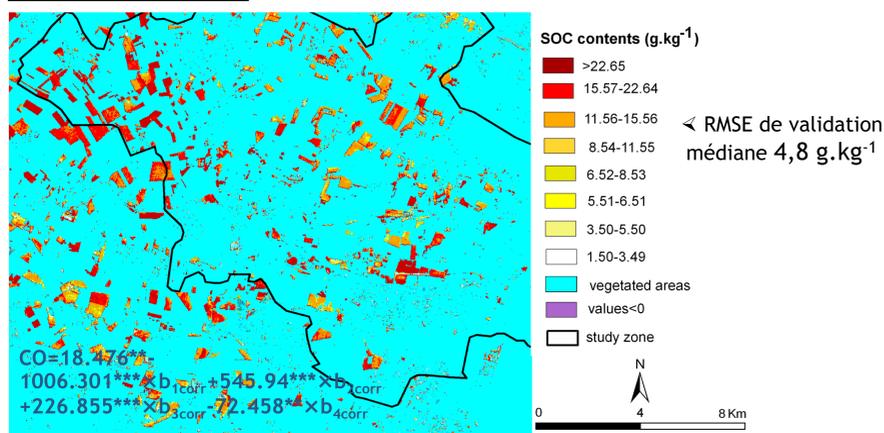


Cartes SCO futurs
Cartes besoins apports PRO

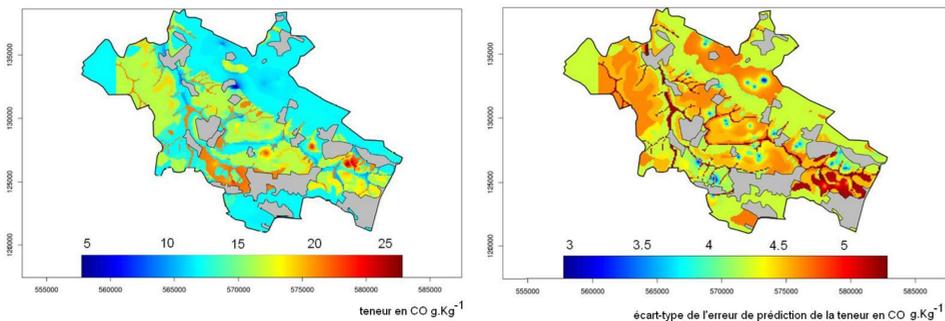


Mesures émissions N₂O de sols en laboratoire (Laville et al. 2012)

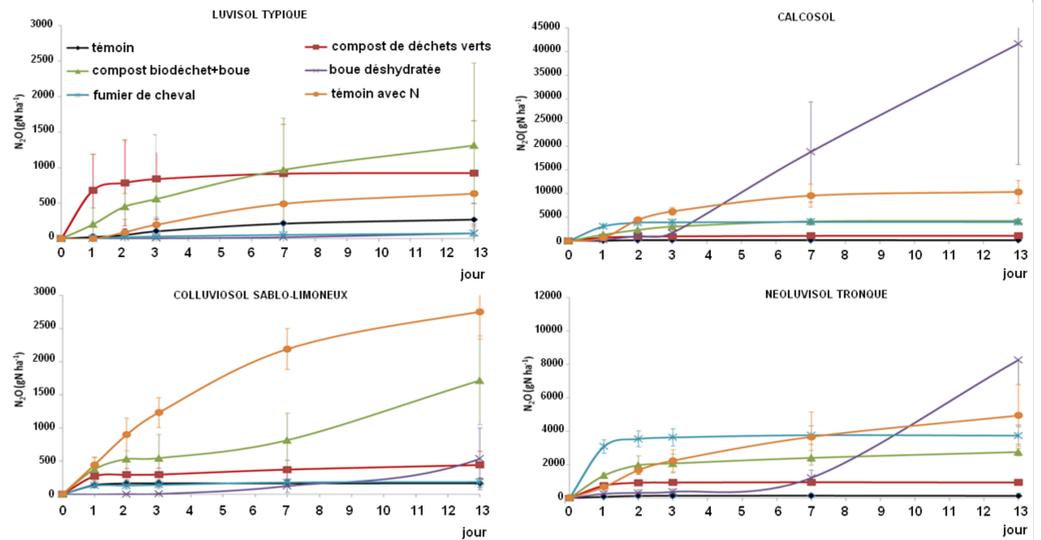
Résultats



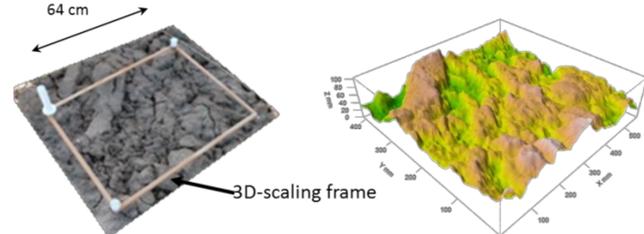
Carte des teneurs en CO issue de l'image SPOT4 du 24 avril 2010 (Vaudour et al., 2012)



Carte des teneurs en CO issue d'un modèle de cokrigage universel (Hamiache et al., 2012)



Emissions de N₂O de 4 types de sols contrastés en laboratoire 13 jours après traitement par des PRO (Laville et al. 2012)



Méthode de mesure de la rugosité du sol (Gilliot et al., 2012)

Références bibliographiques

- Gilliot J.M., Michelin J., Vaudour E., 2012. Une chaîne de traitement automatique pour l'estimation de la rugosité des sols agricoles par photogrammétrie 3D à partir de photographies prises sans contraintes pour le suivi radiométrique des sols. In: 11. Journées d'Etude des Sols "Le sol face aux changements globaux", INRA, AFES, AgroParisTech, Coquet, Y., Mougin, C. (Eds.), Versailles, 19-23/03/2012, 244-245. (communication orale, résumé).
- Hamiache J., Bel L., Vaudour E., Gilliot J.M., 2012. Spatial stochastic modeling of topsoil organic carbon content over a cultivated peri-urban region, using soil properties, soil types and a digital elevation model. In: Digital Soil Assessments and Beyond, Minasny, Malone & McBratney (eds), CRC press, Balkema, pp. 161-166.
- Laville P., Michelin J., Houot S., Djerrah A., Gueudet J.C., Rampon J.N., Labat C., Vaudour E., 2012. Characterization of N₂O emissions in relation to the soil characteristics and the organic wastes spread in the Versailles plain (France). In: ORBIT 2012, Rennes (FRA), 2012.
- Vaudour E., Gilliot J.M., Bel L., De Junet A., Michelin J., Hadjar D., Cambier P., Houot S., Coquet Y., 2012. Performance degradation in predicting topsoil organic carbon contents using reflectance spectra from lab, field to SPOT scales over a periurban region. *EGU 2012, Vienna (Austria)*.
- Vaudour E., Gilliot J.M., De Junet A., Michelin J., Hadjar D., Cambier P., Houot S., Coquet Y., 2012. Topsoil organic carbon prediction using VIS-NIR-SWIR reflectance spectra at lab, field and satellite levels over a periurban region. In: Eurosoil 2012, Soil science for the benefit of mankind and environment, 4th International Congress of ECSSS, Bari (ITA), 02-06/06/2012, p. 1186. (poster abstract).

Les sites contaminés de Pierrelaye (Ile de France), Mortagne et Metalleurop (Nord)

Responsables scientifiques de Basc de programmes ayant utilisés ces sites :
F. van Oort, vanoort@versailles.inra.fr, I. Lamy, isabelle.lamy@versailles.inra.fr

Présentation des sites

Vastes territoires d'espaces publics et privés dont les sols ont des passifs environnementaux de contamination diffuse qui posent désormais des problèmes d'aménagement du territoire

Date de « mise en place » : pollutions chroniques sur le long terme depuis le début du 20^{ème} siècle :

- **Pierrelaye** : multipollution suite à l'irrigation de cultures maraichères avec eaux usées jusqu'en 2000
- **Mortagne** pollution en Pb, Zn et Cd suite à dépôts atmosphériques jusqu'en 1960
- **Metalleurop** pollution en Pb, Zn et Cd suite à dépôts atmosphériques jusqu'en 2003. -> Ce site en particulier fait partie du **réseau SAFIR** (réseau de sites contaminés)

Equipements installés : actuellement aucun (anciennement lysimètres sans tension)

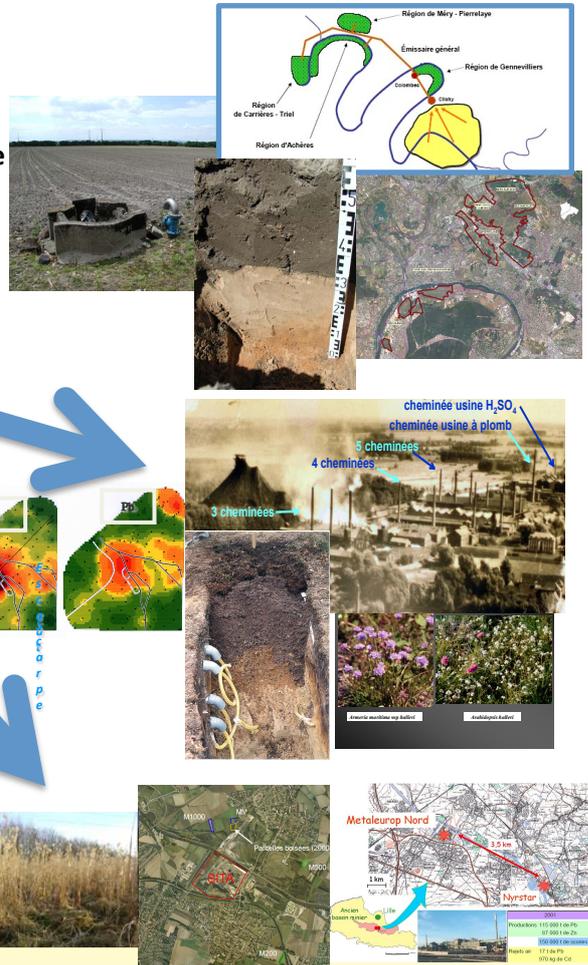
Mesures réalisées en routine : aucune

Archives : oui

Bases de données : nombreuses données restant à capitaliser pas structurées en BD

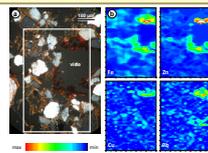
Caractéristiques du sol : Sols sableux (Pierrelaye) à argilo sableux (16% A, 57% L, 27% S), pH= 4 à 8,2

Occupation du sol : cultures annuelles et cultures pérennes



Résultats

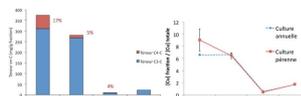
- **concernent l'évaluation du rôle du sol dans l'épuration, le stockage ou la dispersion des polluants**



Rôle de puits /stockage de la pollution
Accumulation de Fe, Zn, Pb, et Cu dans des précipitations minérales dans un revêtement de fer (ferrane) horizon E/BT, sols de Pierrelaye

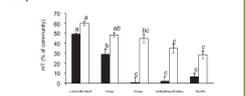
Rôle dans la protection de l'eau

Modélisation prospective de l'évolution de la concentration en Zn entre 2005 et 2055 dans différents horizons d'un sol agricole contaminé (Mortagne-du-Nord)



Rôle de filtre de la pollution

Relation entre le Zn échangeable le long du solum et la CEC des différents horizons, sol de Pierrelaye



Perspectives :

La gestion de ces territoires est devenue une priorité, mais il y a encore peu de savoir-faire en matière de gestion des sols pollués pour des sols à faible contamination (hors friches industrielles), alors qu'il y a une grande demande sociétale. De nombreuses questions de recherche sont associées à la gestion des sols pollués qui concernent

Rôle de source de pollution

Sols de Metalleurop : l'incorporation de carbone de miscanthus s'accompagne d'une modification de la dynamique des métaux quantifiable à court terme dans les fractions libres, labiles des MOS

Vulnérabilité des sols

Sols de Pierrelaye : L'impact sur les animaux de l'exposition par ingestion est plus important que en cas d'exposition par contact

Basc et SOLFIT.

Références bibliographiques

Sur ces sites ont été étudiés :

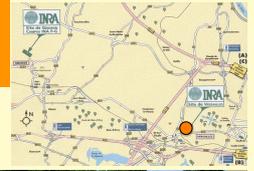
Distributions spatiales : Bourennane et al., *STOTEN*, 361, 229-248 (2006);
Devenir/spéciation : Balabane et al., *Env. Pol.*, 105, 45-54 (1999); Balabane & van Oort, *SBB*, 34, 1513-1516 (2002), Lamy et al., *EJSS*, 57, 154-166 (2006); Labanowski et al., *Env. Pol.*, 149, 59-69 (2007); van Oort et al., *Environ. Pollut.*, 156, 1083-1091 (2008); Tantam et al., *Sci. tot. Environ.*, 409, 540-547 (2011), Quénéa et al., *Geoderma*, 217-223 (2009); Dère et al., *Environ. Pollut.*, 145, 31-40 (2007), Soil use Manag., 22, 289-297 (2006)
Mobilité : Denaix et al., *Env. Pol.*, 114, 29-38 (2001); Citeau et al., *Coll. Surf. A*, 217, 11-19 (2003); 287, 94-105 (2006); van Oort et al., *EJSS*, 57, 154-166 (2006); Labanowski et al., *Env. Pol.*, 153, 693-701 (2008);
Phytoremédiation : Dahmani Muller et al., *Env. Pol.*, 109, 231-238 (2000); 114, 77-84 (2001); 117, 487-498 (2002).
Modélisation : Mallmann et al., *Env. Pol.*, 162, 294-302 (2012); Rheinheimer et al., *J. Cont. Hydrol.*, 145, 54-66 (2013)
Impacts/faune : Nahmani et al., *Biofutur*, 230, 40-42 (2003); *Pedobiologia*, 47, 663-669 (2003); Hedde et al., *Env. Pol.*, 164, 59-65 (2012); *Biomass Bioenergy*, (2013, in press)
Impacts/pédogenèse : van Oort et al., *E.G.S.*, 14, 287-303 (2007); Thiry et al., *Geomorphology*, (2013, in press)

Programmes de recherches ayant utilisés ces sites :

Frichindus (MEDD), Epandagri (Région), PRC Nord-Pas de Calais (Région), Bioindicateur (Ademe), Resacor (ANR CESA), Phytener (Ademe) entre autre...

Essai des 42 parcelles INRA Versailles

Responsable scientifique : F. van Oort, vanoort@versailles.inra.fr
 Responsable technique : F. van Oort, vanoort@versailles.inra.fr



Présentation de l'essai

Objectif initial: Evaluer l'effet des fertilisants et amendements sur la structure du sol

Services actuellement étudiés: stockage de C, support de biodiversité, réceptacle et filtre de polluants

Date de mise en place : 1929

Modalités :

- 8 Engrais ≠ : azotés, phosphatés ou potassiques
- 8 Amendements ≠ : organiques ou calciques
- témoins
- Taille des parcelles: 5m²
- Nombre de réplicats : 2

Equipements installés: aucun

Mesures réalisées en routine: aucune

Archives: oui

Bases de données: non

Caractéristiques du sol : Sol brun non carbonaté (16% A, 57% L, 27% S), pH= 4 à 8,2

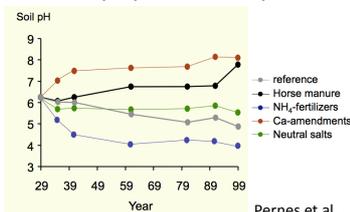
Occupation du sol: sol nu



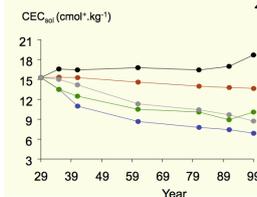
1	2	3	22	23	24	Témoins
Témoins	Sulfate d'ammoniaque	Phosphates de monoammonium	Témoins	Chlorure de potassium	Sulfate de soufre	
4	5	6	25	26	27	Engrais azotés (N) Ammoniacaux (NH ₄ ⁺)
Nitrate de sodium	Nitrate de calcium	Nitrate d'ammoniaque	Sulfate de potassium	Chaux	Super-phosphate	
7	8	9	28	29	30	Nitrates (NO ₃ ⁻)
Chlorhydrique d'ammoniaque	Sang desséché	Témoins	Phosphate naturel	Sylvite	Témoins	
10	11	12	31	32	33	Engrais phosphatés (P)
Fumier	Témoins	Fumier	Carbonate de calcium	Témoins	Phosphate naturel	
13	14	15	34	35	36	Engrais potassiques (K)
Témoins	Phosphate monoammoniaque	Chlorhydrique d'ammoniaque	Témoins	Sulfate	Sylvite	
16	17	18	37	38	39	Amendement calcique (Ca)
Nitrate de calcium	Nitrate de sodium	Sang desséché	Chlorure de potassium	Super-phosphate	Carbonate de calcium	
19	20	21	40	41	42	Amendement organique
Sulfate d'ammoniaque	Nitrate d'ammoniaque	Témoins	Chaux	Sulfate de potassium	Témoins	

Résultats

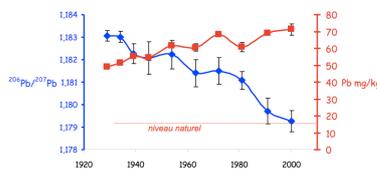
Des évolutions spectaculaires du statut physicochimique



Pernes et al. 2002



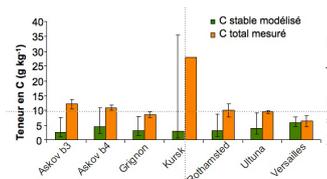
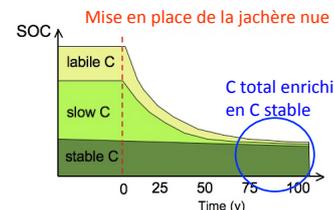
Un observatoire des retombées atmosphériques



-Augmentation des teneurs en Pb de 50% en 80 ans, diminution de la contribution du Pb exogène

Semlali et al. 2004

Un outil inédit pour étudier le carbone stable des sols



Modélisation de la perte de C dans 6 jachères nues en Europe. Aux 42 parcelles C total actuel ≈ C stable (Barré et al. 2010)

Références bibliographiques

Balabane, M., Planitz, A.F., 2004. Aggregation and carbon storage in arid soil using physical fractionation techniques. *European Journal of Soil Science* 55, 415-427.

Barré, P., Eglin, T., Christensen, B.T., Clais, P., Houot, S., Kätker, T., van Oort, F., Peylin, P., Poulton, P.R., Romanenko, V., Chenu, C., 2010. Quantifying and isolating stable soil organic carbon through long term bare fallow experiments. *Biogeochemistry* 7, 3839-3850.

Bil, R., J., O., Preiner, K.J., Chenu, C., Balesdent, J., 2008. Amino acid delta 15N in long-term bare fallow soils: influence of annual N fertilizer and manure applications. *European Journal of Soil Science* 59, 617-629.

Bil, R., Odeh, N.J., Chenu, C.C., Petráček, K.J., Werner, R.A., Balesdent, J., 2004. Long term changes in the distribution and delta 15N values of individual soil amino acids in the absence of plant and fertilizer inputs. *Isotopes in Environmental and Health Studies* 60, 243-256.

Bresson, L.M., Boffin, J., 1990. Morphological characterization of soil crust development stages on an experimental field. *Geoderma* 47, 301-325.

Burgin, M., Meinen, S., 2009. Die années d'expériences sur l'action des engrais sur la composition et les propriétés d'un sol de limon. *Annales Agronomiques* 6, 771-799.

Grasset, L., Martinod, J., Planitz, A.F., Ambles, A., Chenu, C., Righi, D., 2009. Nature and origin of lipids in clay size fraction of a cultivated soil as revealed using preparative thermochemolysis. *Organic Geochemistry* 40, 70-78.

Guener, B., Juarez, S., Bardoux, G., Abbade, L., Chenu, C., 2012. Evidence that stable C is as vulnerable to priming effect as is more labile C in soil. *Soil Biology & Biochemistry* 52, 43-48.

Guener, B., Juarez, S., Bardoux, G., Pouteau, V., Chevron, N., Marsault, C., Abbade, L., Chenu, C., 2011. Metabolic capacities of microorganisms from a long-term bare fallow. *Applied Soil Ecology* 51, 87-93.

Paradelo, R., van Oort, F., Chenu, C., 2013. Water-dispersible clay in bare fallow soils after 80 years of continuous fertilizers addition. *Geoderma* in press.

Pernes-Debuysse, A., Tessier, D., 2002. Differentiation des propriétés du sol par des apports d'engrais et d'amendements. Université de Bourgogne, Dijon, p. 150.

Pernes-Debuysse, A., D., T., 2002. Influence des matières fertilisantes sur les propriétés des sols. Cas des 42 parcelles de l'INRA à Versailles. *Etude et Gestion des Sols*, 177-186.

Pernes-Debuysse, A., Pernes, M., Velde, B., Tessier, D., 2003. Soil mineralogy evolution in the INRA 42 plots experiment (Versailles, France). *Clays and Clay Minerals* 51.

Pernes-Debuysse, A., Tessier, D., 2002. Influence du pH sur les propriétés des sols: l'essai de longue durée des 42 parcelles à Versailles. *Revue des sciences de l'eau* 15, 27-39.

Pernes-Debuysse, A., Tessier, D., 2004. Soil physical properties affected by long-term fertilization. *European Journal of Soil Science* 55.

Planitz, A.F., Chenu, C., Balabane, M., Mariotti, A., Righi, D., 2004. Peroxide oxidation of clay-associated organic matter in a cultivation chronosequence. *European Journal of Soil Science* 55, 471-478.

Planitz, A.F., Pernes, M., Chenu, C., 2005. Gross changes in clay-associated organic matter in a C depletion sequence as measured by thermal techniques. *Geoderma* 129, 186-199.

Semlali, R.M., Desnoyer, J.B., Monna, F., Bolte, J., Azimi, S., Denais, L., 2004. Modelling lead input and output in soils by using lead isotopic geochemistry. *Environmental Science & Technology* 38, 1513-1521.

Essai des Closeaux INRA Versailles

Responsable scientifique : C. Chenu, chenu@grignon.inra.fr
 Responsable technique : J.P. Petraud, jpetraud@versailles.inra.fr



Présentation de l'essai

Services étudiés: stockage de C, recyclage C, N
Objectif : Mesurer *in situ* la dynamique du carbone dans le sol, par la traçage isotopique naturel au ^{13}C (conception J. Balesdent)

Date de mise en place : 1993

Modalités :

- Monoculture de blé
- Monoculture de maïs depuis des dates \neq (cf plan)
- Itinéraires techniques de grande culture intensive, labour à 30 cm de profondeur, restitution des résidus de récolte

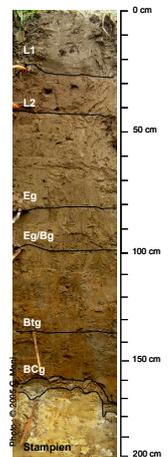
Equipements installés: aucun

Mesures réalisées en routine: aucune

Archives: oui, mais non systématiques

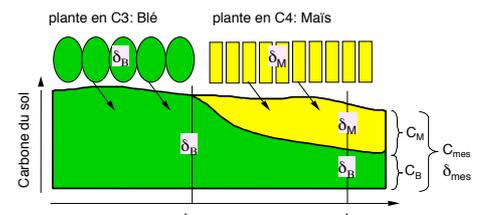
Bases de données: non

Caractéristiques du sol : Sol brun non carbonaté (17% A, 50% L, 33% S), pH= 6,8, Corg= 1,3%



04 parcelles en blé
28 parcelles en maïs depuis:

1998	2000	1993	1995
1993	1994	1993	1995
1997	2001		
1999	1999	1995	1994
1998	1996	1996	1997
1993	1994	1993	2001
1996	1995	1999	2001
1997	2000	2000	1998



$$\delta^{13}\text{C}_{\text{blé}} = -27 \text{ ‰}$$

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{maïs}} = -12 \text{ ‰}$$

$$C_{\text{mes}} \cdot \delta_{\text{mes}} = C_B \cdot \delta_B + C_M \cdot \delta_M$$

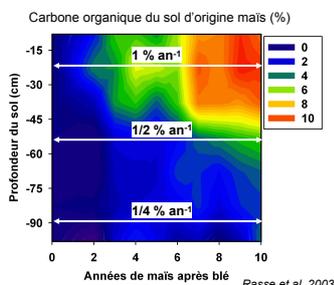
Source : J. Balesdent

La mesure du $\delta^{13}\text{C}$ dans toute fraction chimique ou physique du sol permet d'y mesurer le temps de renouvellement du C

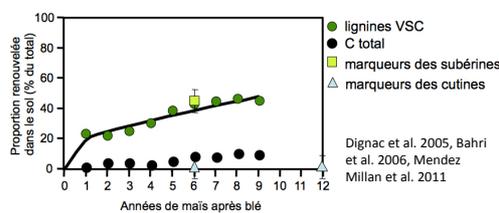
Résultats

Cet essai permet d'étudier les facteurs de la dynamique du C (e.g. profondeur) et les processus de stabilisation des matières organiques (récalcitrance chimique, stabilisation physique ou par adsorption).

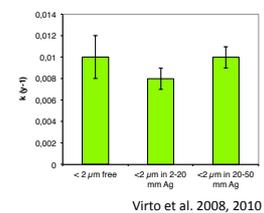
Temps de résidence du C dans le profil du sol



Dynamique des lignines dans le sol



Dynamique du C dans les microagrégats du sol



Références bibliographiques

Bahri, H., Dignac, M.F., Rumpel, C., Rasse, D.P., Chenu, C., Mariotti, A., 2006. Lignin turnover kinetics in an agricultural soil in monomer specific. *Soil Biology & Biochemistry* 38, 1977-1988.

Chenu, C., Mariotti, A., Babonneau, M., Balesdent, J., 2006. The turnover of carbohydrate carbon in a cultivated soil estimated by ^{13}C natural abundances. *European Journal of Soil Science* 57, 547-557.

Dignac, M.F., Bahri, H., Rumpel, C., Rasse, D.P., Bardoux, G., Balesdent, J., Girardin, C., Chenu, C., Mariotti, A., 2005. Carbon-13 natural abundance as a tool to study the dynamics of lignin monomers in soil: an appraisal at the Closeaux experimental field (France). *Geoderma* 128, 1-17.

Dignac, M.F., Rumpel, C., 2006. Relative distributions of phenol dimers and hydroxy acids in a cultivated soil and above ground maize tissue. *Organic Geochemistry* 37, 1634-1638.

Lerch, T.Z., Nurnan, N., Dignac, M.F., Chenu, C., Mariotti, A., 2011. Variations in microbial isotopic fractionation during soil organic matter decomposition. *Biogeochemistry* 106, 5-21.

transmethylation and saponification methods. *Organic Geochemistry* 41, 187-191.

Mendez-Millan, M., Dignac, M.F., Rumpel, C., Derenne, S., 2011. Can cutin and suberin biomarkers be used to trace shoot and root-derived organic matter? A molecular and isotopic approach. *Biogeochemistry* 106, 23-38.

Mendez-Millan, M., Dignac, M.F., Rumpel, C., Rasse, D.P., Derenne, S., 2010. Molecular dynamics of shoot vs. root biomarkers in an agricultural soil estimated by natural abundance C-13 labelling. *Soil Biology & Biochemistry* 42, 169-177.

Moiri, C., Rumpel, C., Virto, I., Chabbi, A., Chenu, C., 2010. Relative importance of sorption versus aggregation for organic matter storage in subsoil horizons of two contrasting soils. *European Journal of Soil Science* 61, 898-909.

Rasse, D.P., Dignac, M.F., Bahri, H., Rumpel, C., Mariotti, A., Chenu, C., 2006. Lignin turnover in an agricultural field: from plant residues to soil protected fractions. *European Journal of Soil Science* 57, 530-538.

Rasse, D.P., Müller, J., Moiri, C., Chenu, C., 2008. Carbon Turnover kinetics with depth in a French Loamy Soil. *Soil Science Society of America Journal* 70, 2097-2105.

Virto, I., Barré, P., Chenu, C., 2008. Microaggregation and organic matter storage at the silt-size scale. *Geoderma* 146, 326.

Virto, I., Moiri, C., Swanson, C., Chenu, C., 2010. Turnover of intra- and extra-aggregate organic matter at the silt-size. *Geoderma* 156, 1-10.

Essai Systèmes de Culture de « La Cage »

Responsable scientifique : Michel Bertrand, bertrand@grignon.inra.fr
 Responsable technique : Gilles Grandeau, grandeau@grignon.inra.fr



Présentation de l'essai

Objectif : Evaluer 4 systèmes de culture sur leurs performances agronomiques et économiques et sur leurs impacts environnementaux

Date de mise en place : 1996

Rotations courtes (4 ans), blé un an sur deux

Modalités - 4 Systèmes de culture :

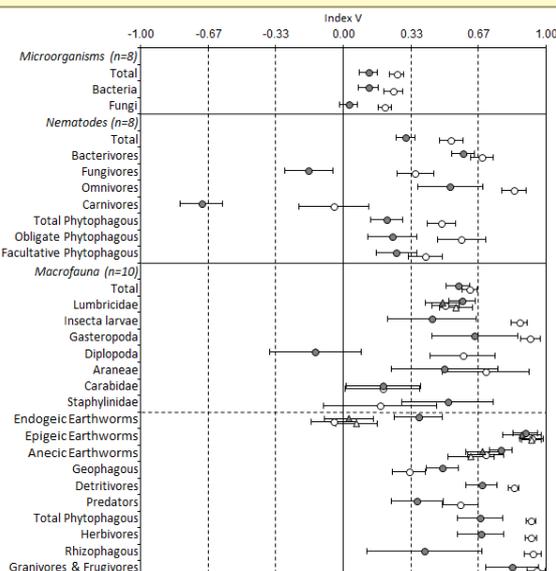
- **Productif :** voisin de la pratique régionale, fort objectif de rendement, géotypes productifs, niveaux élevés d'utilisation d'intrants, travail du sol intensif
- **Bas niveau d'intrants,** diminution conjointe des niveaux de production et d'utilisation d'intrants, géotypes plus résistants, travail du sol moins intense
- **Biologique,** pas d'intrants de synthèse ni d'effluents d'élevage, introduction d'une culture de luzerne, variétés résistantes, labour, lutte mécanique contre les adventices
- **Sous couvert végétal,** abandon du travail du sol, introduction d'une plante de service

Dispositif : 2 répétitions, parcelles coupées en 2 afin d'avoir du blé présent chaque année

Mesures réalisées en routine : enregistrement des itinéraires techniques, mesure des rendements, reliquats d'azote dans le sol, infestation d'adventices, présence de maladies, suivi de biodiversité



Résultats



Index d'abondance relative (moyennes et erreurs standard) pour différents groupes taxonomiques et fonctionnels de la biocénose du sol

- système en agriculture biologique
 - système sous couvert végétal
- Les valeurs négatives de l'index indiquent des abondances inférieures à celle du système productif, les valeurs positives des abondances supérieures à celle du système productif. Pour les vers de terre les cercles représentent les abondances et les triangles les biomasses.

Henneron *et al.*, 2012, soumis

Références bibliographiques

Debaeke *et al.*, 2009, Agron. Sustain. Dev., 29, 73-86
 Pelosi *et al.*, 2009, Agron. Sustain. Dev., ASD, 29 (2), 287-295
 Monard *et al.*, 2010, Soil Biol. Biochem., 42, 1640-1642
 Chenu *et al.*, 2012., Etude et Gestion des Sols, 18, 161-174

Responsable scientifique : S. Houot, houot@grignon.inra.fr

Responsables techniques : V. Mercier et JN Rampon, vmecier@grignon.inra.fr, jnrampon@grignon.inra.fr

Présentation de l'essai

Objectifs :

- Évaluer les services écosystémiques liés à la valorisation en agriculture de composts d'origine urbaine;
- Evaluer les impacts environnementaux et faire le bilan de cette pratique;
- Relier les effets aux caractéristiques analytiques et à l'origine des composts;
- Rechercher des indicateurs d'efficacité et d'impacts.

Date de mise en place : 1998, prévision 2018....

➤ 4 Blocs de 10 parcelles de 450 m²

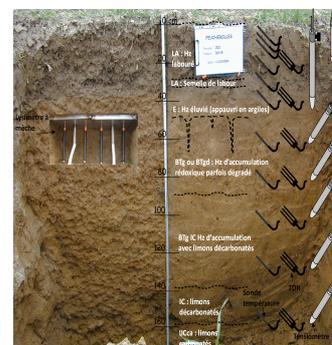
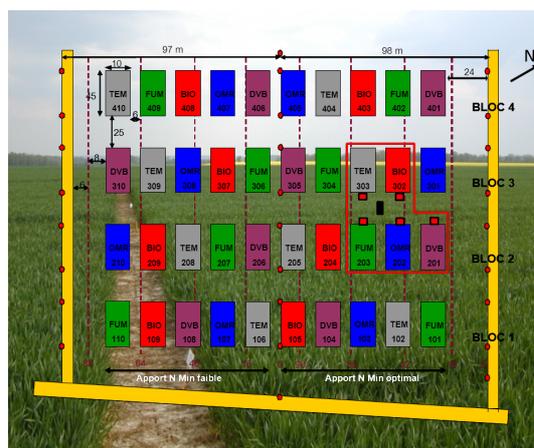
➤ 5 traitements Organiques (apports tous les 2 ans, 4tC/ha):

- DVB: compost de déchets verts et boue d'épuration
- BIO: compost de biodéchets
- OMR: compost d'ordures ménagères résiduelles,
- FUM : fumier de bovins
- TEM: témoin, aucun amendement organique

➤ 2 Niveaux de fertilisation azotée

➤ Pratiques culturales simplifiées : Labour, rotation blé-maïs, (Isengrain et Anjou 285) sauf en 2007 (Orge Sibéria)

➤ Luvisol sur loess carbonaté représentatif du Bassin Parisien (15% A, 78% L, 7% S, 1.1% Corg et pH 6.9 à T₀)



Équipement:

➤ Station météorologique

- Parcelles encadrées en rouge: Sondes TDR (humidité), tensiomètres (potentiel de l'eau), sondes température, Lysimètres à mèche : à 45 cm (x2) et 100 cm (x2) de profondeur

Mesures réalisées en routine:

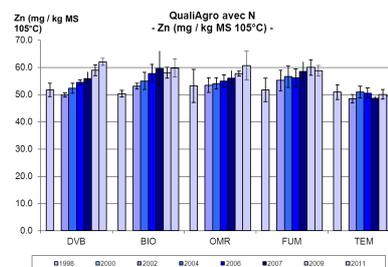
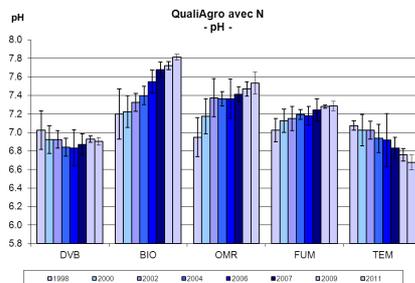
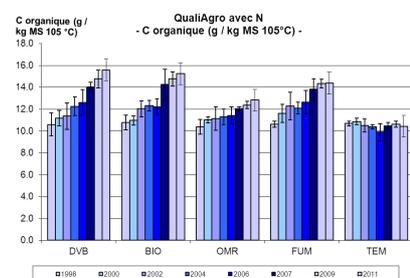
Sol, plantes, composts (majeurs, Corg, ETM, HAP, PCB, pH...)

Archives et base de données: oui

Exemples

de résultats

- Augmentation différenciée des teneurs en C organique (BIO=DVB>FUM>OMR)
- Augmentation du pH dans certains traitements: BIO> OMR>FUM; diminution avec N min seul
- Augmentation des teneurs en Zn et Cu totaux dans tous les traitements organiques



Références bibliographiques

Houot S. et al. 2009. Effet d'apports de composts sur la disponibilité de micropolluants métalliques et organiques dans un sol cultivé. *EGS*, 16, 3-4, 255-274.

Le Guédard M., et al. 2009. Utilisation d'un bioindicateur lipidique végétal sur le site agricole de Feucherolles: Effets de divers amendements sur les végétaux cultivés. *EGS*, 16, 3-4, 289-297.

Leyval C. et al., 2009. Impact d'amendements organiques sur la structure des communautés microbiennes des sols: Choix des méthodes, validation et résultats. *EGS*, 16, 3-4, 299-312.

Schneider S., et al. 2009. Effect of urban waste compost application on soil near-saturated hydraulic conductivity. *Journal of Environmental Quality*, 38, 772-781.

Vieublé-Gonod L., et al. 2009. Spatial and temporal heterogeneity of soil microorganisms and isoproturon degrading activity in a tilled soil amended with urban waste composts. *Soil Biology and Biochemistry*, 41, 12, 2558-2567

Annabi M. et al. 2011. Improvement of soil aggregate stability by repeated applications of organic amendments to a cultivated silty loam soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 144, 1, 382-389.

Pot V., et al., 2011. Effects of tillage practice and repeated urban compost application on bromide and isoproturon transport in a loamy Albelvisol. *European Journal of Soil Science*, 62, 6, 797-810.

Brochier V., et al., 2012. Occurrence of pathogens in soils and plants in a long-term field study regularly amended with different composts and manure. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 160, 91-98.

Peltre C., et al., 2012. RothC simulation of carbon accumulation in soil after repeated application of widely different organic amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 52, 49-60



SOERE PRO : Système d'Observation et d'Expérimentation au long terme pour la Recherche en Environnement sur les impacts de la valorisation en agriculture de produits résiduaux organiques

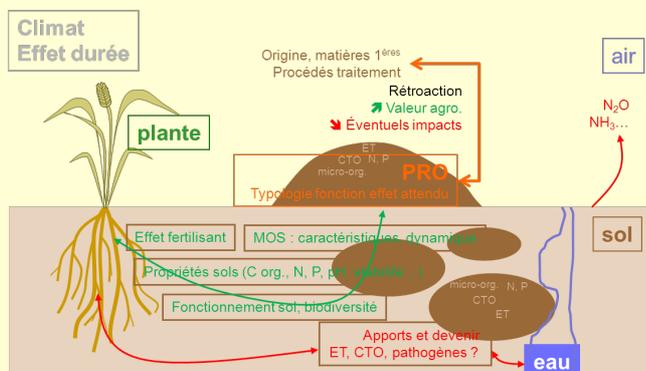


UMR EGC (INRA – Grignon), SEAV (INRA – Colmar), UMR SAS (INRA-Rennes), UMR LSE (INRA – Nancy), UMR TCEM (INRA – Bordeaux), UPR Recyclage & Risque (CIRAD – La Réunion), UMR Eco & Sol (IRD – Montpellier), Univ. Ouagadougou, Veolia, SMRA Haut-Rhin, ARAA
 Responsable scientifique : S Houot (shouot@grignon.inra.fr) ; responsable technique : A Michaud (amichaud@grignon.inra.fr)

Contexte et enjeux scientifiques

Le SOERE PRO est un observatoire de recherche en environnement sur l'étude du recyclage agricole des produits résiduaux organiques (labellisé Allenvi en 2010). Il a pour objectifs d'étudier :

- les effets de la valorisation de PRO en agriculture
- les services éco-systémiques associés : (1) stockage de C et régulation du climat, (2) substitution des engrais minéraux et service d'approvisionnement, (3) limitation des changements climatiques, (4) effets sur la biodiversité et (5) filtre et transformation de polluants
- Les éventuels "dys-services" tels que l'accumulation de contaminants, leur transfert vers les eaux et les plantes.



Réseau de sites expérimentaux de longue durée : évolution à long terme d'agrosystèmes soumis à épandages répétés de PRO

Les sites sont implantés dans différents contextes agro-pédo-climatiques et conduits selon les pratiques agricoles locales (rotation, gisements de PRO). Les PRO étudiés, d'origine urbaine ou agricole, ont subi différents traitements (sans, compostage, méthanisation).

4 sites principaux instrumentés pour effectuer des bilans à l'échelle de la parcelle :

- QualiAgro (1998)** : UMR EGC (INRA), VERI
- Colmar (2000)** : SEAV Colmar (INRA), SMRA 68, ARAA
- EFELE (2010)** : UMR SAS (INRA)
- La Réunion (2013)** : UPR Recyclage & Risque (CIRAD)

3 sites associés :

- La Bouzule (1996)** : UMR LSE (INRA)
- Couhins (1974)** : UMR TCEM (INRA)
- Burkina Faso** : UMR Eco&Sol (IRD), Univ. Ouagadougou

Coordination des sites (conduite et suivis), mutualisation des moyens

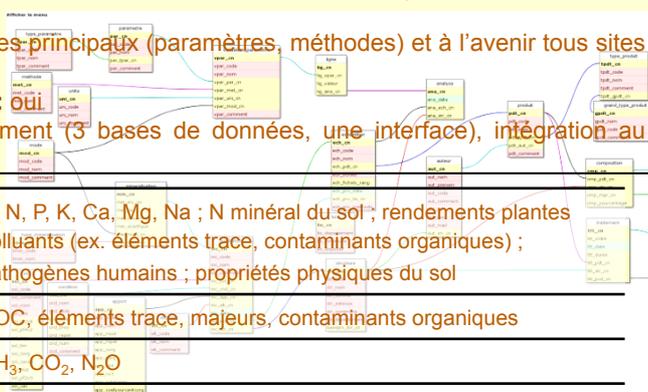
Compartiments étudiés : PRO, sol, plantes, eau, air

Equipements (4 sites instrumentés) : sondes TDR, tensiomètres, sondes température ; lysimètres ; chambres suivi de gaz

Analyses : suivi systématique identique entre 4 sites principaux (paramètres, méthodes) et à l'avenir tous sites (voir tableau)

Archivage données, échantillons, métadonnées : oui

Système d'information : en cours de développement (3 bases de données, une interface), intégration au dispositif Eco-Informatique SOERE/ORE INRA



Soil (0-29 cm ; avant épandage de PRO)	C, N, P, K, Ca, Mg, Na ; N minéral du sol ; rendements plantes
PRO (à chaque épandage)	polluants (ex. éléments trace, contaminants organiques) ;
Plantes (à la récolte, grains et résidus)	pathogènes humains ; propriétés physiques du sol
Eau de percolation	DOC, éléments trace, majeurs, contaminants organiques
Emissions de gaz (après épandages PRO)	NH ₃ , CO ₂ , N ₂ O

Ouverture scientifique, intégration à des dispositifs nationaux

ANAEE-Services ; Réseau PRO (CasDAR/ADEME)

Programmes associés au SOERE PRO : Snowman, Genesis, Isard, Bioindicateurs, Prostock, Agriped, Pharmaboue, Pharmapro, ...

Collaborations : unités recherche, LAS, USRAVE, partenaires filière gestion PRO

Ecole Chercheur

Evaluation des services fournis par les sols pour une prise en compte dans le développement territorial

Liste de participants

AUBRY, Christine	<i>SADAPT, DIM ASTREA</i>
BARRA, Marc	<i>NATUREPARIF</i>
BARRIUSO, Enrique	<i>EGC</i>
BEDOS, Carole	<i>EGC</i>
BENOT, Pierre	<i>EGC</i>
BERTRAND, Michel	<i>AGRONOMIE</i>
BISPO, Antonio	<i>ADEME</i>
BREDIF, Hervé	<i>Univ. Paris-Sorbonne</i>
CAMMAS, Cécilia	<i>INRAP</i>
CHENU, Claire	<i>BIOEMCO</i>
CHEVIRON, Nathalie	<i>PESSAC</i>
CROUZET, Olivier	<i>PESSAC</i>
DIGARD, Marie-Pierre	<i>Terre et Cité</i>
EVARD, Olivier	<i>LSCE</i>
GARNIER, Patricia	<i>EGC</i>
GENERMONTE, Sophie	<i>EGC</i>
GILLIOT, Jean-Marc	<i>EGC</i>
GIRARDIN, Cyril	<i>BIOEMCO</i>
GUERRIER, Liliane	<i>BIOEMCO</i>
HATTE, Christine	<i>LSCE</i>
HAUDIN, Claire-Sophie	<i>EGC</i>
HEDDE, Mickaël	<i>PESSAC</i>
HOUOT, Sabine	<i>EGC</i>
JAYET, Pierre-Alain	<i>ECOPUB</i>
KELLER, Catherine	<i>CEREGE</i>
LAMY, Isabelle	<i>PESSAC</i>

LUX, Stéphanie	<i>NATUREPARIF</i>
MAMY, Laure	<i>PESSAC</i>
MELOT, Romain	<i>SADAPT</i>
MERCIER, Ghislain	<i>EPPS</i>
MICHAUD, Aurélia	<i>EGC</i>
MICHELIN, Joël	<i>EGC</i>
MONTAGNE, David	<i>EGC</i>
NELIEU, Sylvie	<i>PESSAC</i>
NEY, Bertrand	<i>EGC, BASC</i>
OBRIOT, Fiona	<i>EGC</i>
PELOSI, Céline	<i>PESSAC</i>
PEROTTI, Daniela	<i>SADAPT</i>
PETITJEAN, Nathalie	<i>AEV IdF</i>
POT, Valérie	<i>EGC</i>
ROGER-ESTRADE, Jean	<i>AGRONOMIE</i>
SITTER, Marc	<i>Grignon-GE+</i>
STAUFFER, Marie	<i>LIMOS, KINOME</i>
TALLEC, Gaëlle	<i>IRSTEA, GIS ORACLE</i>
THIESSON, Julien	<i>SISYPHE</i>
TORRE, André	<i>SADAPT</i>
VAUDOUR, Emmanuelle	<i>EGC</i>
VIDAL, Roland	<i>Ecole Paysage</i>
VIEUBLE, Laure	<i>EGC</i>
WATTEZ, Julia	<i>INRAP</i>