

## RMT Fertilisation & Environnement

# Nouvelles connaissances et références sur les produits résiduaux organiques

**Houot S., Le Roux C., Levavasseur F., Lagrange H., Paillat J.-M.,  
Jimenez J., Michaud A., Mazoyer J., Moreira M., Obriot F., Parnaudeau V., Thuriès L., Wassenaar T.**



## Éléments de contexte et enjeux

- Valorisation des PRO : pratique ancienne, participe au bouclage des cycles et à l'économie circulaire des territoires, sources alternatives aux fertilisants minéraux, pratique nécessaire dont il faut maîtriser l'efficacité et les impacts.
- Développement de nouveaux traitements → nouveaux PRO ; grande diversité
  - Quelle caractérisation pour prédire leurs effets au champ ? → labo , transposition au champ
  - Comprendre la diversité de caractéristiques et d'effets en lien avec leur origine : typologie, bases de données de références, lien avec origine.
  - Acquérir des références : essais au champ, bases de données mutualisées
- Quels outils disponibles pour prédire leur devenir au champ, leur efficacité, leurs impacts : OAD, modèles. Quels paramétrages ?
- Quelles pratiques et mode de gestion pour une meilleure efficacité de valorisation des PRO : parcelles, exploitation, territoire ?
- Prise en compte des flux (logistique) et des acteurs et de leurs règles de décision.

## Quatre thèmes abordés

- 1. Caractérisation des PRO et acquisition de références**  
Caroline Le Roux, LDAR
  - 2. Modèles et OAD pour prédire le devenir des PRO**  
Florent Levavasseur, INRA
  - 3. Efficience d'utilisation de la valeur fertilisante des PRO**  
Hélène Lagrange, ARVALIS
  - 4. De la parcelle au territoire**  
Jean-Marie Paillat, Cirad
- Synthèse et perspectives**  
Sabine Houot, INRA

# Partie 1 : Caractérisation des PRO et acquisition de références

# Prédiction des caractéristiques des PRO

- Grande diversité
- Besoins de comprendre cette diversité et de prédire les caractéristiques des PRO en fonction des conduites d'élevage

Projet CasDar/Ademe Effluents d'élevage 2010-2014 : « Améliorer la caractérisation des effluents d'élevage par des méthodes et des modèles innovants pour une meilleure prise en compte agronomique »



Le calculateur de la quantité et de la composition des effluents porcs, bovins et volailles

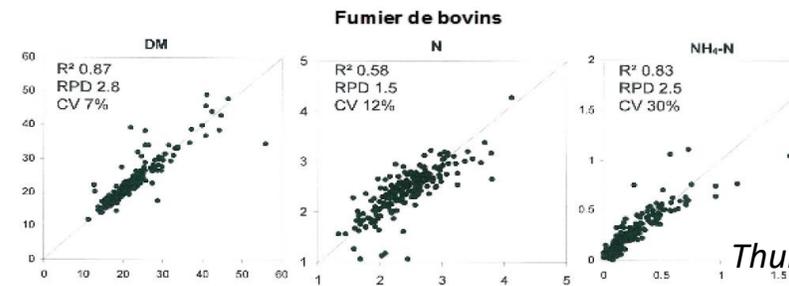
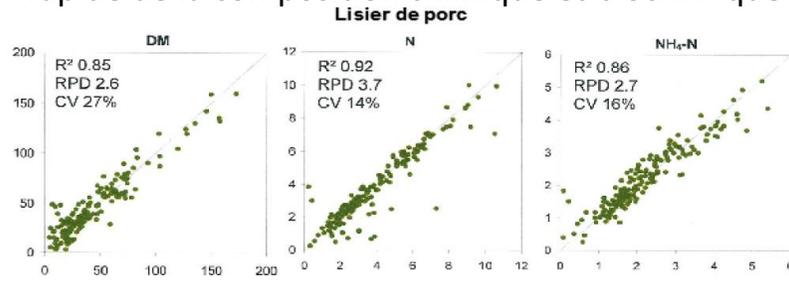


Catégorie d'animaux		Effectif annuel	Mode de logement	Quantité de litière
<b>Bovins</b>				<b>kg/animal/jour</b>
Vache Laitière	46	Logette, lisier	1	
Vache allaitante avec son veau	0	Logette, mixte lisier/fumier		
Génisse (6 mois-1 an)	9	Litière accumulée intégrale	1.5	
Génisse (1 - 2 ans)	18	Litière accumulée intégrale	5	
Génisse (> 2 ans)	18	Litière accumulée intégrale	5	
Bovin à l'engrais (0 - 1 an)	0	Pente paillée		
Bovin à l'engrais (1 - 2 ans)	0	Pente paillée		
Bovin à l'engrais (> 2 ans)	0	Etable entravée, fumier		
<b>Porcs</b>			<b>Ouvrage de stockage et/ou type de produits</b>	<b>t/an</b>
Truies et verrats	200	Fosse stockage 2		
Post-sevrage	4480	Fumière (fumier paille compostée)		
Porcs charcutiers	4480	Fumière ( litière sciure fraîche )		
<b>Espèce de Volailles</b>		<b>Mode de production</b>	<b>Effectif annuel</b>	
Dinde de chair	standard	30000	Bout de champ (fumier paille frais)	



Adapté du CORPEN (2003) pour le calcul des rejets porcins  
Fonctionne sur excel 2007  
Version 1.0

Calibration de la SPIR comme méthode détermination rapide de la composition chimique et biochimique



Thuries et al., 2013

Source : Compositim, 2014

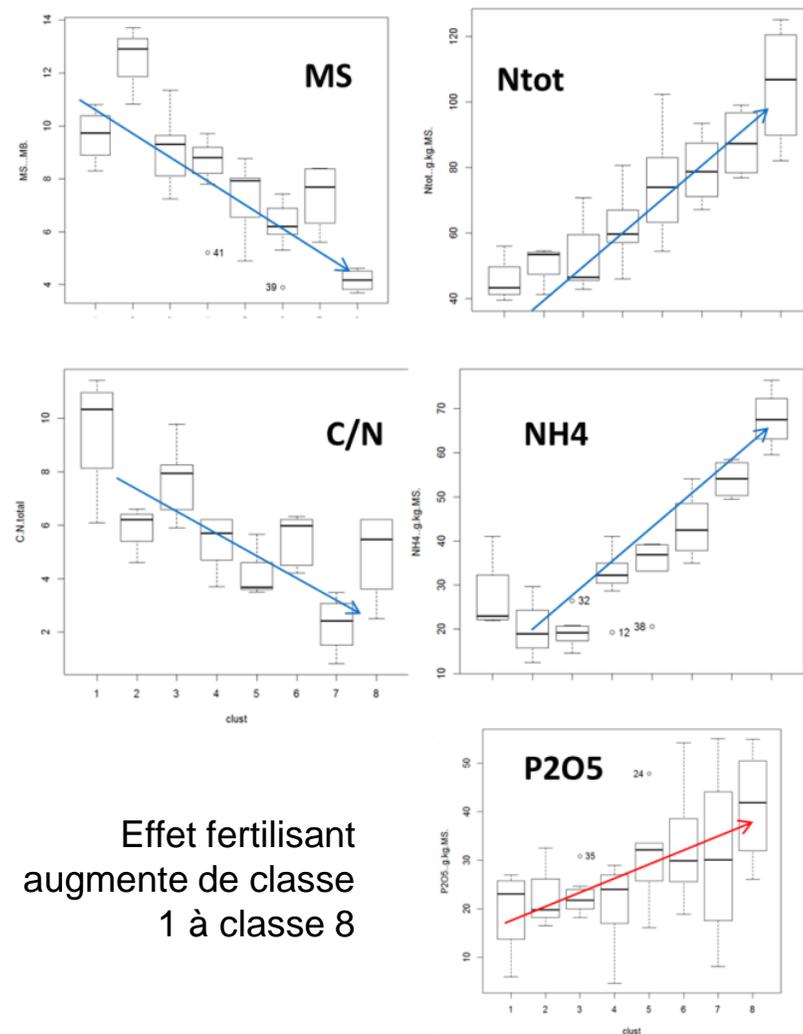
# Typologie des PRO : exemple des digestats

- 8 types de digestats bruts en fonction des intrants

Collaboration avec  
AAMF sur les digestats  
agricoles: 74 sites  
**Variables:** qualité  
agronomique  
**Analyses statistiques**

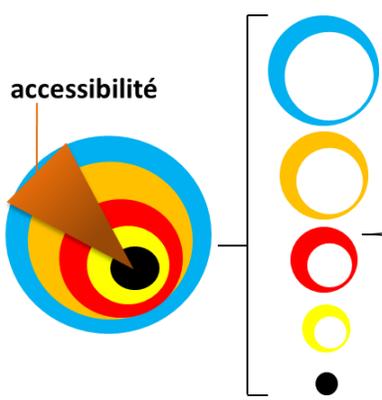
Classe	Intrants
1	Fumiers + Végétaux
2	Fumiers + Végétaux + Lisier de ruminants
3	Fumiers
4	Lisier de ruminants
5	Lisier de non-ruminants + Biodéchets
6	Lisier de non-ruminants
7	Lisier de ruminant + Graisse
8	Lisier de non-ruminants + Graisse

Projet ADEME Concept-Dig, 2017-2020

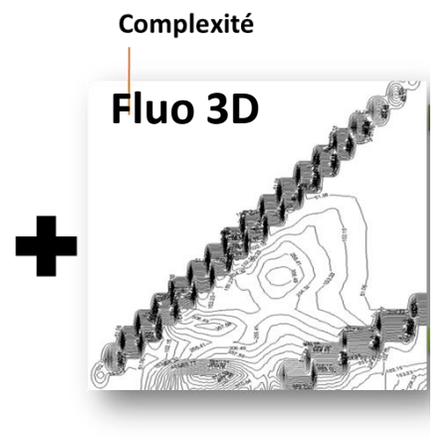


# Fractionnement des matières organiques pour prédire leur évolution

- Prédire leur devenir au champ mais aussi au cours des traitements
- Extractions séquentielles → fractions dynamiques
- **Evolution des méthodes**



- Fractionnement Van Soest → **ISMO** (Lashermes et al., 2009): Indice stabilité MO normalisé → Paramétrage de modèle d'évolution MO (RothC, AMG) mais développé pour des MO lignocellulosiques (composts, fumiers...)
- Modification du fractionnement + **analyse complexité** → **ISBAMO** (Jimenez et al., 2014; 2015; 2017) : Indice de bioaccessibilité MO → englobe une gamme de PRO plus large (Boue step)
- **Biodégradabilité : notions de bioaccessibilité et de complexité**

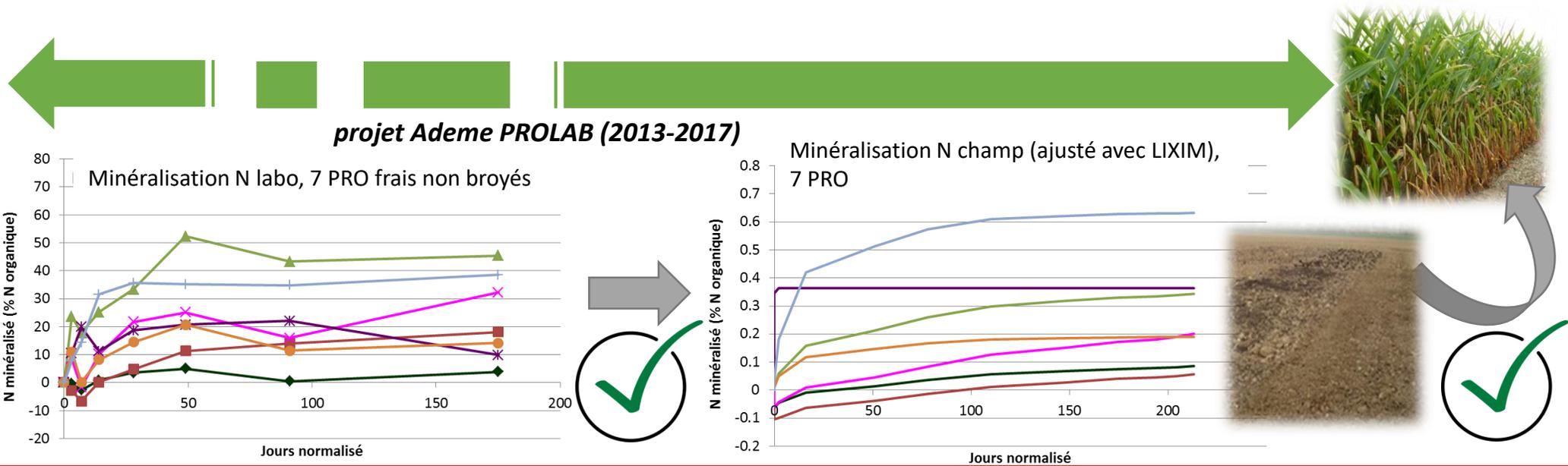


# Transposition des mesures labo pour prédire ce qui se passe au champ

-> Minéralisation dans les normes FD U44-163 et FD U42-163 exprime mal le comportement au champ des PRO

- Cinétiques de minéralisation N sur sol nu reflètent le comportement d'absorption en N en parcelle cultivée
- Les dynamiques N au champ sont corrélées avec les incubations de PRO frais non broyés

**Normes  
FD U44-163  
FD U42-163**

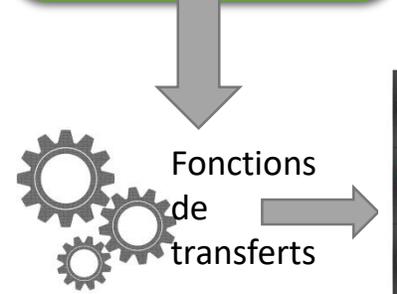


# Transposition des mesures labo pour prédire ce qui se passe au champ

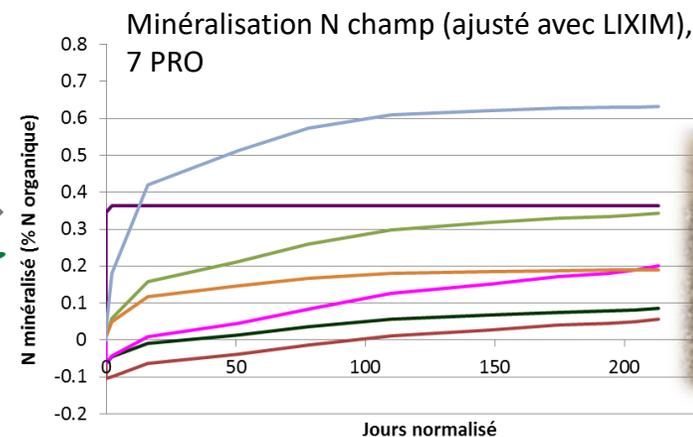
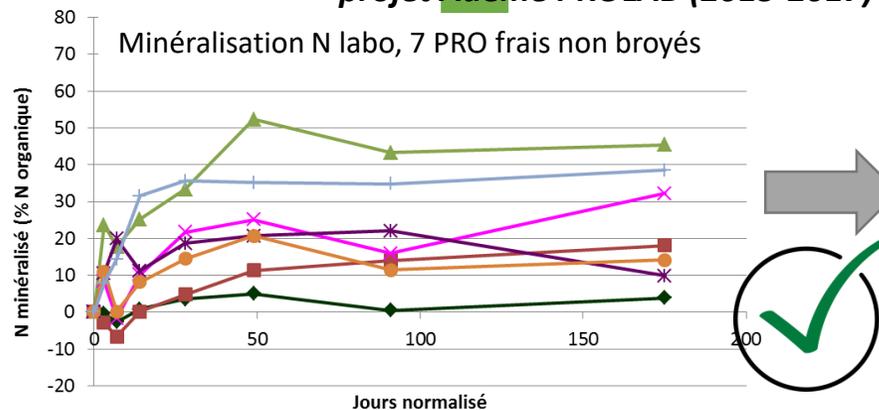
-> Minéralisation normes FD U44-163 et FD U42-163 exprime mal le comportement au champ des PRO

- Cinétiques de minéralisation N sur sol nu reflètent le comportement d'absorption en N en parcelle cultivée
- Les dynamiques N au champ sont corrélées avec les incubations de PRO frais non broyés
- Les modes de préparation et conservation des PRO et sols influent sur la cinétique :
  - Séchage; Broyage; Ajout N minéral
- Fonctions de transfert proposées prenant en compte les paramètres de différences identifiés. Ces équations sont encore à valider avec d'autres jeux de données

**Normes  
FD U44-163  
FD U42-163**



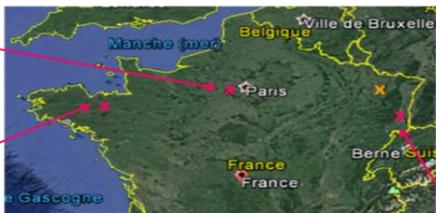
**projet Ademe PROLAB (2013-2017)**



# Essais au champ sur les PRO : base de données commune

**QualiAgro - 1998, 6 ha**  
Composts urbains, fumier  
Conduite biologique  
Céréales/luzerne

**EFELE - 2012, 2,3 ha**  
Effluents d'élevage  
(bruts, compostés, digérés)  
Blé-mais/CIPAN



**PRO'spective - 2000, 2 ha**  
Boues, fumier, biodéchets  
(compostés, non compostés)  
Blé-mais-orge-betterave suc.

**la Réunion - 2013**  
Boues, fientes...  
Canne à sucre



**Sénégal - 2016**  
Boue, digestat, litière  
volailles  
Maraîchage

**5 sites observations détaillées, monitoring complet**  
**+ 3 sites associés** (2 historiques et 1 site au Burkina Faso)



Réseau PRO – filière (2011-2014) 50 essais archivés  
Projets Digestats (ex. VADIM ETHAN, VADIM)  
Début d'analyse commune des données essais



**Vingtaine essais longue durée + nombreux essais annuels**  
Grandes cultures, viticulture, ± AB  
Effluents élevage, PRO urbains, > 2013 essais digestats

*Projet CasDar/Ademe Réseau PRO*  
*Projets Ademe VADIM et VADIMETHAN*



# Essais au champ sur les PRO : base de données commune

**QualiAgro - 1998, 6 ha**  
Composts urbains, fumier  
Conduite biologique  
Céréales/luzerne

**EFELE - 2012, 2,3 ha**  
Effluents d'élevage  
(bruts, compostés, digérés)  
Blé-mais/CIPAN



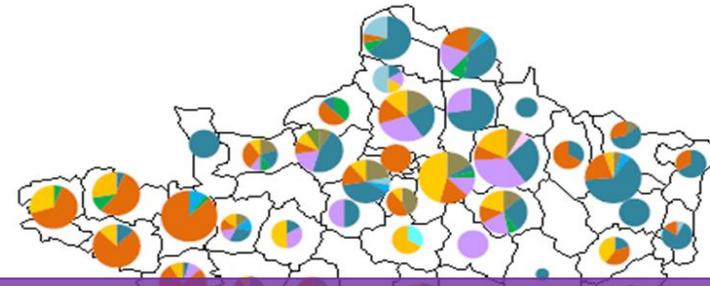
**PRO'spective - 2000, 2 ha**  
Boues, fumier, biodéchets  
(compostés, non compostés)  
Blé-mais-orge-betterave suc.

**la Réunion - 2013**  
Boues, fientes...  
Canne à sucre

**Sénégal - 2016**  
Boue, digestat, litière  
volailles  
Maraîchage

**5 sites observati**  
**+ 3 sites associé**

**SOERE PRO - Observatoire recherche :**  
**INRA, CIRAD, IRD**  
**6 Sites instrumentés et suivis complets sur**  
**les compartiments des agrosystèmes**



**Réseau PRO – filière (2011-2014) 50 essais archivés**  
**Projets Digestats (ex. VADIM ETHAN, VADIM)**  
**Début d'analyse commune des données essais**

**Bienvenue sur le SI du Système d'Information sur les Produits Résiduaire Organiques (SI PRO) du SOERE PRO (Système d'observation et d'expérimentation pour la recherche en environnement).**

Le SOERE PRO est un observatoire de recherche en environnement composé de dispositifs expérimentaux au champ dédiés à l'étude des effets à long terme du recyclage agricole des PRO. Le réseau de sites est labellisé en tant que SOERE par ALLENI depuis 2011, avec renouvellement de la labellisation en 2015. Il est au cœur de la recherche en matière de PRO. Le SI PRO a été élaboré par l'INRA UMR ECOSYS et ECOINFORMATIQUE, en partenariat avec les équipes pilotes des sites du SOERE PRO (CIRAD, INRA) et des partenaires filières (Arvalis, LDAR, IFV, ITAB). Le SI archive les données acquises sur des dispositifs expérimentaux de PRO (ex. composts, digestats, effluents d'élevage, boues, fientes, etc.) et les données associées à ces jeux de données (ex. descriptif du dispositif, descriptif des PRO pouvant être épandus en agriculture ainsi que leurs modalités d'obtention (ex. composition, descriptif du procédé de traitement, nomenclature...).

## **Systeme information INRA SOERE PRO**

- Outil archivage, harmonisation description données
- Faciliter exploitation commune origine <> effets observés

Comment accéder aux données ?

Voir quelles sont les données actuellement disponibles dans la base de données.

Le système d'information contient des données qui sont en libre accès et des données accessibles après validation d'une demande spécifique auprès des responsables scientifiques. Dans tous les cas, vous devez vous connecter avant de pouvoir interroger la base de données et extraire des données pour vos besoins.

**Se connecter**

**Créer mes identifiants de connexion**

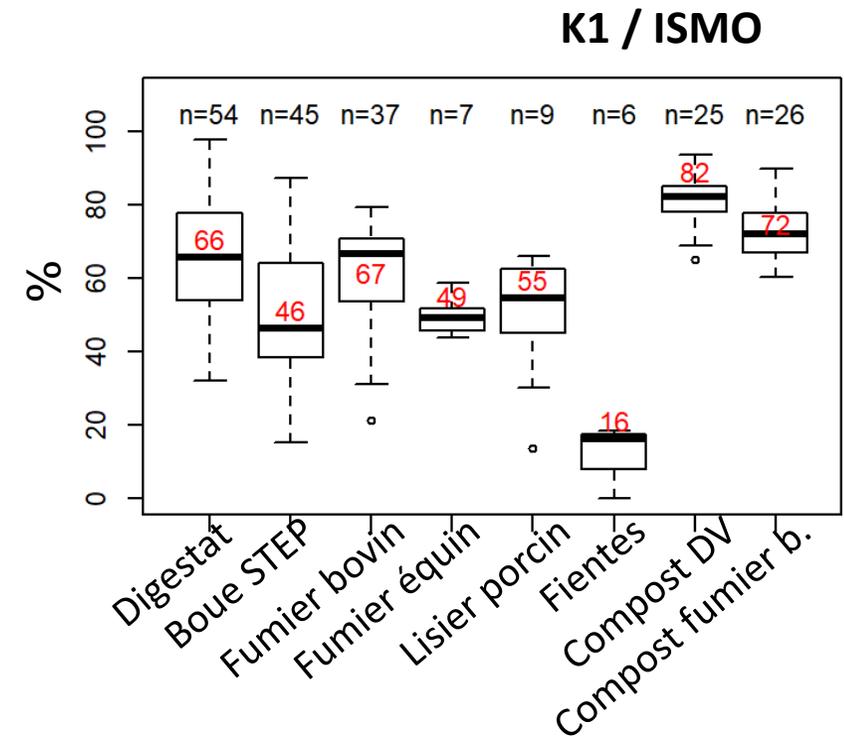
Essais annuels  
Digestats

CasDar/Ademe Réseau PRO  
Ademe VADIM et VADIMETHAN

## Partie 2 : Modèles et OAD pour prédire le devenir des PRO

## Dynamique de la matière organique : Les PRO dans AMG

- **Augmentation MO** : climat et sol, pratiques d'apport (dose, fréquence), valeur amendante des PRO
- **Valeur amendante** : teneur en C et coefficient isohumique  $K_1$  = fraction de C du PRO qui intègre le carbone organique du sol au bout d'un an
- **Validation des performances d'AMG** à simuler l'effet des PRO sur la base de 7 essais longue durée/ ISMO bon prédicteur du  $K_1$
- **Nouvelles valeurs par défaut pour SIMEOS-AMG** :
  - Teneurs en C issues d'une synthèse bibliographique (ESCO MAFOR...)
  - Synthèse des données d'ISMO (+ 600 PRO)
- **Domaine de validité** :
  - Forte variabilité de l'ISMO /  $K_1$  pour un même type de PRO (vraie variabilité des PRO / facteurs non pris en compte ?)
  - Non adapté à certains PRO (biochar, composts très stables)



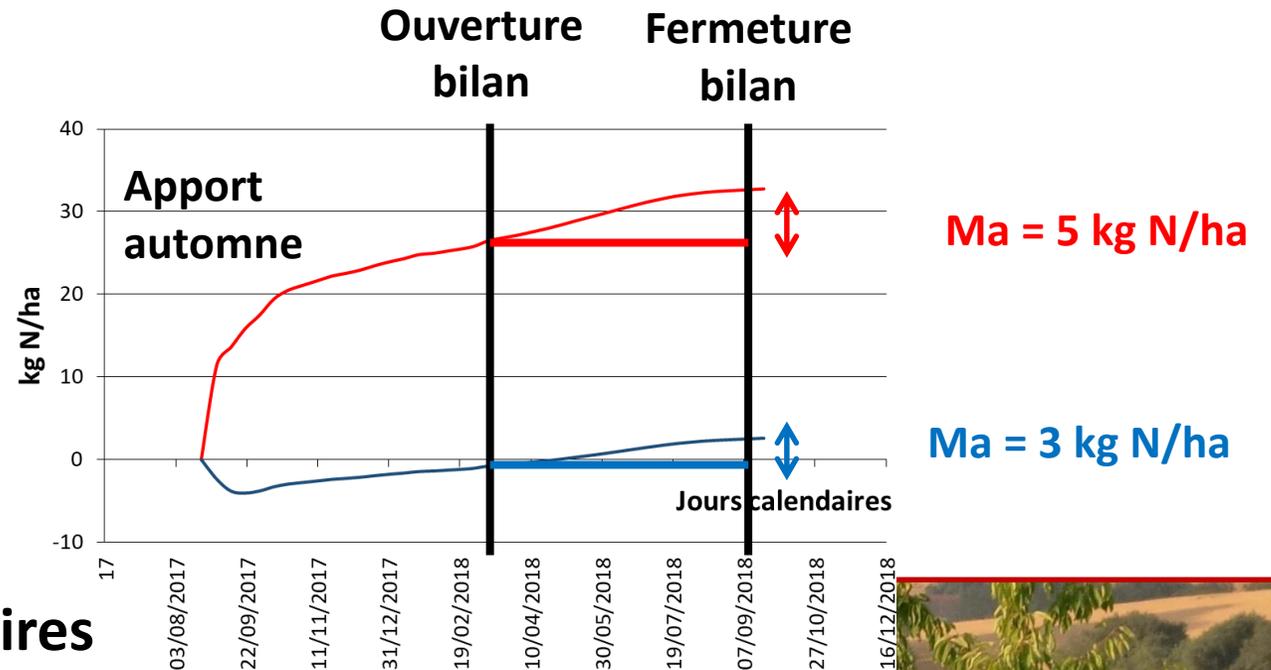
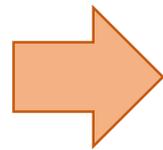
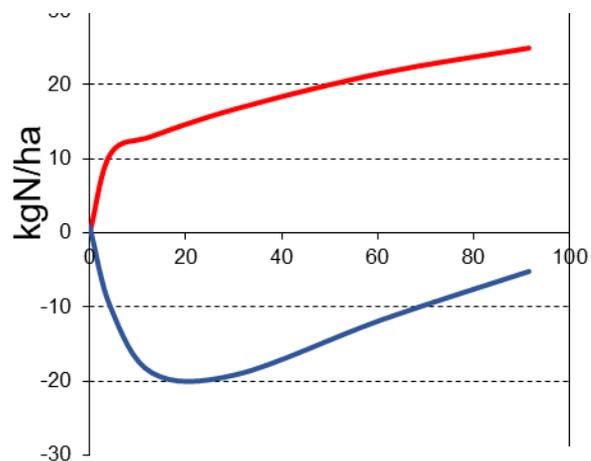
*Projet SOLEBIOM (2016-2018), Levavasseur et al., in prep*

## La décomposition des PRO (Poste Ma) dans AzoFert®

- AzoFert® > 35 PRO différents → ex : Vinasse, fumier de bovins, lombricompost, fumier de champignons...
- Cinétiques de minéralisation de l'azote →  $N_t = QN_{\text{PORG}} \times (a_N - b_N \times \exp(-kt) - c_N \times \exp(-lt))$  coefficients pour chaque PRO
- Prise en compte volatilisation et organisation
- Quantité N minéral à prendre en compte pour la fertilisation en fonction de la date d'apport du PRO et de la date d'ouverture du bilan : ex. **vinasse et fumier de bovins décomposé** pour une betterave avec ouverture du bilan le 1<sup>er</sup> Mars

### Doses d'apport :

**Vinasse = 2 t/ha** , **Fumier = 35 t/ha**



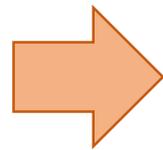
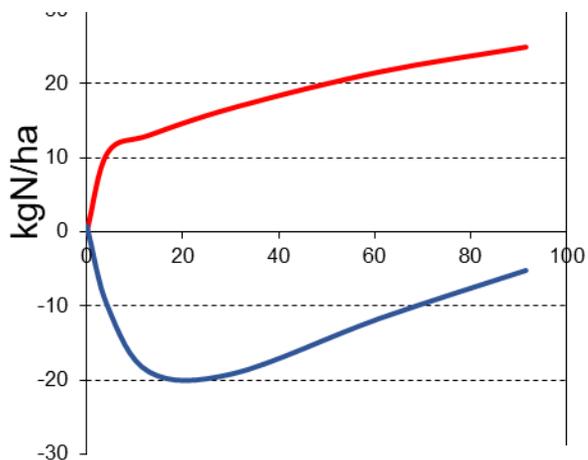
**Jours normalisés** → **Jours calendaires**

## La décomposition des PRO (Poste Ma) dans AzoFert®

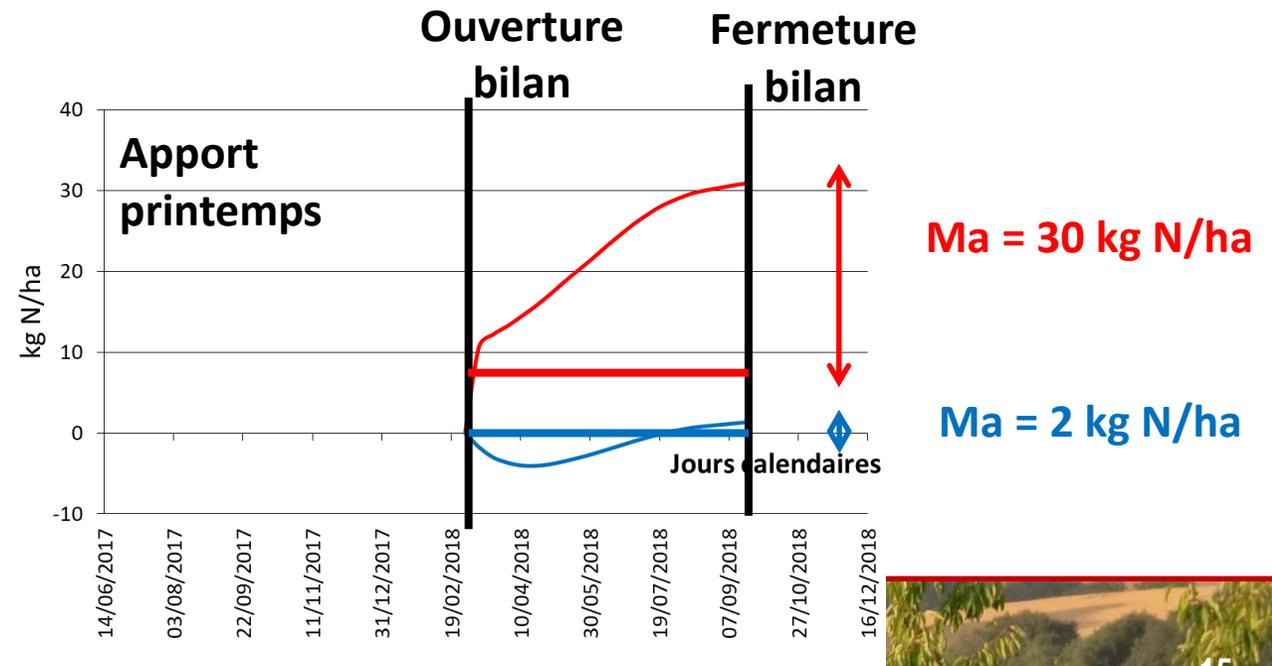
- AzoFert® > 35 PRO différents → ex : Vinasse, fumier de bovins, lombricompost, fumier de champignons...
- Cinétiques de minéralisation de l'azote →  $N_t = QN_{\text{PORG}} \times (a_N - b_N \times \exp(-kt) - c_N \times \exp(-lt))$  coefficients pour chaque PRO
- Prise en compte volatilisation et organisation
- Quantité N minéral à prendre en compte pour la fertilisation en fonction de la date d'apport du PRO et de la date d'ouverture du bilan : ex. **vinasse et fumier de bovins décomposé** pour une betterave avec ouverture du bilan le 1<sup>er</sup> Mars

### Doses d'apport :

**Vinasse = 2 t/ha** , **Fumier = 35 t/ha**



**Jours normalisés** → **Jours calendaires**



## Les PRO dans



- 25 PRO pris en compte (choix dans un menu déroulant pour l'utilisateur)

- Paramètres décrivant les PRO :

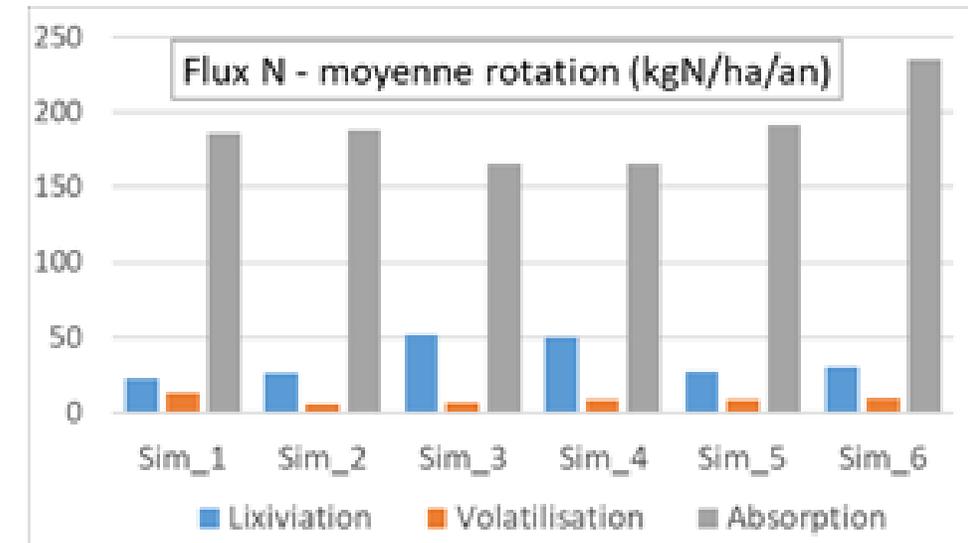
- Par défaut dans l'outil et modifiables : teneurs N<sub>tot</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, MS
- Par défaut, non modifiables : pH
- (+ 5 param. cinétique de minéralisation)

	Sim_1	Sim_2	Sim_3	Sim_4	Sim_5	Sim_6
<b>Rotation</b>	Maïs/blé	Maïs/blé	Maïs/blé	Maïs/blé	Maïs/blé/Ci	Maïs/blé/Ci
<b>PRO</b>	DVB	FB	FB	FB	FB	FB
<b>Dose (T/ha)</b>	15	35-40	35-40	35-40	35-40	50
<b>Période</b>	Fin été	Fin été	Fin été	Printemps	Printemps	Printemps
<b>Station</b>	Grignon	Grignon	Rennes	Rennes	Rennes	Rennes
<b>Lame drainante (mm)</b>	150	150	230	230	230	230

- Modélisation

- De la minéralisation du N organique des PRO  
Formalisme : celui d'AzoFert®
- De la volatilisation des PRO  
Fonction de la dose, du pH, de la MS

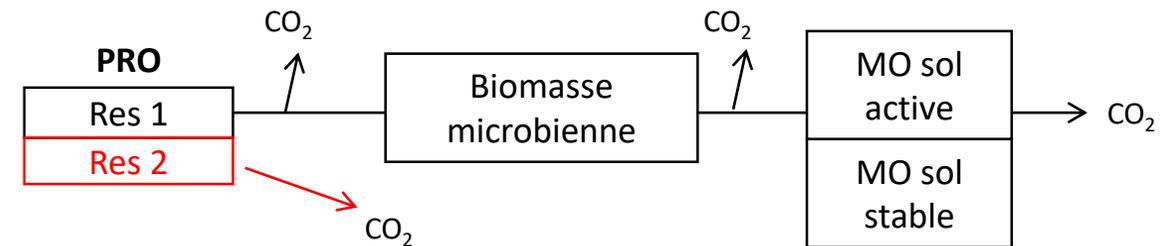
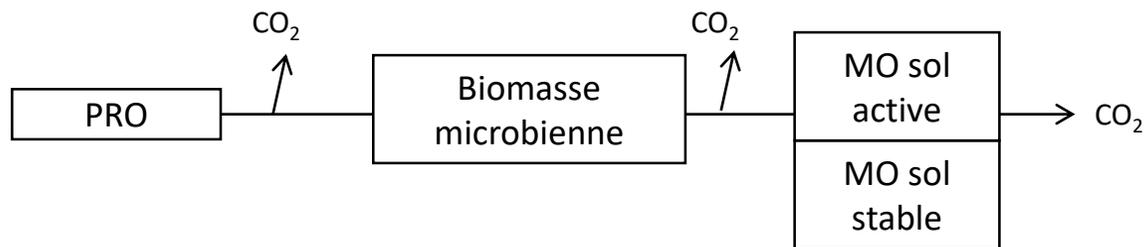
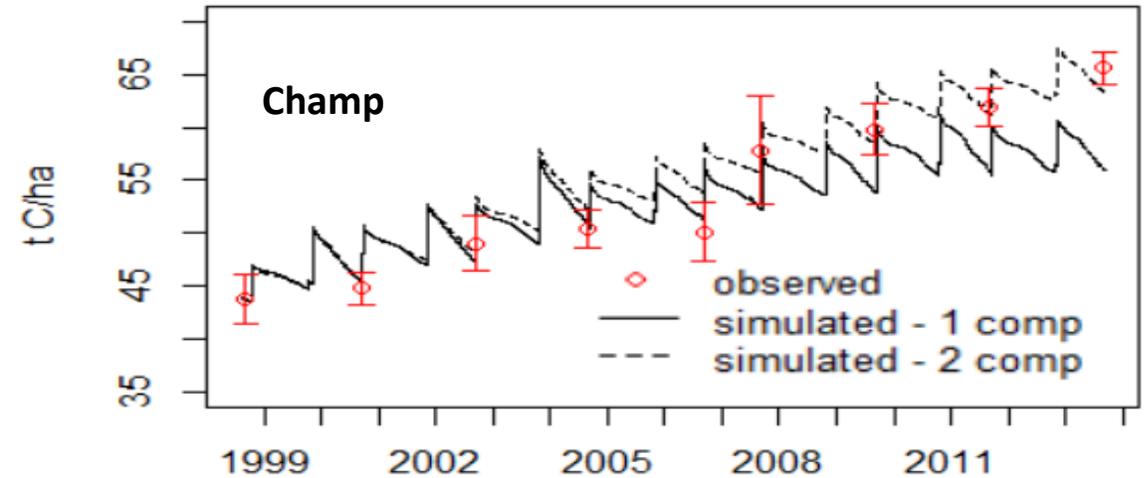
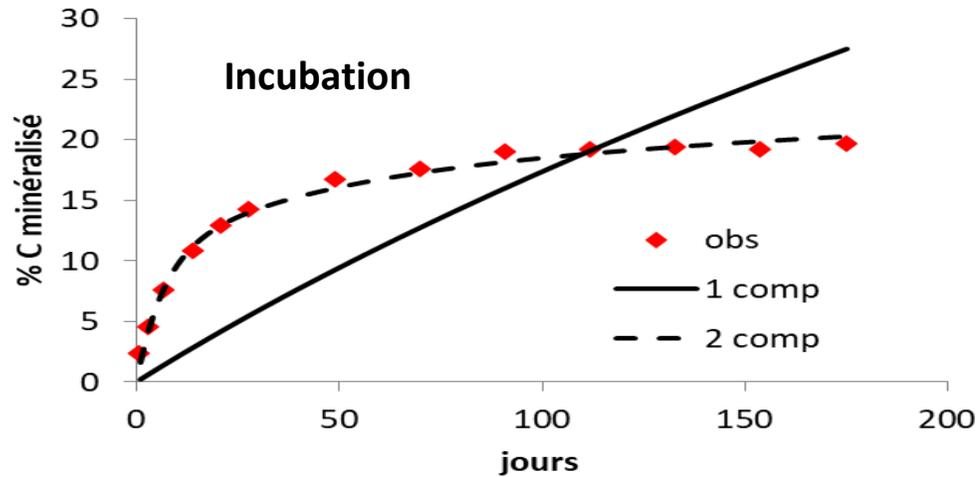
- Domaine de définition : France métropolitaine



# Représentation des PRO dans



- Formalisme de minéralisation des résidus de culture (1 compartiment MO) incapable de simuler les dynamiques C et N des incubations et du champ → Nécessité d'intégration d'un 2<sup>e</sup> compartiment



- Développement en cours d'une typologie de PRO pour STICS

Levavasseur et al., in prep

## Partie 3 : Efficience de valorisation du N des PRO

## Acquisitions de références au champ : CAU/Keq

Le protocole repose sur le principe d'une courbe de réponse de l'azote absorbé par une culture fertilisée.

Guide méthodologique Réseau PRO (2011-2014)

$$CAU_{PRO} = (Nabs_{PRO} - Nabs_{TON}) / N_{PRO}$$

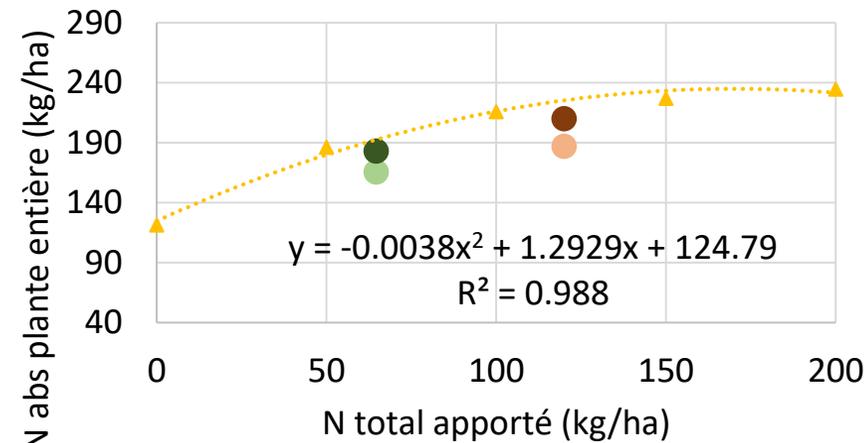
$$Keq = CAU_{PRO} / CAU_{Min}$$



calcul de la fertilisation azotée (COMIFER)

CAU: coefficient apparent d'utilisation.  
Keq: coefficient d'équivalence azote.

Courbe de réponse de l'N absorbé par le maïs grain station de Kerguéhenec (56) - 2015



- ▲ Doses croissantes d'ammonitrate
- Lisier (pendillard)
- Lisier (injection)
- Digestat (pendillard)

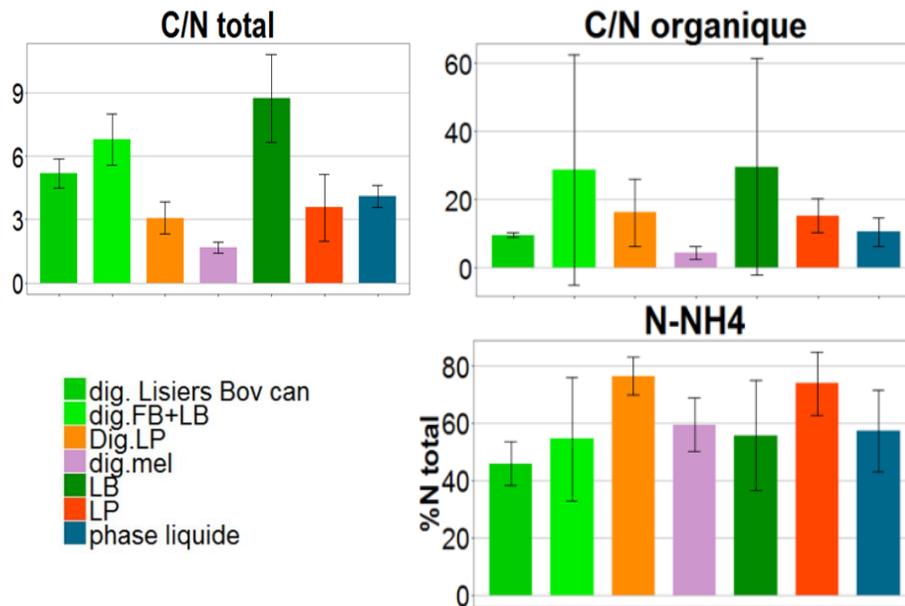
PRO	$N_{PRO}$	$Nabs_{TON}$	$Nabs_{PRO}$	$Nabs_{Min}$	$CAU_{PRO}$	$CAU_{Min}$	<b>Keq</b>
Lisier (pendillard)	65	122	166	192	0.68	1.08	<b>0.63</b>
Lisier (injection)	65	122	183	192	0.96	1.08	<b>0.89</b>
Digestat (pendillard)	120	122	187	225	0.55	0.86	<b>0.64</b>
Digestat (injection)	120	122	210	225	0.74	0.86	<b>0.86</b>

Projet Ademe VADIM (2013-2016)

## Acquisitions de références au champ : CAU/Keq

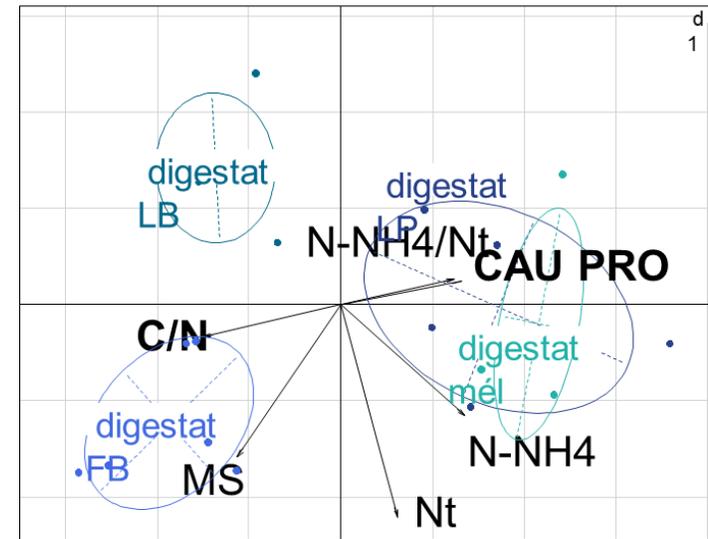
### Les déterminants du CAU des digestats

Différentiation des classes de PRO en fonction de différents paramètres analytiques.



14 PRO, 75 analyses (2011-2015)

Projets Ademe VADIM et VADIMETHAN



**C/N total** : paramètre agronomique le plus corrélé avec le **CAU** obtenu au champ sur céréales (21 essais)

Possibilité de prédire un comportement azoté en culture :

$$CAU = 0.137 + 0.007 \times N-NH_4/N \text{ total} - 0.017 \times C/N \text{ organique}$$

$R^2 = 0,56$  (que digestats)

Proposition de **Keq** des digestats sur céréales (à valider) :

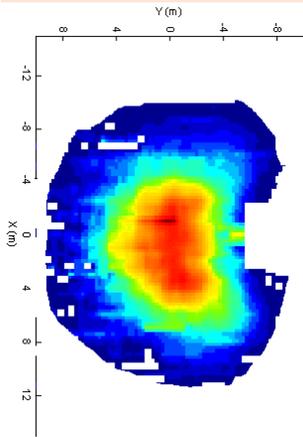
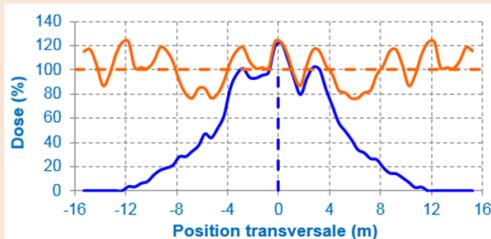
C/N élevé (bovin)	C/N faible (lisier porc, IAA)
0.2 - 0.4	0.5 - 0.7

Projet Ademe VADIM (2013-2016)

# Qualité des épandages de PRO

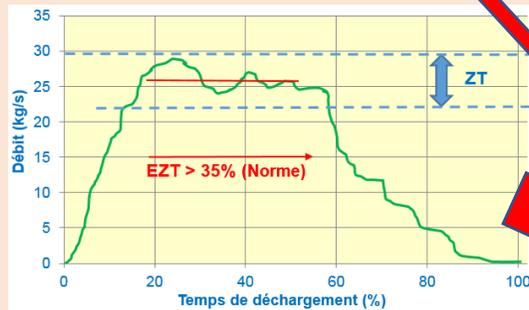
## Mesures des performances PRO solide

### Répartition Transversale (RT)



Nappe

### Répartition Longitudinale (RL)



La variabilité des mesures surtout en RL impacte la qualité de la répartition spatiale

## Banc Cemob pour mesurer les répartitions longitudinale et transversale



### Etat des lieux

La variabilité à la parcelle avec des zones sous-dosées et sur-dosées



## Des questions restant à traiter

- Prise en compte de la réalité de l'épandage dans les logiciels OAD (substitution minéral)
- Prise en compte de caractéristiques mesurées des PRO (teneurs NPK, MO, MS...) dans l'épandage

## Innovations efficaces

- Tablier accompagnateur : +++ (RL)
- Pesage ++ (masse volumique)
- Débit Prop. Avancement Electron. = (dose)
- Porte de dosage, suivi de contour +++ (RL)
- Volet de bordure + (RT)
- Gestion de section : - - (RT)

La variabilité mesurée surtout en RL est réduite avec l'emploi d'équipements de maîtrise de dose

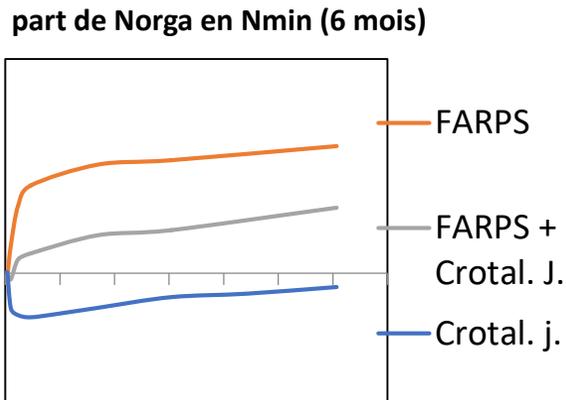
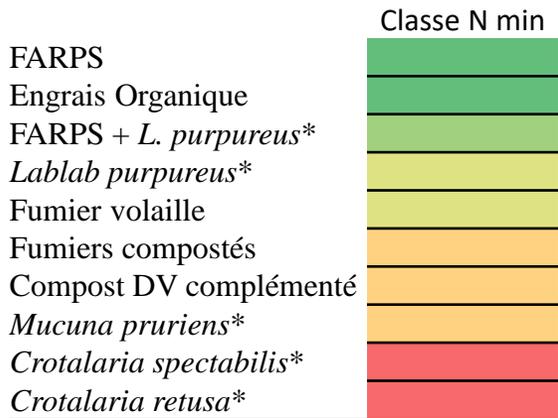
# Caractériser la diversité disponible et proposer des associations de PRO pour répondre aux besoins des cultures



**CasDAR ANANABIO (2016-2019) : Action 1 Fertilisation organique de la culture d'ananas en AB : évaluation des matériaux organiques candidats à la substitution des fertilisants minéraux**



## 1) Criblage des potentiels (purs et mélanges) *in silico*



## 2) + autres critères de sélection des Plantes de Service : biomasse, ravageurs, propriété nématocide, non-hôte → Test *in situ*

%/300 N	Rdt	Q(s/a)
O N	- 6	- 3,5
FARPS	+ 4	- 5,3
FARPS + <i>Crotal</i>	+ 5	+ 0



FARPS : farines de plumes et sang

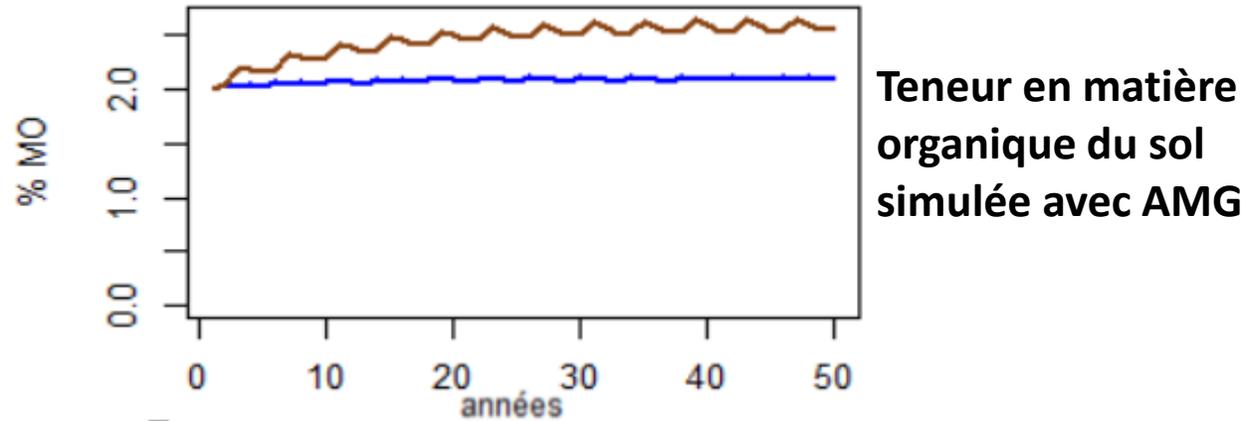
Rothé et al. (2019)

Q (s/a) : Qualité, exprimée par le rapport entre la teneur en sucre (Brix) et l'acidité

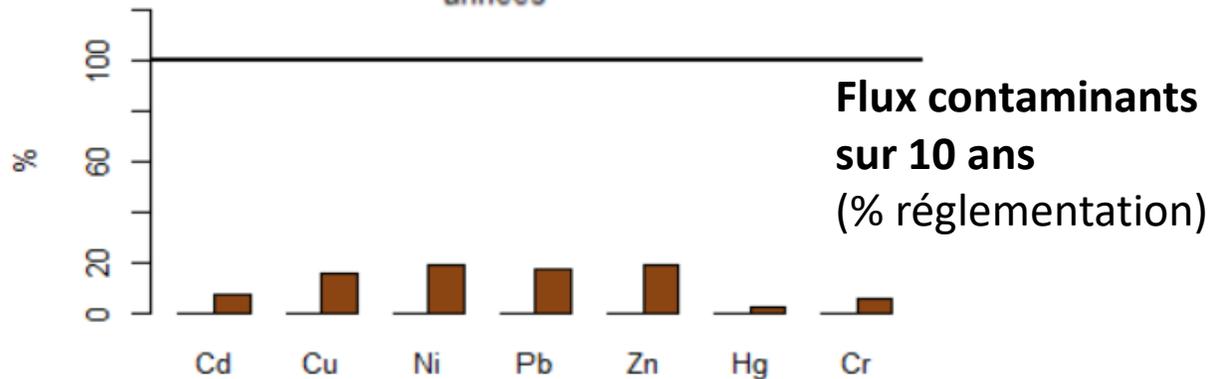
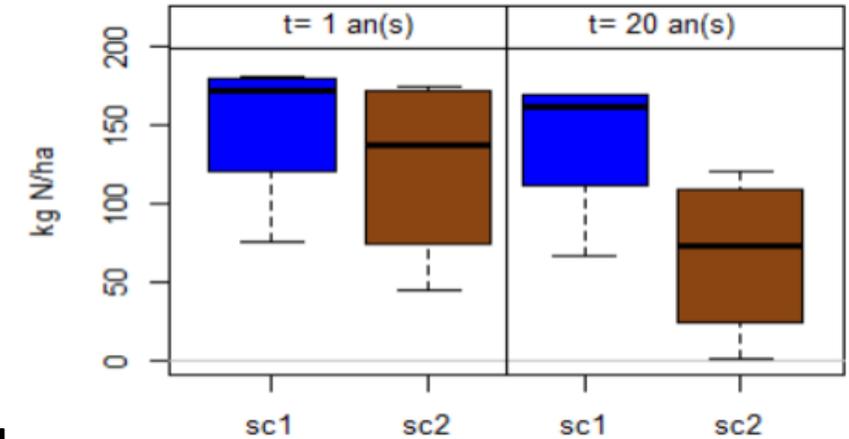
# Développement d'un outil d'évaluation multicritère prédictif des effets des PRO

Projet PSDR ProLeg (2016-2020)  
UMT Alter'N

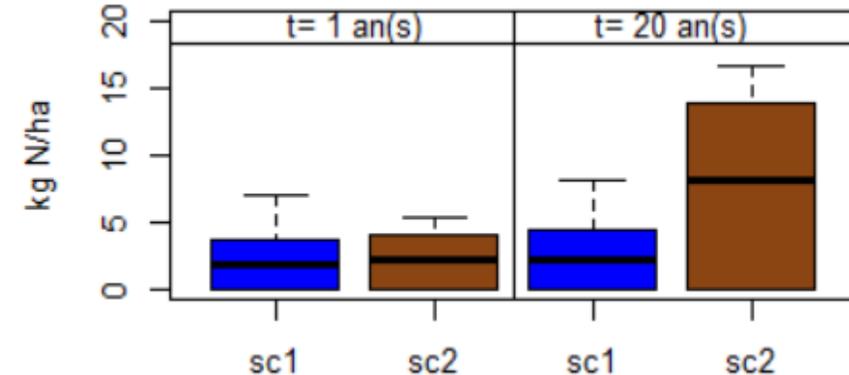
Exemple d'une rotation colza-blé-blé-orge en sols limoneux **avec** ou **sans** apport de compost (30 t/ha tous les 3 ans)



**Besoin en engrais N simulé avec STICS**



**Lixiviation N avec STICS**



+ autres indicateurs (fertilité physique, biologique, autres pertes N, économie...)

## Partie 4 : De la parcelle au territoire

# Quantifier les grands équilibres entre puits et sources : inventaires et bilans statiques à des échelles larges

Localisation, quantification des sources

Production d'engrais de PRO maîtrisables et non maîtrisables

Besoins en nutriments des cultures

Localisation des cultures

CAU, Keq

Niveau de substitution

Choix des PRO à épandre

Zones d'exclusion limitant l'épandage

N apporté par le sol

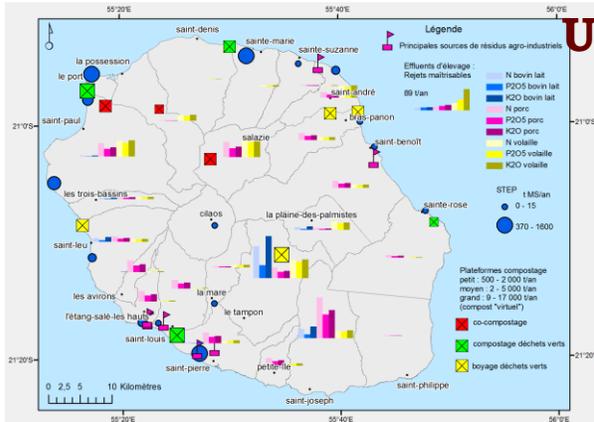
**FERTIMO**

SIG

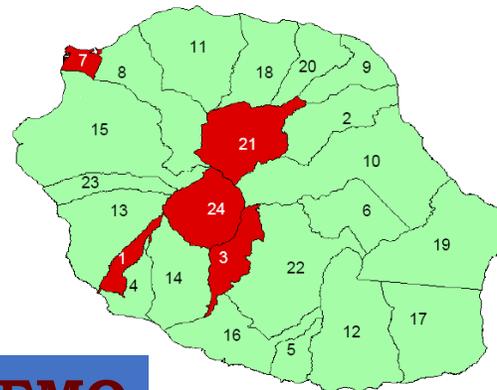
Projets :  
MVAD 2006  
CasDar Girovar (2011-2014)  
CasDar Gabir (2018-2020)

**Calcul de bilan (N essentiellement) = offre en PRO - demande des cultures**

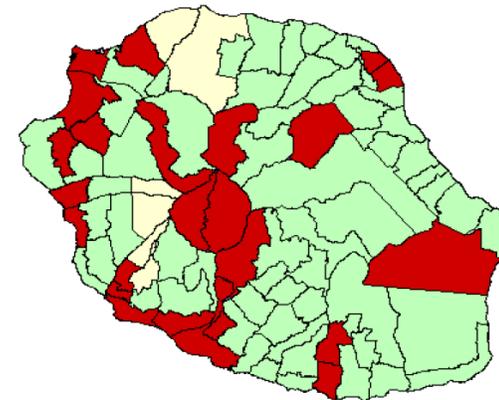
**Un « équilibre » global qui cache des déséquilibres locaux**



A l'échelle communale :



A l'échelle sous-communale :



Collo

**GEMO**

MVAD, Cirad, 2006

- (Sous) commune excédentaire en azote organique
- (Sous) commune équilibrée en azote organique
- (Sous) commune déficitaire en azote organique

19

25

# Quantifier les grands équilibres entre puits et sources : inventaires et bilans statiques à des échelles larges

Localisation, quantification des sources

Production d'engrais de PRO maîtrisables et non maîtrisables

Besoins en nutriments des cultures et des étangs

Localisation des cultures et des étangs (Vn)

CAU, Keq

Niveau de substitution

Choix des PRO à épandre

Zones d'exclusion limitant l'épandage

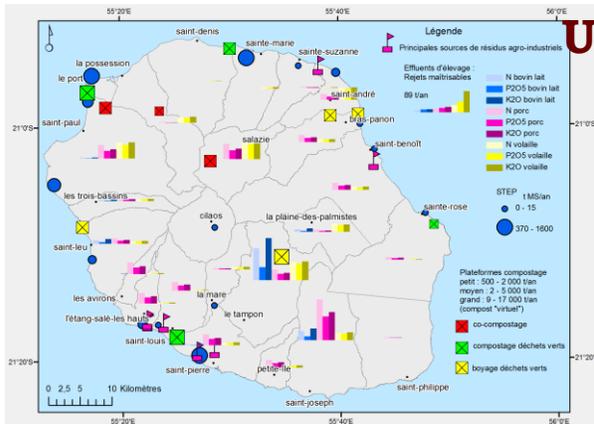
N apporté par le sol

**FERTIMO**

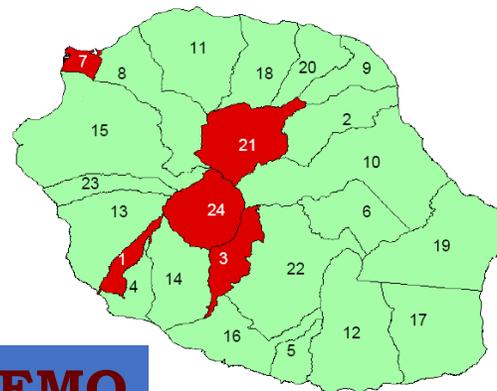
Projets :  
MVAD 2006  
CasDar Girovar 2011-2014  
CasDar Gabir 2018-2020

**Calcul de bilan (N essentiellement) = offre en PRO - demande des cultures (étangs)**

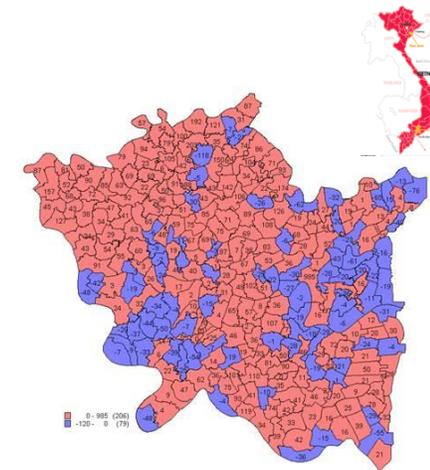
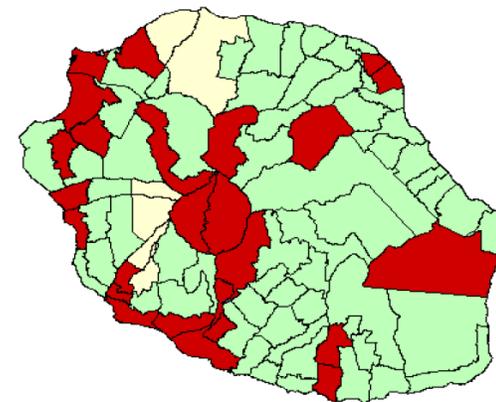
**Un « équilibre » global qui cache des déséquilibres locaux**



A l'échelle communale :



A l'échelle sous-communale :



Médoc J.M., Hillion B. In : Porphyre Vincent (ed.), Nguyen Que Coi (ed.)

Collo

**GEMO**

MVAD, Cirad, 2006

- (Sous) commune excédentaire en azote organique
- (Sous) commune équilibrée en azote organique
- (Sous) commune déficitaire en azote organique

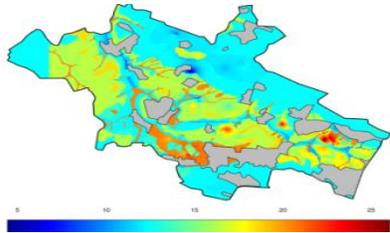
19

26

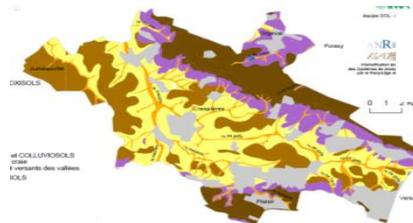
# Optimisation de l'insertion des PRO dans les systèmes de cultures

- Exemple de la Plaine de Versailles (Noirot Cosson, 2016)

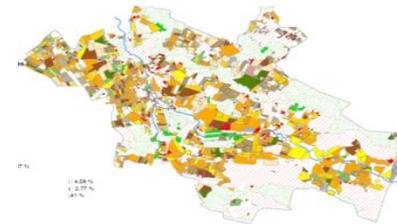
Carbone Organique des Sols (COS)



Cartographie des sols



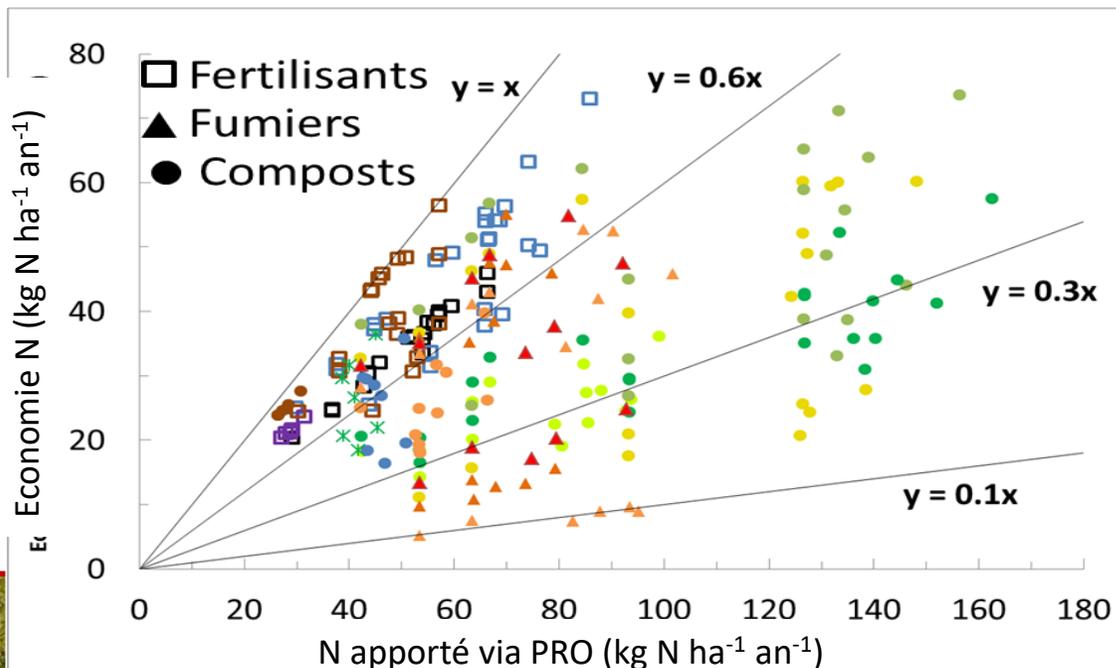
Systèmes de Culture (SdC)



Ressources en PRO

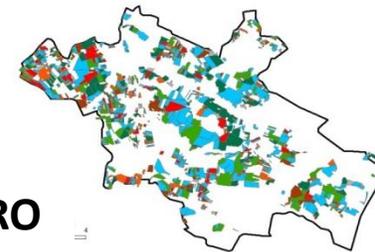


Scénarios d'utilisation des PRO prenant en compte N et P → Modélisation sur 20 ans, prise en compte augmentation MO



1 scénario = 16 simulations (4 sols x 4 teneurs initiales MO)

- Economies N synthèse:
  - ✓ PRO fertilisants > PRO amendants
  - ✓ Certains PRO amendants ≈ fertilisants → moins contraint par P → Plus de N apporté
  - ✓ Effet indirect augmentation MO



## Optimisation de la distribution spatiale des PRO

	Stockage C tC/ha.an	Economie N Kg N/ha. an
Stockage C maximum	0.47	29
Economie N maximum	0.23	53



- La simulation multi-agent du fonctionnement des scénarios de gestion co-construits pour les concevoir, les dimensionner et les évaluer

- Un processus de co-construction porté par les acteurs « urbains » et « ruraux » du territoire et facilité par des chercheurs



niveau institutionnel :

légitimité



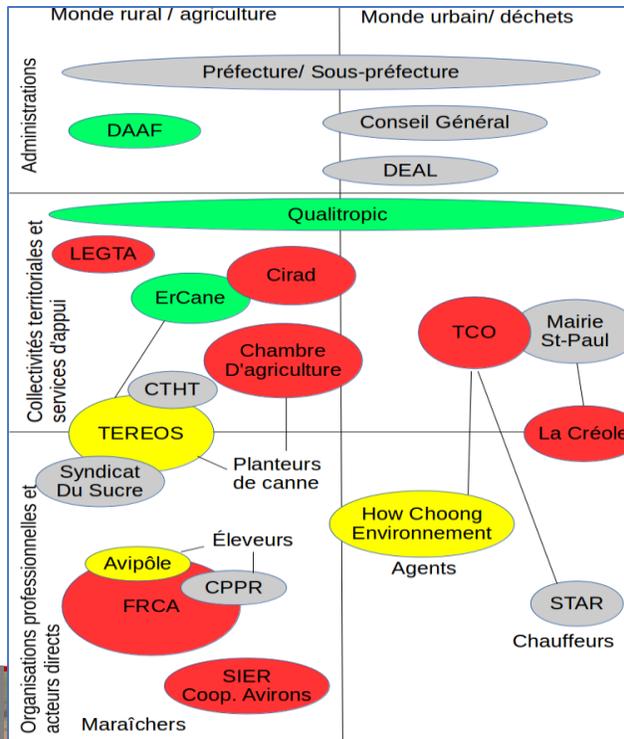
niveau technique :

crédibilité

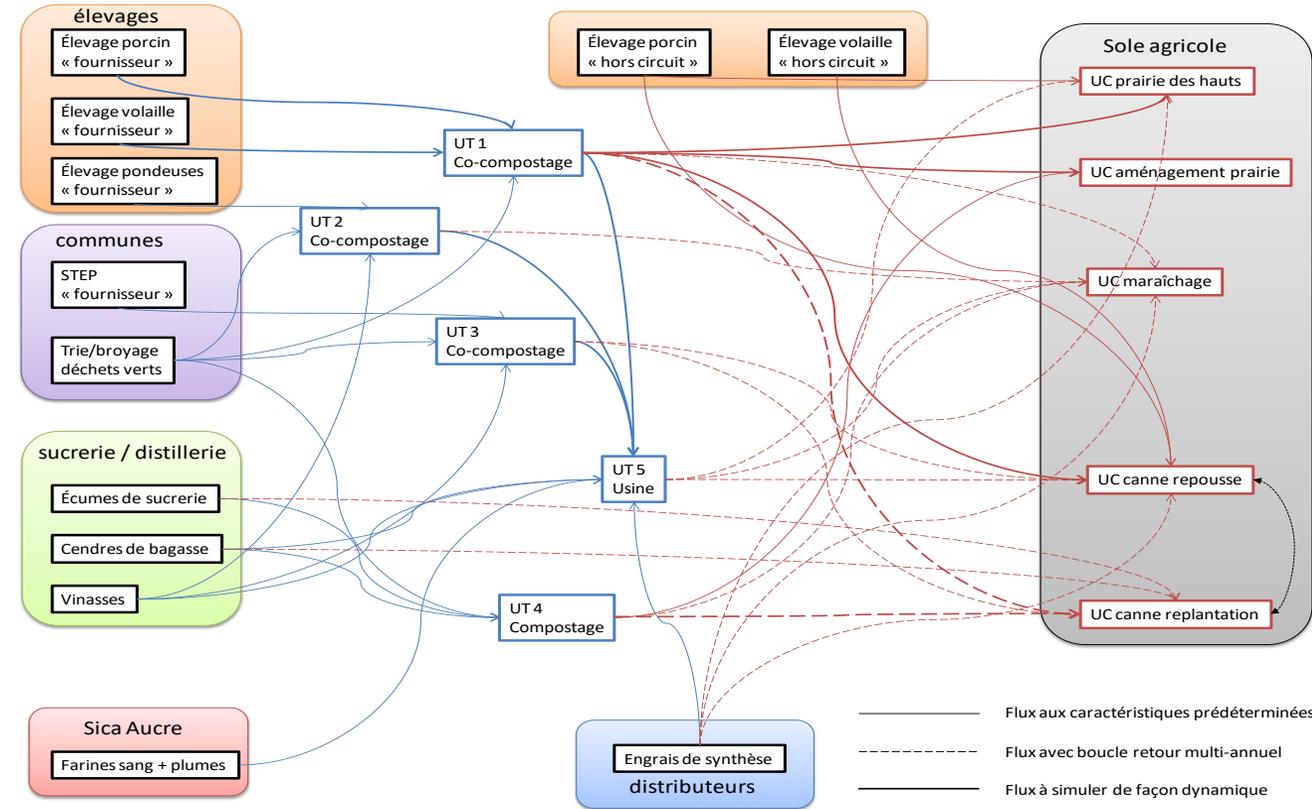


niveau professionnel :

acceptabilité



12 groupes cibles



Modèle UPUTUC → MAELIA-PRO (projet Ademe ProTerr)

# Bilan et perspectives

## • Diversité des PRO: origines, caractéristiques physico-chimiques, effets au champ

- Méthodes de caractérisation/calculateurs → caractéristiques physico-chimiques
  - Liens origines – caractéristiques : typologie de PRO
  - Méthodes de labo → prédire l'effet au champ
  - Bases de données de références analytiques et au champ
- Liens origines – caractéristiques – devenir au champ : **Typologies étendues**
  - BDD: tous les types de PRO
  - Valider passage labo-champ

## • OAD et modèles

- Syst'N et AzoFert® : 25 à 35 PRO paramétrés
  - Modèle AMG paramétré pour PRO
  - Réflexion en cours sur évolution STICS
- Élargir à tous les types (classes) de PRO
  - Lien paramètres modèles et caractéristiques PRO

## • Efficience

- **Epandage**: homogénéité, enfouissement...
  - Lien avec les **caractéristiques physico-chimiques**
  - **Synergie** entre pratiques
  - **Multicritères** et effet d'apports répétés
- Prise en compte épandage dans OAD
  - Prise en compte des systèmes de culture dans leur durée

## • Perspectives : passage au territoire

- Ressources: exploitation → territoire
  - Optimisation des apports pour maximiser les effets ; quels leviers pour optimiser ces usages ?
  - Prise en compte des acteurs et de leurs règles de décision
- Plate forme multi-agents, multi-critères : **MAELIA**

