L'agriculture à la Réunion et l'atténuation du changement climatique

Focus sur les sols et les résidus organiques: Pourquoi s'intéresser à eux? Comment?

Laurent THURIES

UR Recyclage et risque, St Denis, Réunion

Coll. A. Albrecht (IRD); M. Jameux; V. Kyulavski; G. Moussard; E.Tillard; P. Todoroff

cirad
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Saint Joseph 04/11/2015

Focus sur les sols et les résidus organiques de la Réunion

1. Pourquoi s'intéresser aux sols?

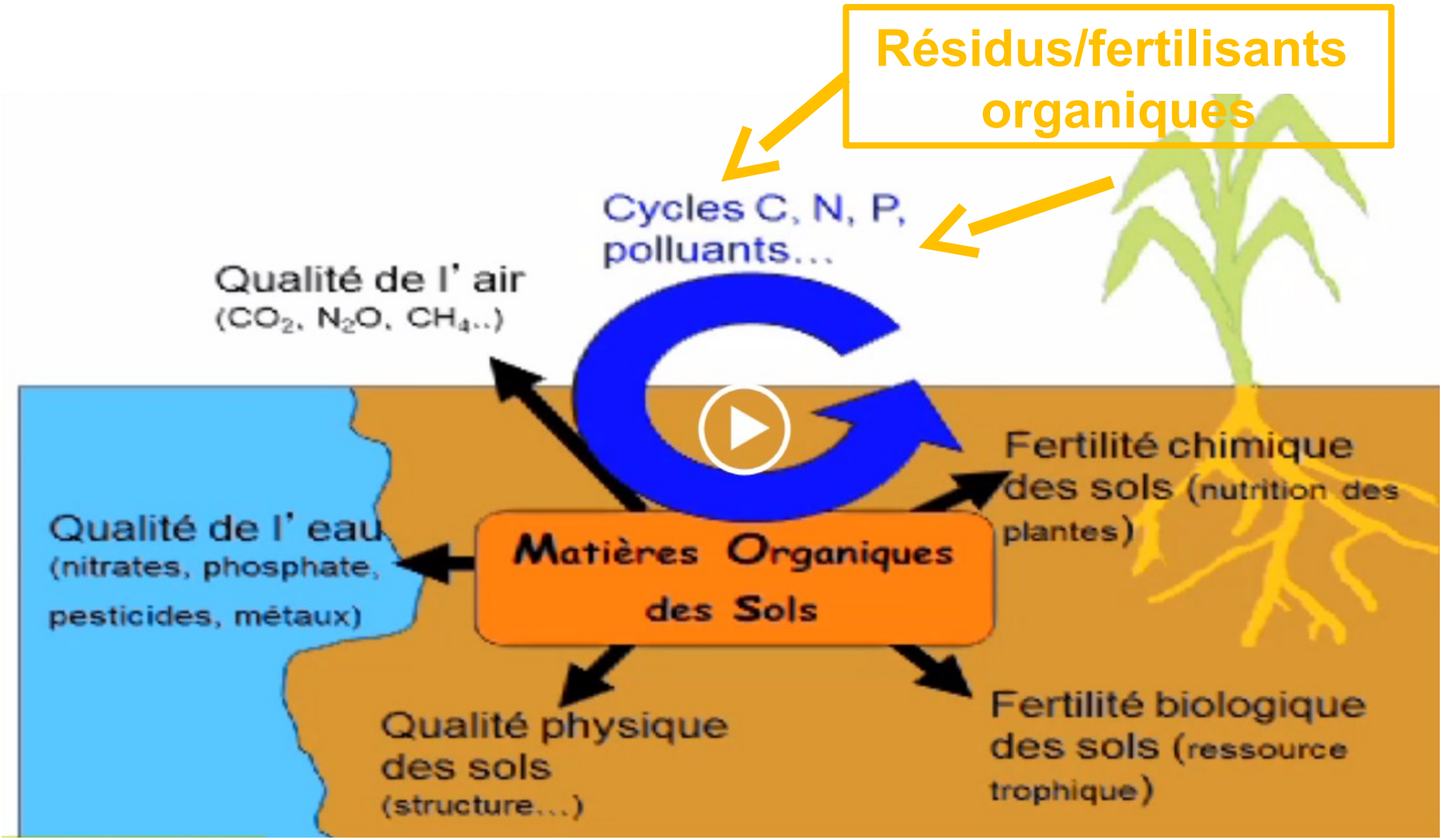
2. Pourquoi s'intéresser aux résidus organiques?

3. Les sols de la Réunion

4. Résidus organiques en substitution des engrais minéraux

5. Sols + résidus organiques

Sols et matières organiques:
des fonctions écosystémiques essentielles



Modif d'après Chenu, 2013

A quelle échelle? Exemple de la vie du sol (fertilité biologique)

Niveau global:
• Régulation des **cycles biogéochimiques** (transfert de l'azote vers les plantes, **stockage du carbone, émission de GES**)

Niveau régional/national:
• Assure la **sécurité alimentaire** à court et long terme

Niveau de l'exploitation agricole:
• Contribue à la capacité productive du système en assurant la **minéralisation des nutriments** à partir des RO et de la fixation de l'azote;
• Tamponne les fonctions du sol et leur **résilience** face aux risques climatiques et environnementaux

Modif d'après Europ. Com°

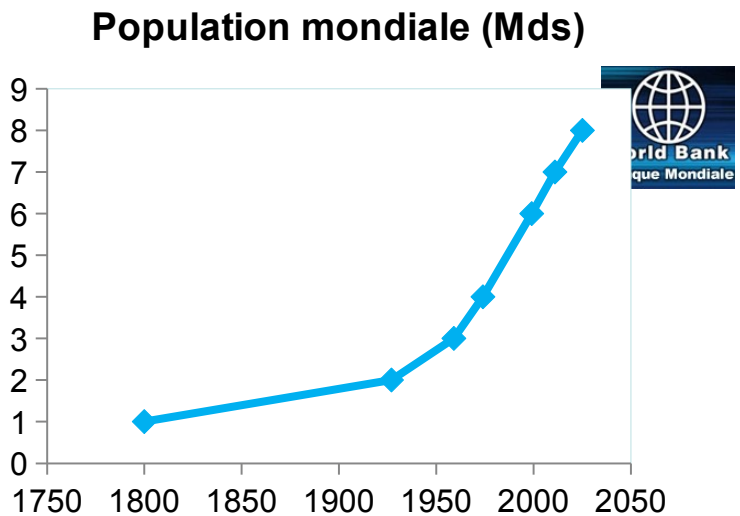
Rappel: atténuation = ↓ les sources / ↑ les puits

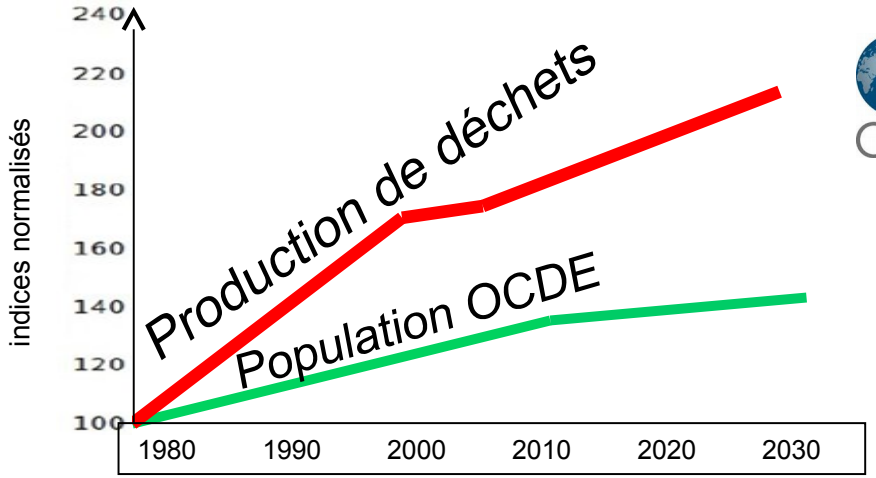
Leviers : = valoriser davantage les ressources organiques (↓ N_2O et ↑stock C)

L. Thuriès 2015

2. Pourquoi s'intéresser aux résidus organiques et à leurs propriétés?

Des Résidus Organiques en abondance





9 Mds en 2050, dont 70% en ville (fortes demandes alimentaire & énergétique)

Au Sud, + forte progression en Afrique (+8% par an)

- Des **perceptions d'utilisations différentes**:

Des déchets dont on cherche à se débarrasser (point de vue Pays du Nord)
vs Une ressource indispensable à la durabilité des systèmes de culture (Pays du Sud)

Déchets dont RO

Des déchets à **éliminer**

Des ressources à **valoriser**

L. Thuriès 2015

– Fertiliser et Valoriser par un recyclage agricole

Enjeux

éco/ géopolitiques – Moindre dépendance au marché mondial NPK

sociétaux – Réduction des volumes

environnementaux – Évitement d'émission de GES, stockage du carbone

éco/ agronomiques – Substitution des engrais minéraux, maintien propriétés des sols

Ne pas oublier les risques (sanitaires, environnementaux)

– Valoriser par un recyclage énergétique

Enjeux

éco/ géopolitiques – Moindre dépendance au marché pétrole/charbon

sociétaux – Réduction des volumes

environnementaux – Des GES d'origine biogénique, que l'on peut maitriser (CH_4)

éco/ agronomiques – Possible recyclage agricole des résidus après valorisation NRJ

Ne pas oublier les risques (environnementaux)

Grande variété = une opportunité pour envisager des valorisations différentes

Teneurs en MS, MO, N…

Quelle que soit la voie d'élimination ou de recyclage: il est nécessaire de bien connaitre les **propriétés des RO**

L. Thuriès 2015

Focus sur les sols et les résidus organiques de la Réunion

1. Pourquoi s'intéresser aux sols?

2. Pourquoi s'intéresser aux résidus organiques?

3. Les sols de la Réunion

Diagnostic des teneurs en C des sols

Des teneurs aux stocks

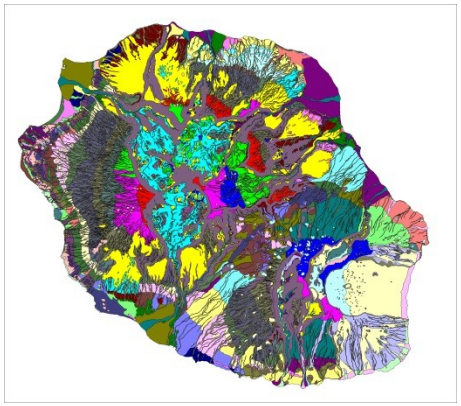
4. Résidus organiques en substitution des engrais minéraux

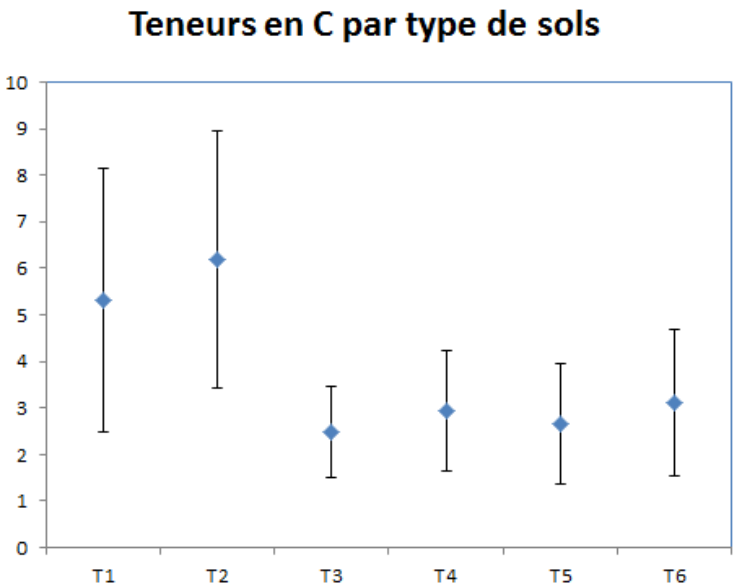
5. Sols + résidus organiques

3. Les sols de la Réunion

2015
International
Year of Soils

Origine volcanique
Climat(s)



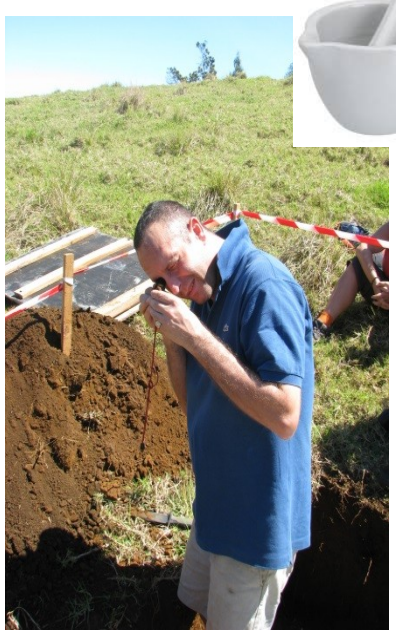


L. Thuriès 2015

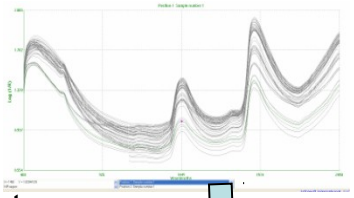
Thuriès et al., 2013 ICNIRS

- (Grande) diversité de types de sol
- Larges gammes de teneurs en carbone

SPIR: un outil de diagnostic des teneurs en C des sols



treatment



+ ref data

NIR modeling

Résultats d'analyses « alternatives »

À proposer au catalogue du laboratoire

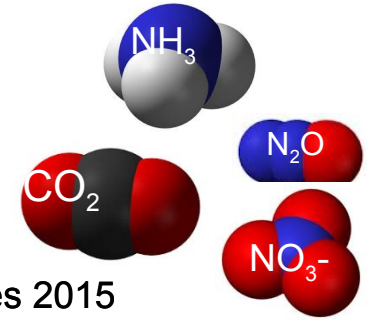
Diagnostic directement sur le terrain RUN

C

N

CEC

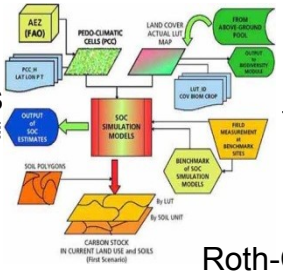
Prop φ?



L. Thuriès 2015

Predictions

Stocks, émissions



Inputs

models

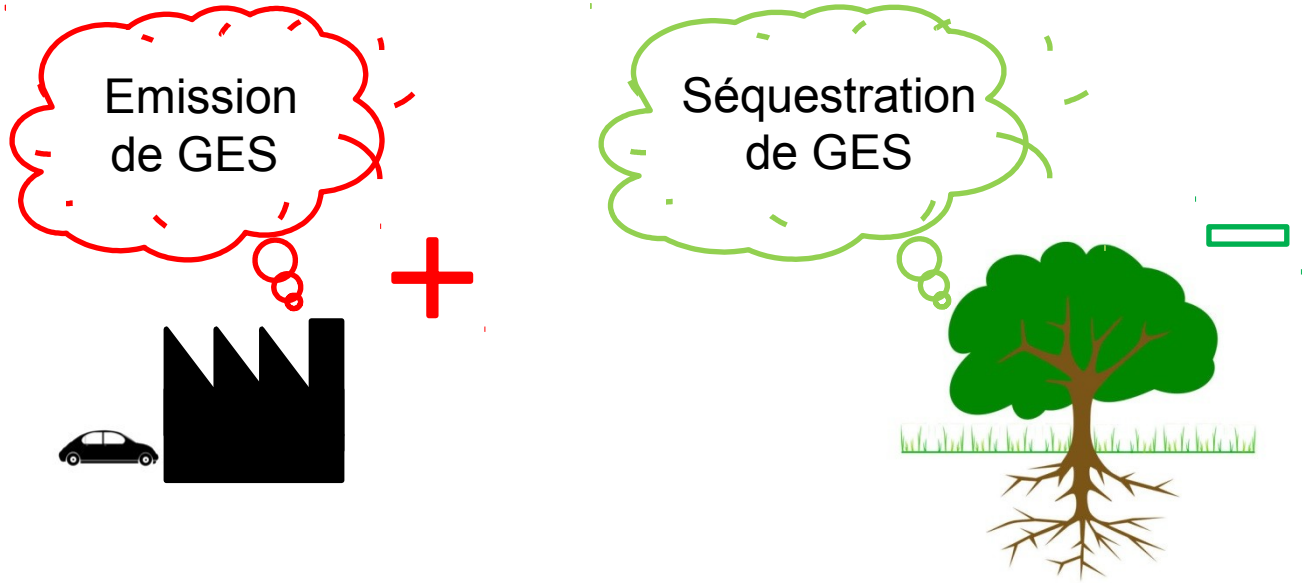
Roth-C, CANTIS…

Des teneurs aux stocks de carbone

Cf. Projet ADEME C@run (Cirad, IRD, TéréosOI)

http://carun.re/

➢ Pourquoi calculer un stock de carbone ?



- Bilan >0 → Emission de plus de GES dans l'atmosphère
- Bilan <0 → Séquestration = moins de GES dans l'atmosphère
- Le calcul porte sur les quantités ajoutées ou retirées du compartiment atmosphère (en g de GES par m² ou t/ha)

1 eq C = 3.67 eq CO_2

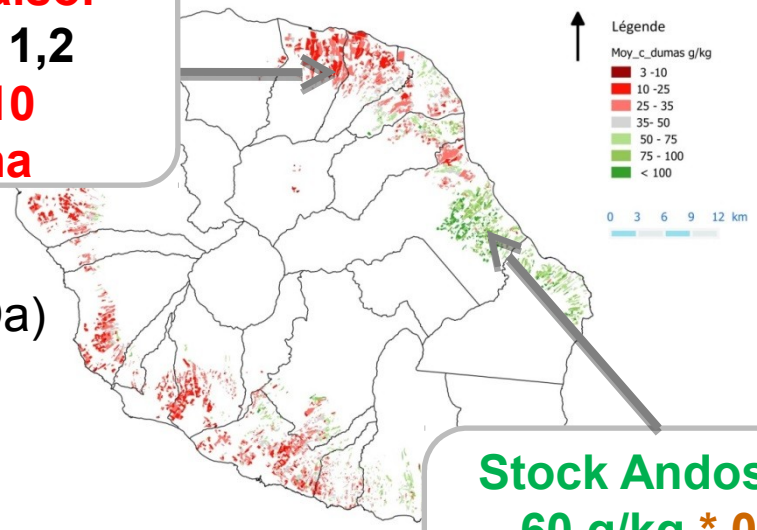
Source: Albrecht, Jameux,, Thuriès, Tillard, Todoroff 2015

➢ Les stocks de carbone?

Da Ferralsol 1,2

Da Andosol 0,6

Stock Ferralsol=
20 g/kg * 1,2
***0,3m*10**
= 72 t/ha



Stock Andosol=
60 g/kg * 0,6
***0,3m*10**
= 90 t/ha

Passer des **teneurs** aux **masses** de carbone: besoin de la masse volumique (Da)

Peu de données **mesurées** sur les Da de tous les types de sols (très variés) :

➢ reste à faire = combler les lacunes

Profils de densité (2 méthodes)

Étalonnage spectroscopie (SPIR/MIR) de terrain pour développer des méthodes moins couteuses

L. Thuriès 2015

Focus sur les sols et les résidus organiques de la Réunion

1. Pourquoi s'intéresser aux sols?

2. Pourquoi s'intéresser aux résidus organiques?

3. Les sols de la Réunion

   Diagnostic des teneurs en C des sols

   Des teneurs aux stocks

4. Résidus organiques en substitution des engrais minéraux

   Des ressources : caractérisation du potentiel agronomique et émissions GES
   Diagnostic au laboratoire et sur le terrain:
      cas des effluents d'élevage bruts et en cours de transformation

5. Sols + résidus organiques

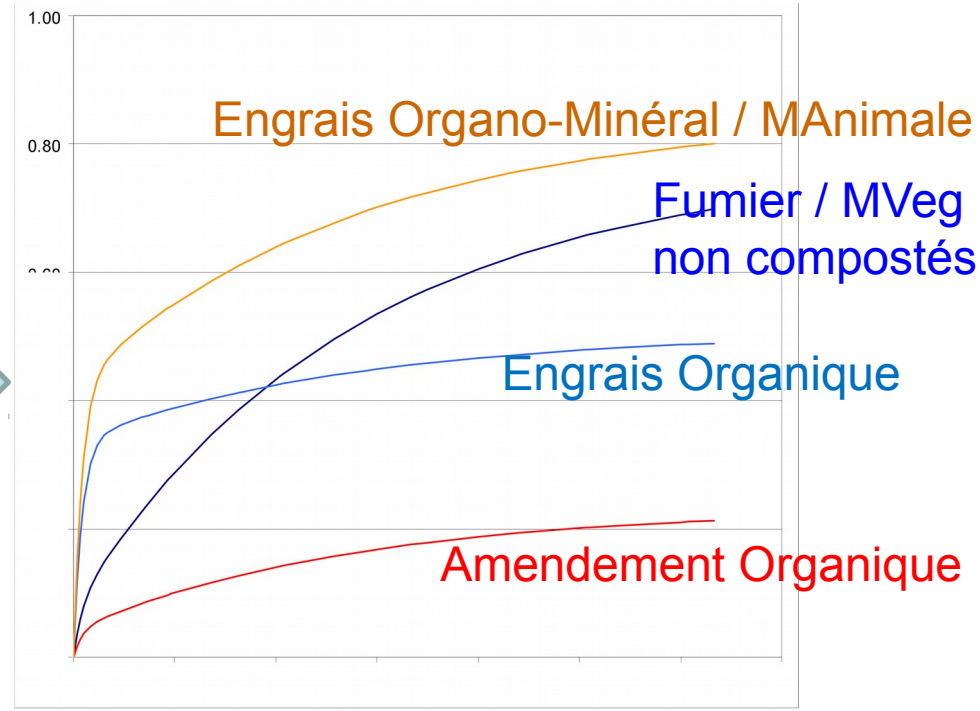
4. RO en substitution des engrais minéraux

Caractérisation du potentiel agronomique : potentiel de minéralisation et émissions de GES

au laboratoire

- Incubation en conditions contrôlées
- 4 dynamiques typiques

Ex: Fraction de C minéralisé en fonction du tps



Formes solubles

NH_4^+ et NO_3^- de la solution du sol

Formes gazeuses

CO_2 et N_2O et NH_3

En conditions contrôlées, on peut

- mesurer les **potentiels** de minéralisation (Nmin, N_2O, CO_2)
- accéder à la **diversité** des dynamiques de minéralisation

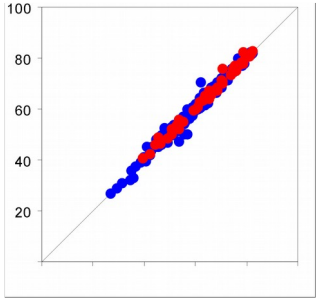
L. Thuriès 2015

Caractériser les résidus organiques par SPIR

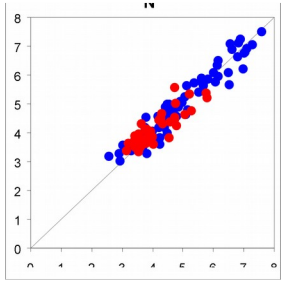
au laboratoire

sur le terrain

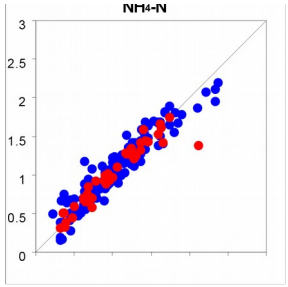
Matière Sèche



Azote



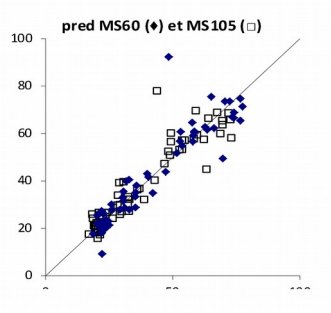
Ammonium

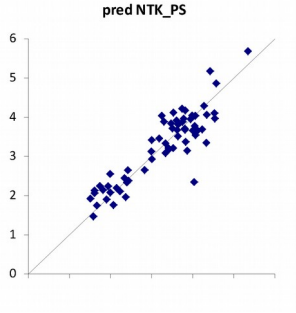


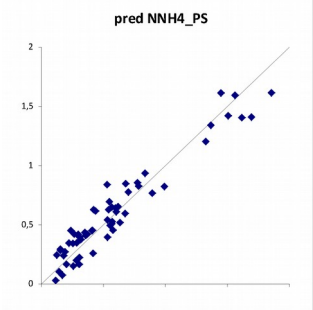
Effluents bruts ou en compostage

à partir d'échantillons **frais homogénéisés min 'bord bâtiment'**

= avec conditionnement minimal (coût & temps très réduits)







Étalonnages:
De performants à utiles pour pilotage,
Même pour des matériaux **très** hétérogènes

Avec cet outil, au laboratoire et sur le terrain

- le criblage des caractéristiques agronomiques de RO est facilité
- (mesure rapide et non destructive)

Focus sur les sols et les résidus organiques de la Réunion

1. Pourquoi s'intéresser aux sols?

2. Pourquoi s'intéresser aux résidus organiques?

3. Les sols de la Réunion

   Diagnostic des teneurs en C des sols

   Des teneurs aux stocks

4. Résidus organiques en substitution des engrais minéraux

   Des ressources : caractérisation du potentiel agronomique et émissions GES
   Diagnostic au laboratoire et sur le terrain:
   cas des effluents d'élevage bruts et en cours de transformation

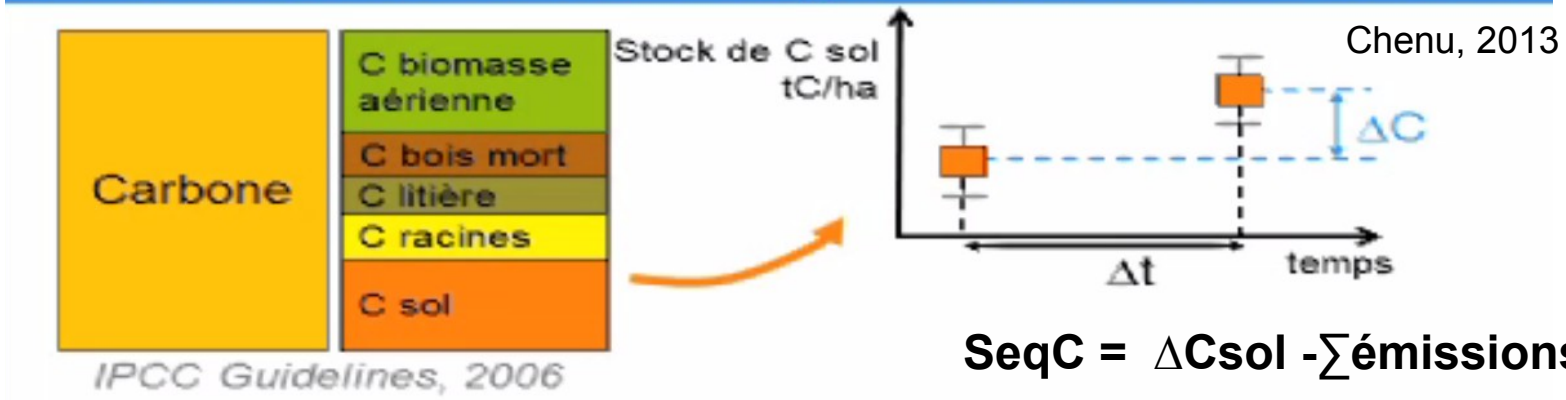
5. Sols + résidus organiques

   Sols prairiaux et effluents d'élevage
   Sols canniers, paille de canne et résidus organiques

L. Thuriès 2015

5. Sols + résidus organiques

Fonction attendue : augmenter le stock de C

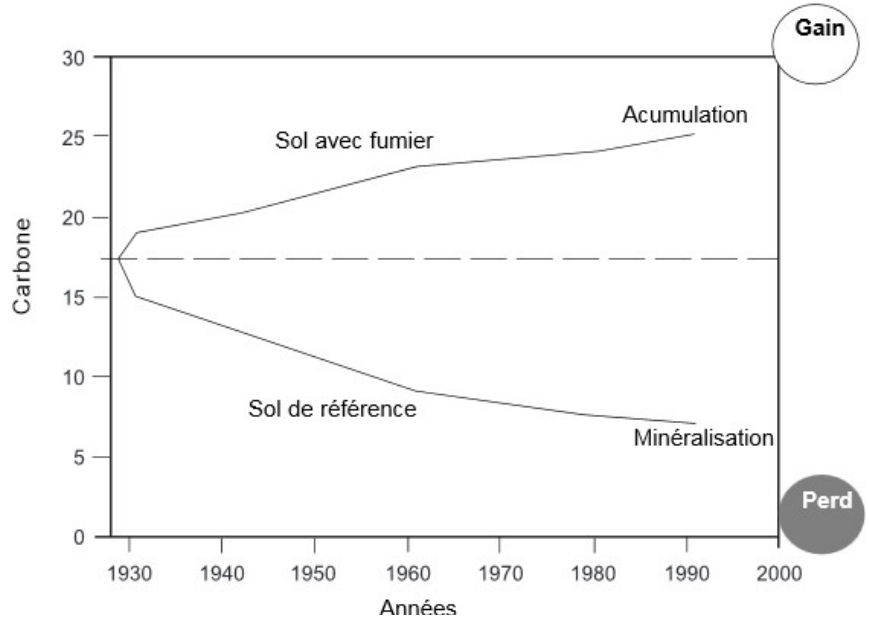


Chenu, 2013

SeqC = ΔCsol -∑émissions N_2O+CH_4

exprimé en Mg e-CO_2

Evolution de la teneur en carbone dans les sols entre 1928 et 1991 avec ou sans fumier (site expérimental de l'INRA, Versailles «quarante deux parcelles»)



Nombreuses références (Fr, Monde)

A la Réunion: références **en cours** d'acquisition avec des sites d'essais de longue durée (stocks de C, émissions de GES)

L. Thuriès 2015

M.Robert, FAO, 2002

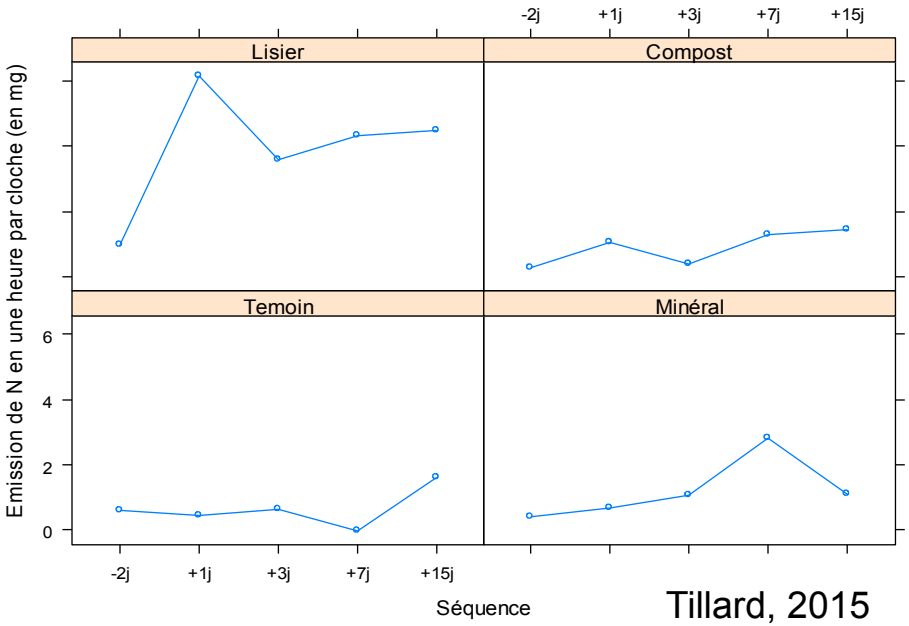
Effluents d'élevage sur sols prairiaux: quelles émissions de GES?

4 sites d'expérimentation

Méthode des enceintes étanches « cloches »

3-4 campagnes de mesures / saison

- témoin (pas de fertilisation)
- minéral (70 U N/fauche)
- lisier bovin (40 m³/ha/fauche)
- compost (12 t/ha 1 fauche/2)



Tillard, 2015

- Les émissions de CO_2 et de N_2O augmentent avec les apports d'N
- Pour CO_2 et N_2O, les émissions sont X par 2 et 8 pour lisier // témoin.

L. Thuriès 2015

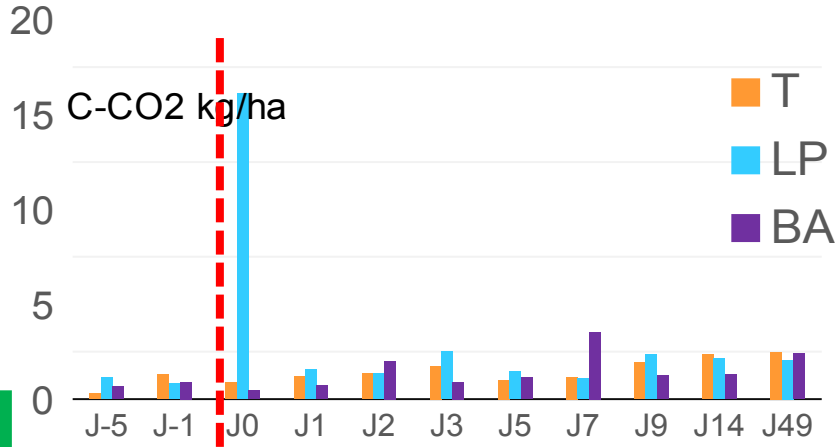
Sols canniers recevant des RO sur paille de canne: Quelles émissions de GES?

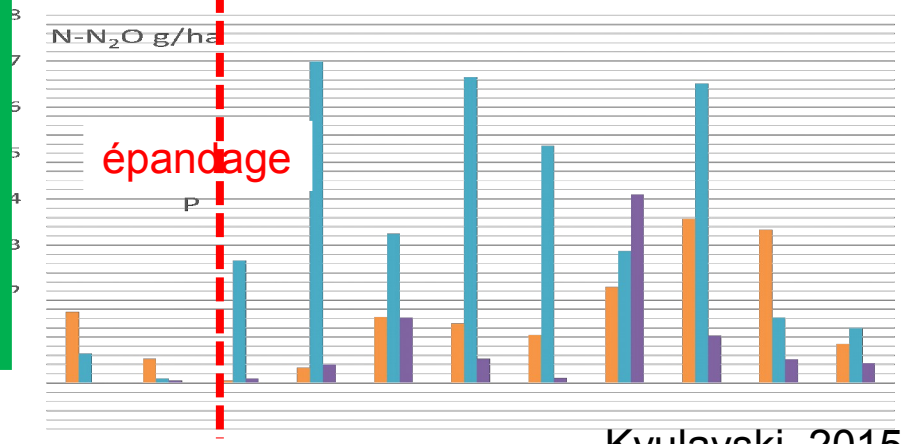
1 site d'expérimentation
Réseau national SOERE PRO
(unique dans les DOM)

Méthode des enceintes étanches « cloches »

15 jours de prélèvement par année:
J -5,-1, 0, 1, 2, 3, 5, 7, 9, 14, 49…360

- minéral
- lisier porc
- boues STEP





- Les émissions de CO_2 sont les plus fortes à l'épandage pour le lisier
- Les émissions de N_2O sont fortes pour le lisier pdt les 15 1ers jours
- Les émissions de N_2O pour les boues interviennent plus tardivement (minéralisation de N organique?).

L. Thuriès 2015

Kyulavski, 2015

Conclusions

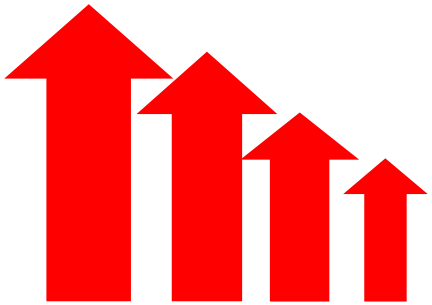
- ✓ L'agriculture à la Réunion a un rôle à jouer dans l'atténuation du changement climatique

- ✓ Des travaux sont en cours pour:
  - ❑ Connaitre les stocks de carbone des sols
  - ❑ Identifier les facteurs qui influent sur les stocks de C et les émissions de GES
  - ❑ Optimiser le recyclage des résidus organiques en substitution des engrais minéraux

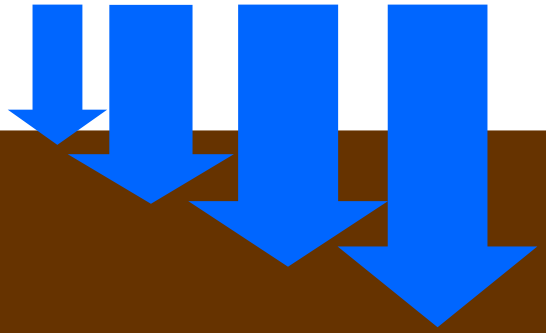
- ✓ Des moyens ont été développés pour caractériser rapidement les sols et les résidus organiques

Merci

Atténuation =



Augmenter les puits



Diminuer les sources

Les « 4 pour mille » (Le Foll, 17/03/2015)

Mise en place d'un programme de recherche international, le « **4 pour 1000** », dont l'objectif est de développer la recherche agronomique afin d'améliorer les stocks de matière organique des sols de 4 pour 1000 par an.

D'où vient ce chiffre?
C sols ~ 2400 Gt
Émissions C fossile ~8,9 Gt / an (soit ~**4 ‰** du C des sols)

« Des pratiques agricoles permettant une augmentation annuelle de l'ordre de 4 pour mille des stocks de carbone dans les sols ont été identifiées »
*(Cf. les **10 actions** Pellerin et al, 2013 diapo suivante)*

*« La séquestration de carbone dans les sols cultivés constitue donc un **levier d'atténuation du changement climatique** intéressant. »* GESSOL, 2015

13/05/2015: Le Conseil économique, social et environnemental (CESE) ouvre plusieurs pistes d'action pour tenir compte des services rendus à la société par les sols agricoles. Le CESE met l'accent sur la capacité à **stocker de la matière organique** et d'atténuer ainsi le changement climatique en cours.

Les 10 actions proposées pour réduire les émissions de GES

Réduire le recours aux engrais minéraux de synthèse, en les utilisant mieux et **en valorisant plus les ressources organiques**, pour réduire les émissions de N_2O

Accroître la part de légumineuses en grande culture et dans les prairies temporaires, pour réduire les émissions de N2O

Développer les techniques culturales sans labour pour **stocker du carbone dans le sol**

Introduire davantage de cultures intermédiaires, de cultures intercalaires et de bandes enherbées dans les systèmes de culture pour **stocker du carbone dans le sol** et limiter les émissions de N2O

Développer l'agroforesterie et les haies pour favoriser le **stockage de carbone dans le sol** et la biomasse végétale

Optimiser la gestion des prairies pour favoriser le **stockage de carbone**

Substituer des glucides par des lipides insaturés et utiliser un additif dans les rations des ruminants pour réduire la production de CH4 entérique

Réduire les apports protéiques dans les rations animales pour limiter les teneurs en azote des effluents et les émissions de N2O

Développer la méthanisation et installer des torchères, pour réduire les émissions de CH4 liées au stockage des effluents d'élevage

Réduire, sur l'exploitation, la consommation d'énergie fossile des bâtiments et équipements agricoles pour limiter les émissions directes de CO2

Pellerin et al. (2013)

Démarche : étalonnage SPIR sur tous types de sols

CAL
n=4000 samples

VAL
n=790

Soils, whole island
(air-dried, <2mm)

2 datasets

2009 — 02/2013 — 12/2013

C contents (Dumas)

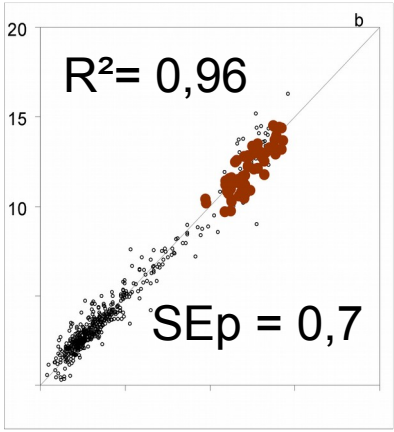
X

Scanned (2 reps), XDS (Foss)
Spectra (math treatment)

Equation « Local » PLS

CAL

VAL

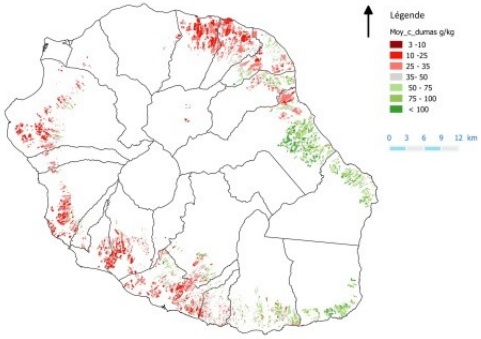


- Très bonnes performances
- Même pour les très fortes teneurs

L. Thuriès 2015

Thuriès et al., 2013 (ICNIR2013)

➢ Calcul des stocks de carbone



- Base de données sol:

teneur en gC/kg sol = concentration

→ Transformer les concentrations en **masse** de Carbone

1 verre de lait:
[MG] =17g/L
Pour 100ml
1,7g de MG

10 verres de lait (1L):
[MG] =17g/L
Pour 10*100ml
17g de MG

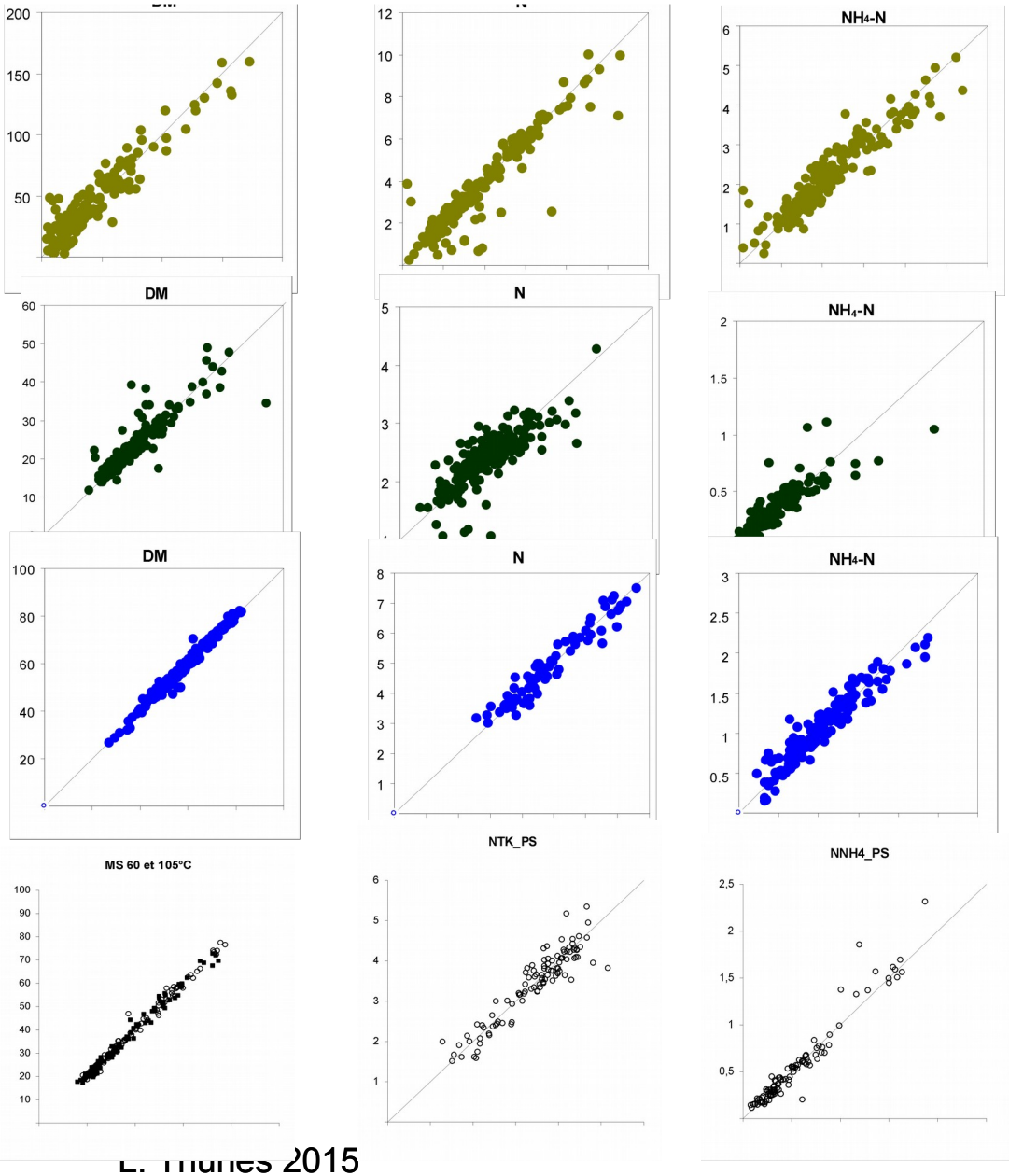
- La masse volumique du sol = densité apparente en $g.cm^{-3}$

Ferralsol	1,2
Andosol	**0,6**

- Densité Apparente fonction du type de sol
- Suivant la teneur et la densité→ variation du stock

Caractériser les résidus organiques par SPIR

Matière Sèche | Azote | Ammonium



au laboratoire

Effluents bruts ou en compostage

Étalonnages: De ~performants à très performants,

Même pour des matériaux hétérogènes

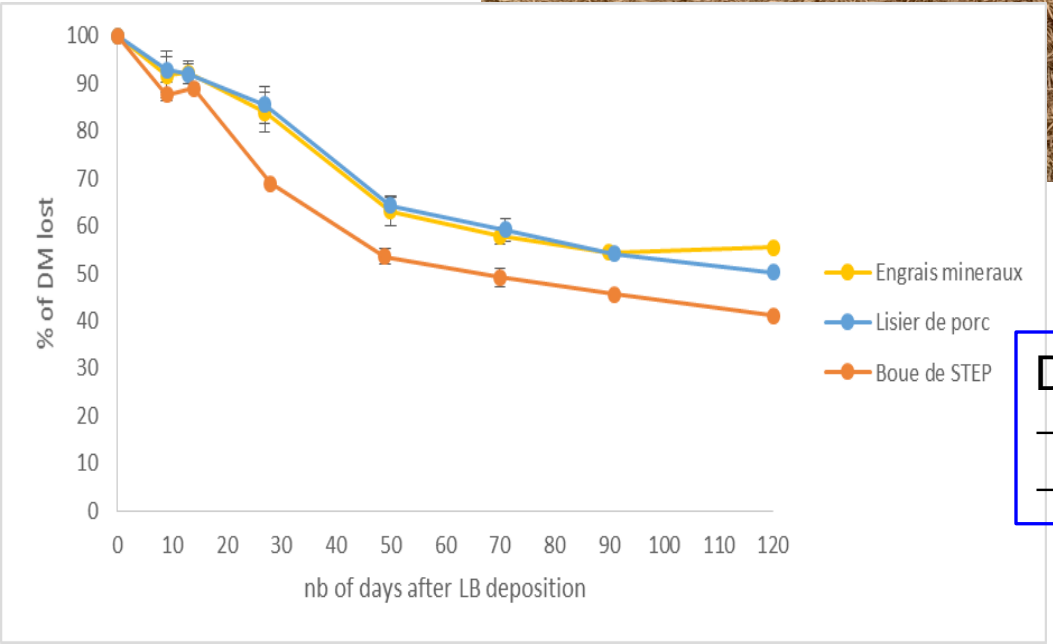
Bon compromis coût/précision/temps

Sols canniers recevant des RO sur paille de canne: Décomposition du paillis?

Émissions NH_3

Émissions CO_2 et N_2O

Décomposition paillis



Décomposition paillis + RO :
→ Pas de différence engrais et lisier
→ Un peu plus intense avec boues

Kyulavski, 2015