



Impact de la typologie des digestats sur la fraction en nutriments disponible pour la plante

J. JIMENEZ *, M. GRIGATTI **, D. PATUREAU *, N. BERNET *

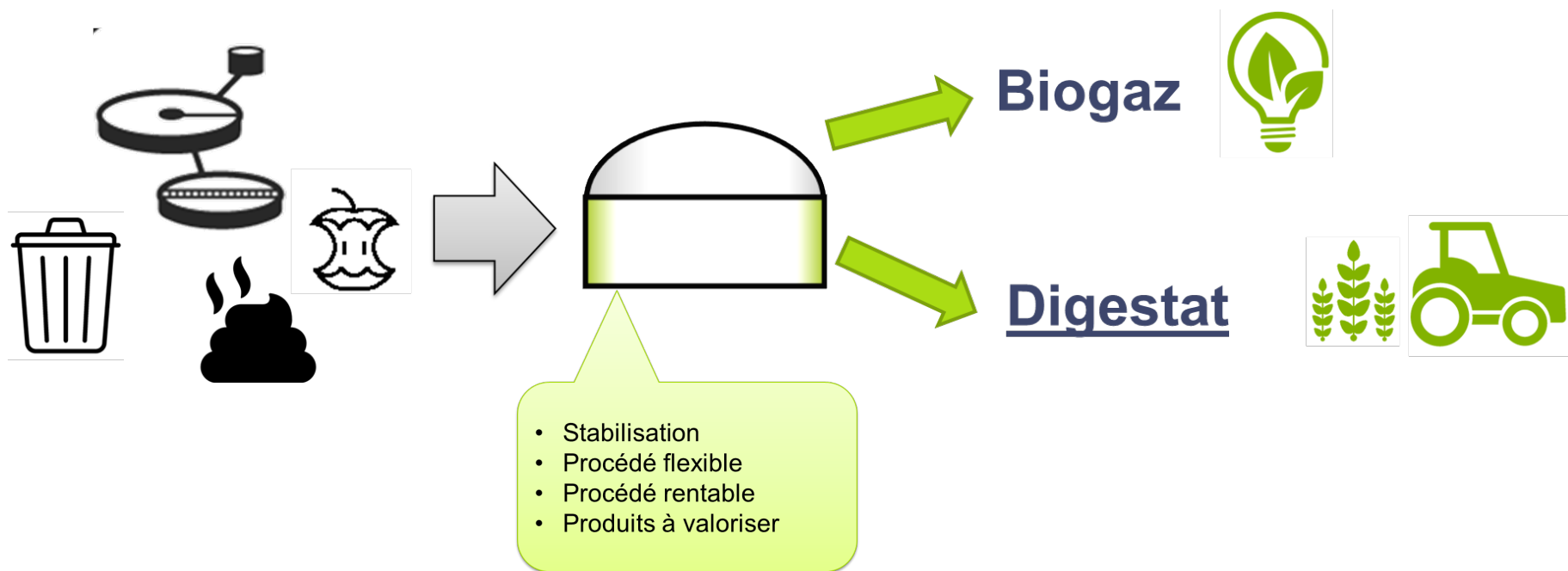


* LBE, Univ Montpellier, INRA, 102 avenue des Etangs, 11100, Narbonne, France

** Department of Agricultural and Food Sciences, Alma Mater Studiorum, University of Bologna, Bologna, Italy



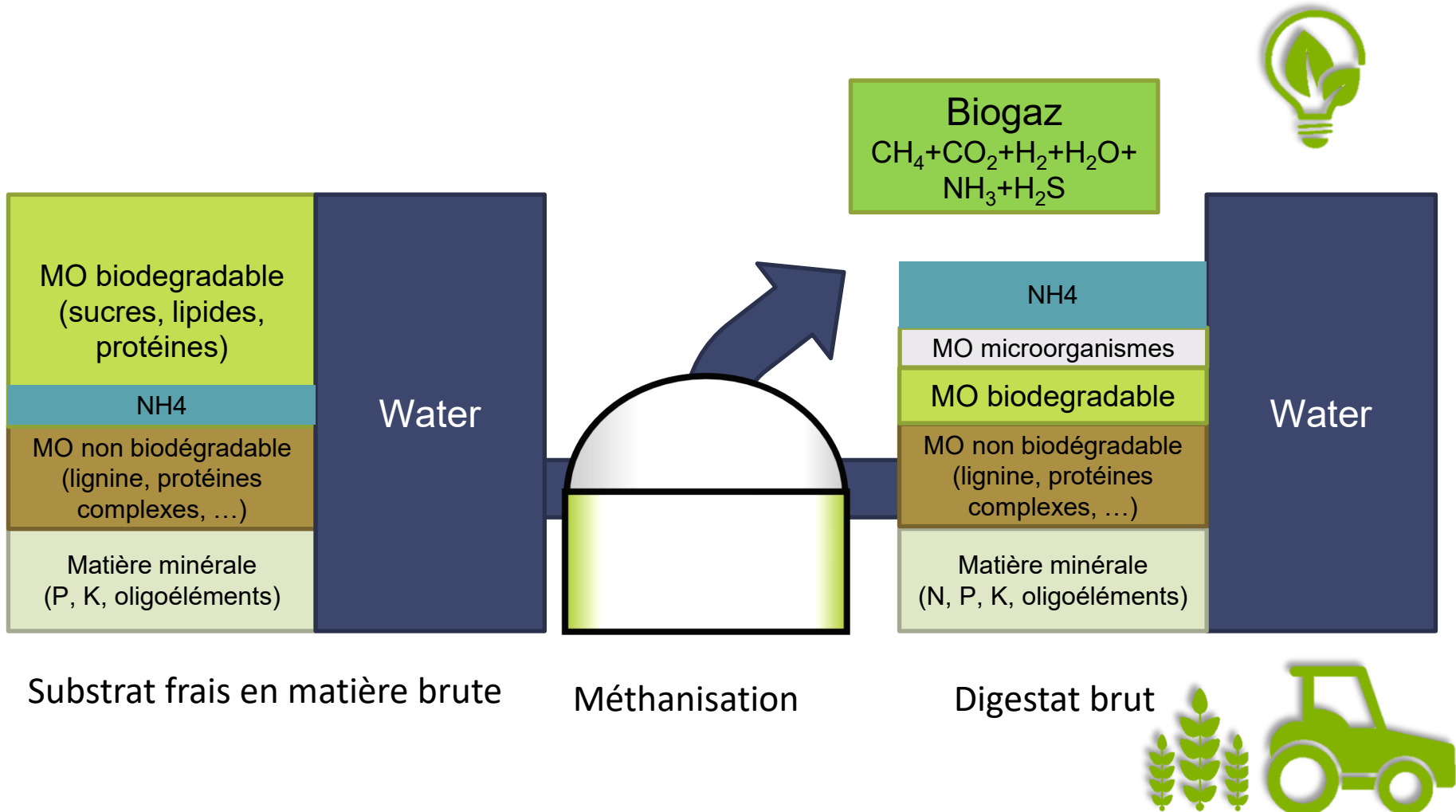
Contexte: méthanisation



Participe au **plan EEMA** (Energie Méthanisation Autonomie Azote) de 2013:
augmenter l'autonomie en énergie et intrants fertilisants pour les exploitations



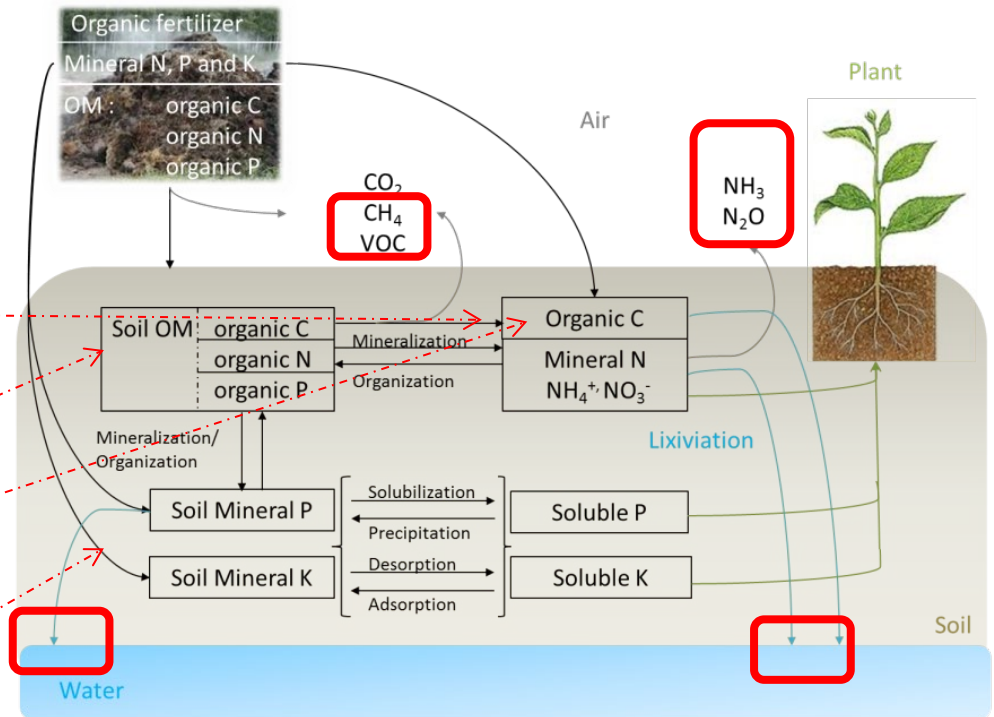
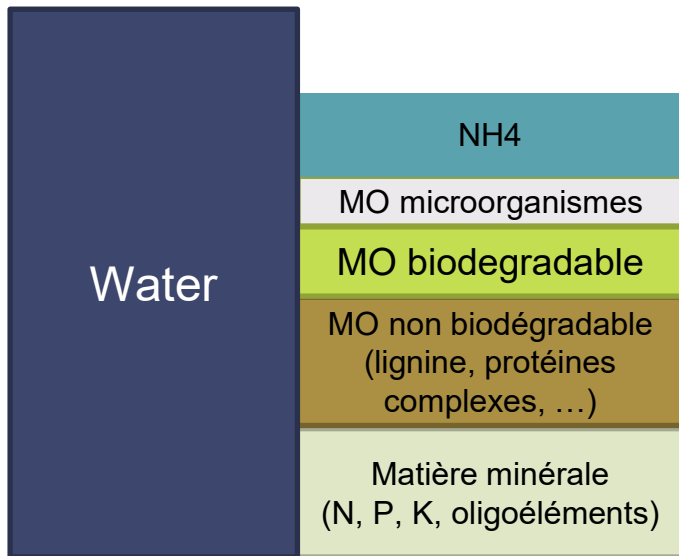
Contexte: méthanisation





Digestats et besoins des agrosystèmes

Digestat brut



OM: organic matter; VOC: volatil organic carbon; N: nitrogen; P: phosphorous; K: potassium; C: carbon; NH₄⁺: ammonium; NO₃⁻: nitrates; CH₄: methane; CO₂: carbon dioxide

**Tous les ingrédients sont là....
 Quel état? Disponible ou non? Stable ?Toxicité ? Effet environnement?**



Digestats et variabilité

Challenge du digestat

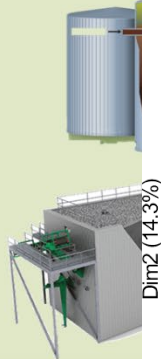
Pas UN mais DES digestats!

- Produit majoritaire (en masse) issu de la digestion anaérobie (DA)
- Mélange de biomasse microbienne, minéraux et matière organique non digérée

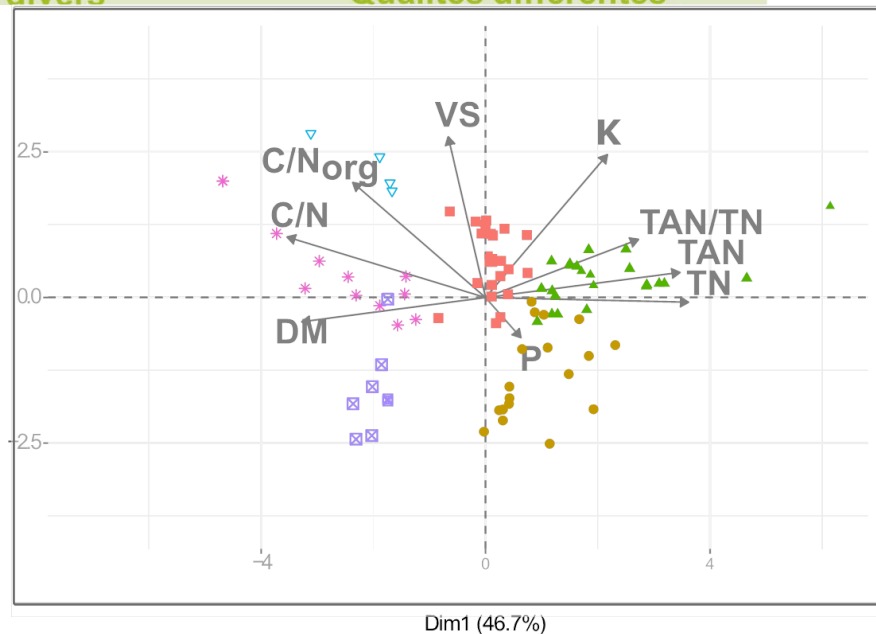
Substrats:
Déchets organiques très variés



Digestion Anaérobie :
Procédés divers



Digestats:
Qualités différentes



Digestate types

- 1. Fibrous feedstock: Cattle slurry, silage mono/co-dig.(n=19/22)
- 2. Sewage sludge, Biowaste, FAI mono/co-digestion (n=18/19)
- ▲ 3. OFMSW, Food Waste, FAI, Pig slurry mono/co-digestion (n=23/23)
- ▽ 4. Manure/other co-digestion (n=4/4)
- ⊠ 5. OFMSW and Biowaste mono/co-digestion (n=6/8)
- * 6. Fibrous feedstock: Cattle manure, green waste, silage (n=11/11)

Guilayn et al. (2019). Valorization of non-agricultural digestates: a review for achieving added-value products.



Objectifs de l'étude et stratégie

Focus sur la valorisation agronomique des digestats....

Les digestats sont capables de substituer tout ou partie des besoins en fertilisants N et P:

- Est-il possible de déterminer un indicateur de caractérisation afin de prédire la disponibilité de N et P des digestats dans le sol?
- Est-ce que la typologie des digestats impacte la disponibilité de N et P pour le sol et plantes? Comment?

- **Stratégie proposée:**

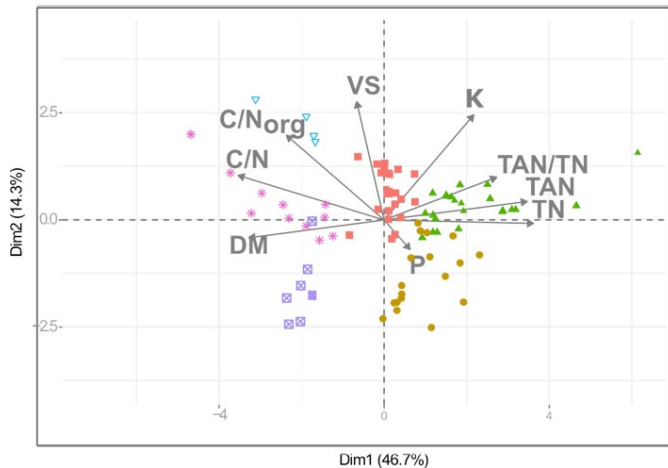
- Choisir un échantillon représentatif par type de digestats identifié
- Appliquer les méthodes de caractérisation existantes de l'accessibilité/disponibilité des éléments N et P aux digestats
- Réaliser des incubations sur sol et des tests en pot afin de mieux comprendre le devenir de N et P issus des digestats après épandage



Matériels et méthodes

Choix des digestats

Typologie obtenue par Guilayn et al. (2019)
basée sur des paramètres agronomiques



Digestate types

- 1. Fibrous feedstock: Cattle slurry, silage mono/co-dig.(n=19/22)
- 2. Sewage sludge, Biowaste, FAI mono/co-digestion (n=18/19)
- ▲ 3. OFMSW, Food Waste, FAI, Pig slurry mono/co-digestion (n=23/23)
- ▼ 4. Manure/other co-digestion (n=4/4)
- 5. OFMSW and Biowaste mono/co-digestion (n=6/8)
- * 6. Fibrous feedstock: Cattle manure, green waste, silage (n=11/11)

Nom	Origine
Agri_1	DA voie sèche batch fumier bovin
Agri_2	DA voie liquide lisier porcin
Agri_3	DA voie sèche paille ensilée
Sludge_1	DA voie liquide boues STEP
Sludge_2	Compost de digestat de boues (Sludge_1)
FFMSW_1	DA voie sèche continue de FFOM
FFMSW_2	Compost de digestats de FFOM
BW_1	DA voie liquide biodéchets
Centr_1	Phase liquide d'un digestat après DA centralisée (surtout substrats agro-industriels)
Centr_2	Phase solide d'un digestat après DA centralisée (surtout substrats agro-industriels)

+ D1 (boues), D2 (boues vinasses), BD (lisier bovins+résidus cultures): Grigatti et al. 2019 -> P

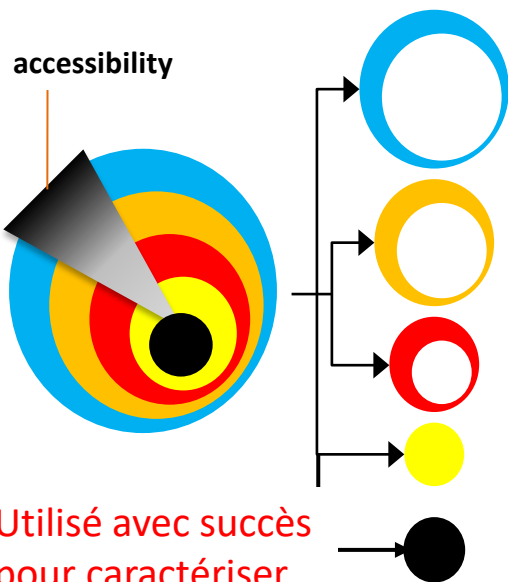
Guilayn et al. (2019). Valorization of non-agricultural digestates: a review for achieving added-value products
Grigatti et al. (2019) Organic wastes as alternative sources of phosphorus for plant nutrition in a calcareous soil



Matériel et méthodes

Analyses globales: MS, MV, C, P (ICP), N (N et C: analyse élémentaire)

Caractérisation de l'accessibilité:



Utilisé avec succès pour caractériser la bioaccessibilité de C et N pendant la DA et au sol

N

SPOM: protéines solubles et NH_4^+
Eau+CaCl2 (10mM), T=30°C x2 (1h)

REOM: protéines faiblement liées
NaCl+NaOH (10mM), T=30°C x 4 (15min)

SEOM: Protéines complexes et substances humiques-like
NaOH (1M), T=30°C x 4 (1h)

PEOM: N organique peu accessible
H2SO4 (72%), T=30°C x 2 (3h)

NEOM: N non extractible

P

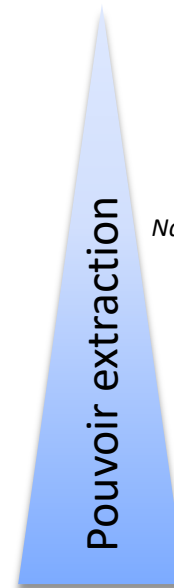
Water-P: P disponible
Eau, T ambiante, x1 (24h)

NaHCO_3 -P: P labile
NaHCO₃ (0.5M), pH= 8.5, T ambiante, x1 (24h)

NaOH-P: P lié aux métaux
NaOH (0.1M), T ambiante, x1 (24h)

HCl-P: P lié au calcium
HCl (1M), T ambiante, x1 (24h)

NEOM-P: P non extractible



Utilisé avec succès pour simuler l'accessibilité du P des composts vis-à-vis du sol et plante



Bioresource Technology
Volume 241, October 2017, Pages 1012-1021



Bioresource Technology 263 (2018) 425–436

Contents lists available at ScienceDirect

Bioresource Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/biortech



Characterization and prediction of organic nitrogen biodegradability during anaerobic digestion: A bioaccessibility approach

Y. Bareha^{a,b,c}, R. Girault^{a,c,*}, J. Jimenez^d, A. Trémier^{b,c}

^a Inraa, UR 0704ALP, 17 av. de Cucillé, CS 64427, F-35044 Rennes, France

^b Université Rennes 1, 21 rue du Thaulier, CS 46510, 35065 Rennes Cedex, France

^c Université Bretagne Loire, France

^d INRA, UR50, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, F-11100 Narbonne, France



Waste Biomass Valor (2015) 6:481–493
DOI 10.1007/s12649-015-9383-2

ORIGINAL PAPER

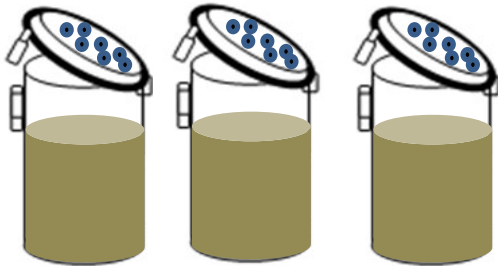
Phosphorus in Digestate Speciation and Plant-A

Marco Grigatti¹ · Elisa Boanini² · Luciano Cavani¹ · Claudio Ciavatta¹ · Claudio Marzadori¹



Matériel et méthodes

Incubations sur sol



- Sol calcaire (Vallée Po, Bologne, Italie)
- **250 g** de sol en triplicat, 25°C;
- Dose Digestat/sol de **170 kg N ha⁻¹**
- Référence chimique Ctrl + : N (NH₄NO₃) et P et K (KH₂PO₄)
- Sol non traité: Ctrl-

- **Olsen-P**: échantillons sols collectés à : **0, 14, 28, 56, 84 jours** et extraits avec 0.5 M NaHCO₃ (pH 8.5), 30 min
- **Mineral N**: échantillons sols collectés à **0, 14, 28, 56 et 84 jours** avec 1M KCl, 30 min

Tous les échantillons de digestats ont été lyophilisés et broyés à 1 mm: incubation (*norme XPU 44-163*) afin de réduire l'effet de la taille des particules sur les incubations et la croissance des plantes

Tests en pots



- **1 kg** de chaque traitement en triplicat.
- **0.8 g de graines de ryegrass Italien** (*Lolium multiflorum subsp. Italicum*), cv. *Sprint*

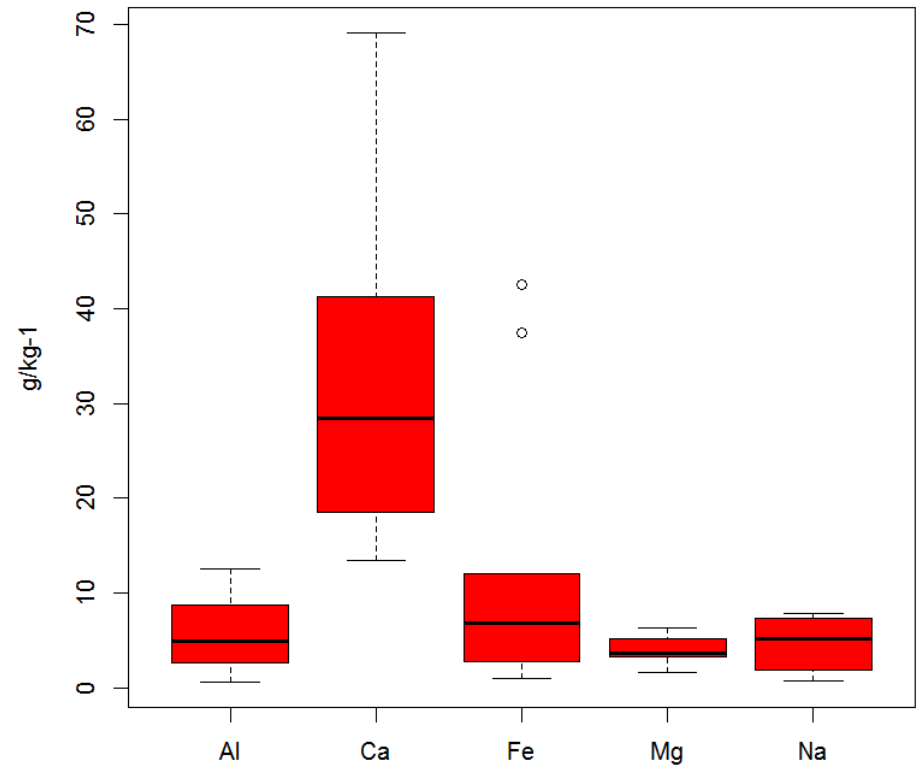
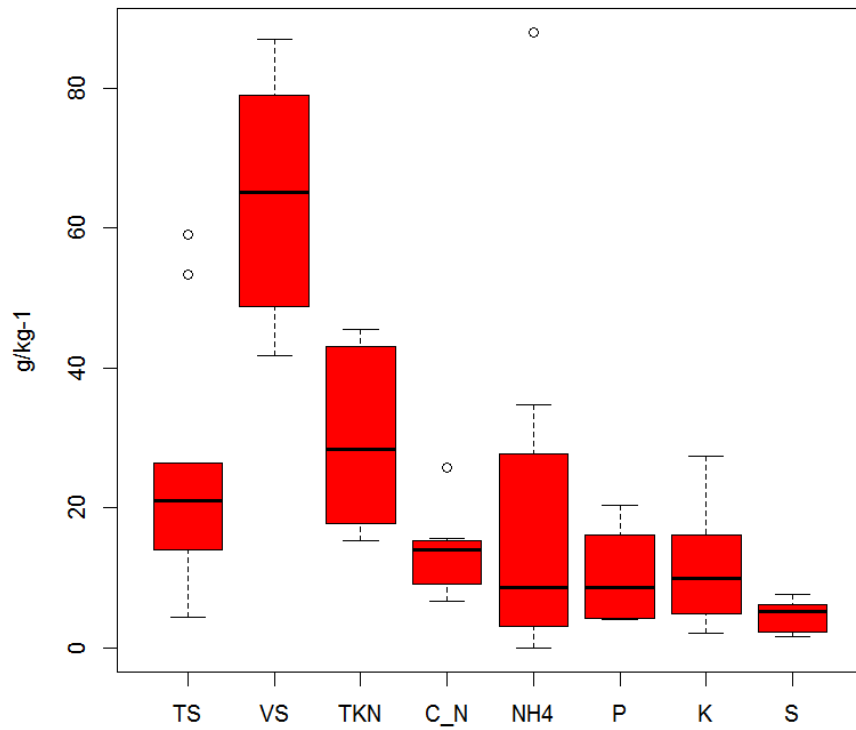
- Récolte: plantes ryegrass coupées et récoltées à **28, 56 and 84 jours** -> « **Shoots** »
- **84 days: Racines** -> « **Roots** »

- Analyses sur les tissus:
MS (Masse sèche), P(ICP), N (analyse élémentaire)



Résultats

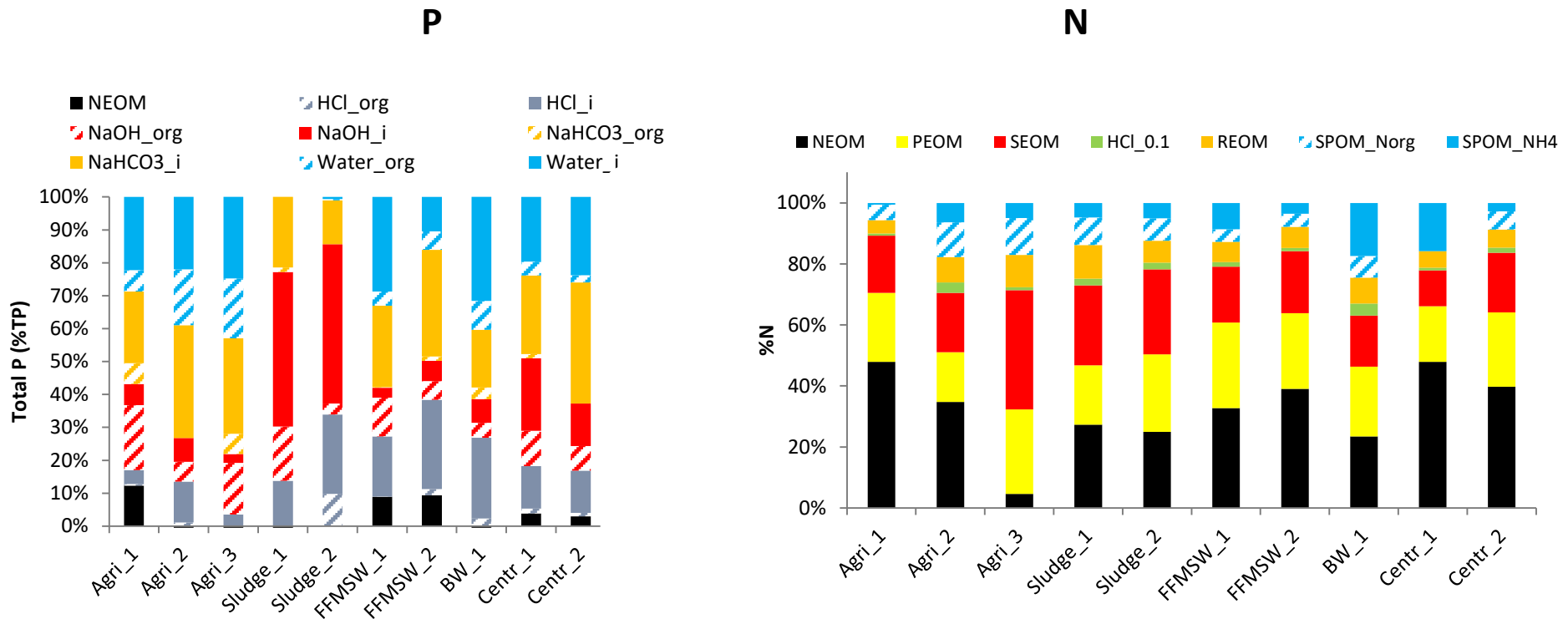
Caractérisation des digestats et variabilité





Résultats

Spéciation N et P des digestats



Grigatti et al. 2019

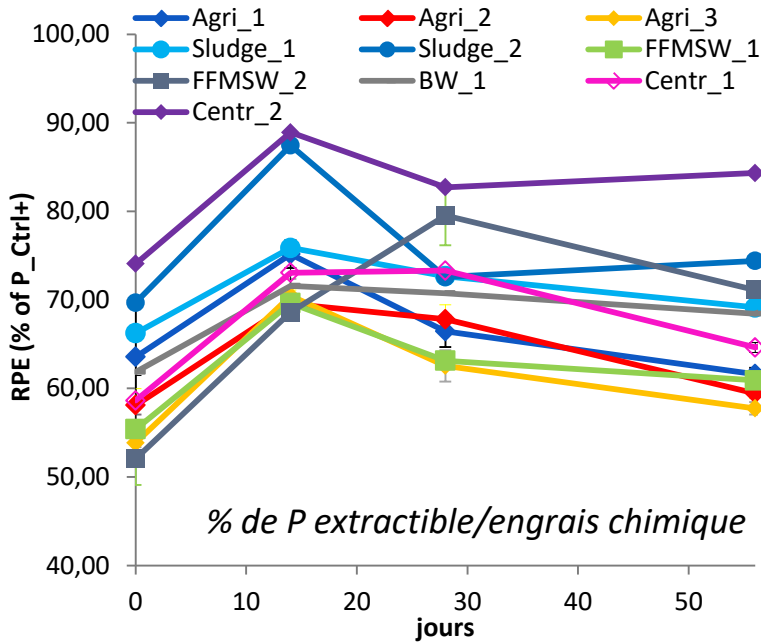
Différents profils d'accessibilité-> différents effets sur la plante?

Grigatti et al. (2019) Organic wastes as alternative sources of phosphorus for plant nutrition in a calcareous soil



Résultats: incubation sol

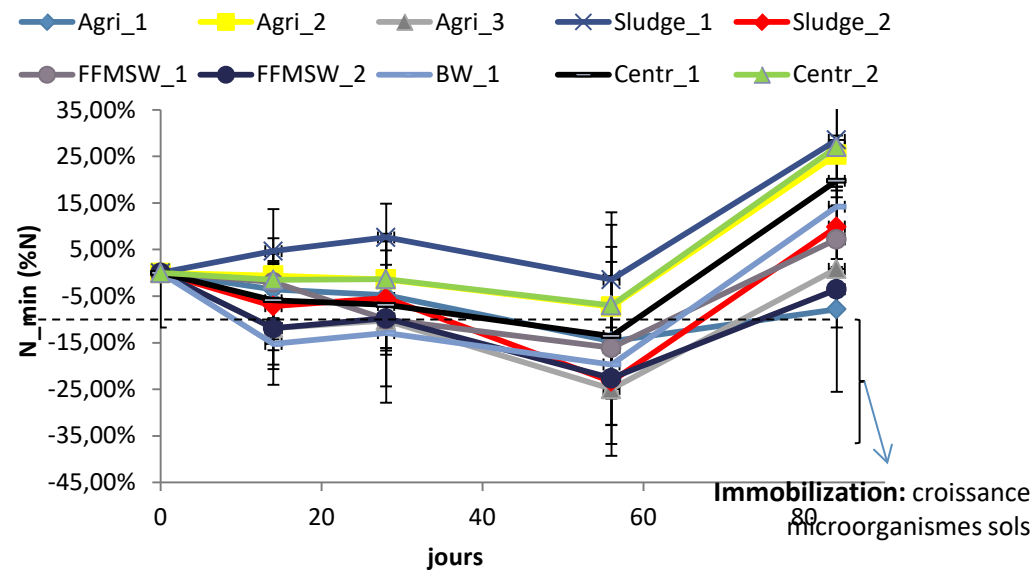
Devenir du P



Traitements par digestats: **50-90% du P chimique référence**, fixation P dans sol faible -> disponibilité pour la plante!

Fixation P : Agri_1, 2 et 3 and FFMSW_1

RPE et Water-P organique corrélés ($r=-0.66$, $p<0.05$)

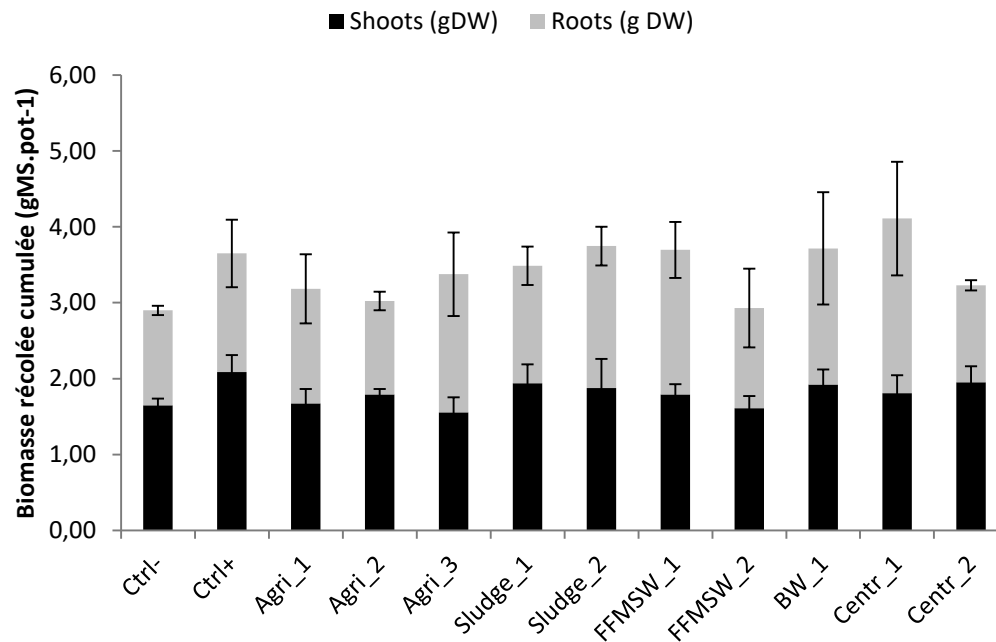
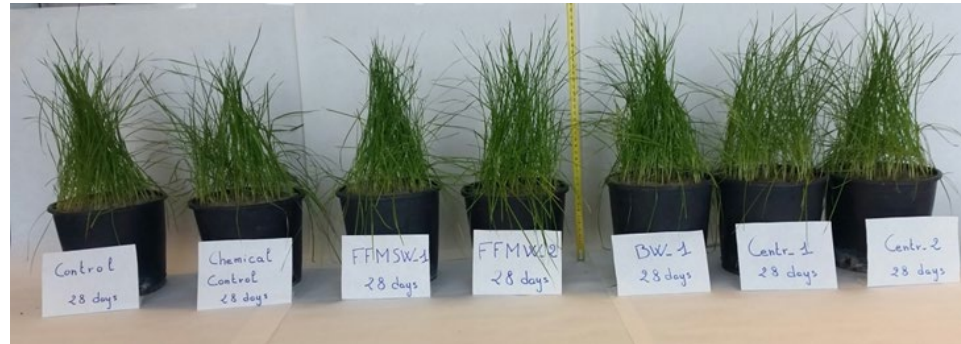


Grande immobilisation de N par microorganismes du sol : effet de la lyophilisation -> perte importante d'ammonium!

N minéralisé corrélé négativement avec C/N et PEOM (N fraction fibreuse, peu accessible) ($r=-0.72$, -0.58 respectivement, $p<0.05$)



Résultats: récolte biomasse



Peu de biomasse: Agri_2,
FFMSW_2, proche de Ctrl-

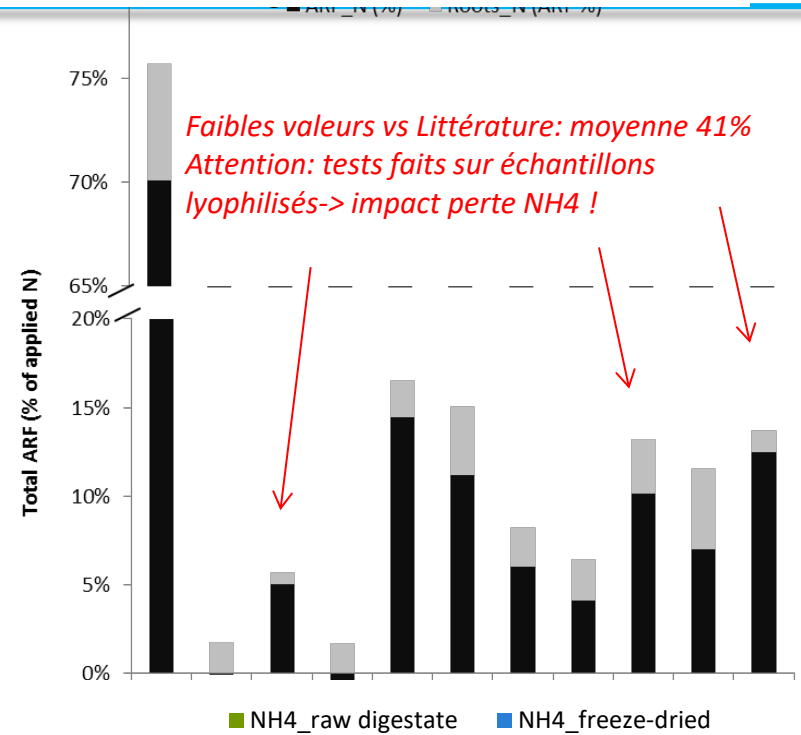
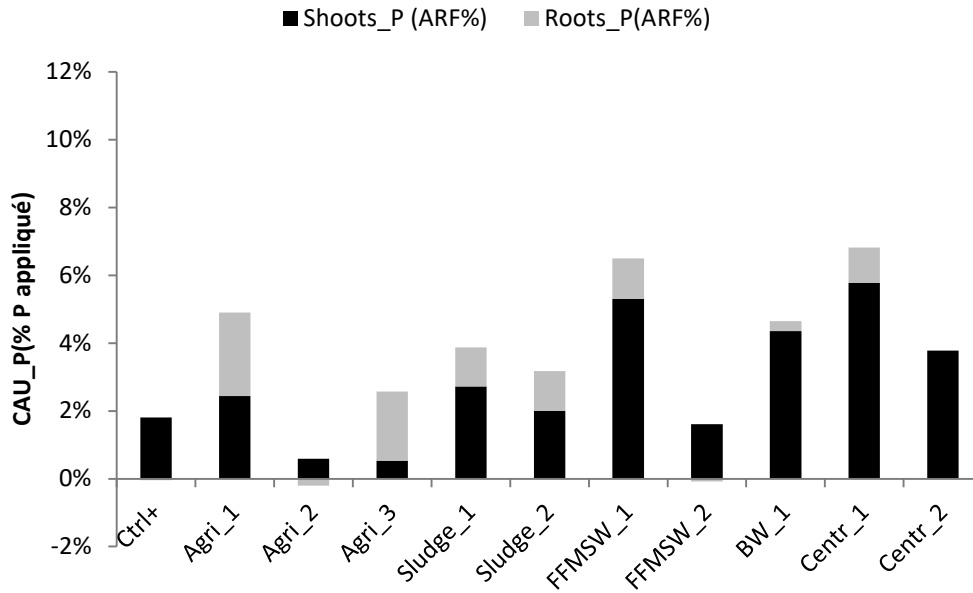
Meilleurs résultats: Centr_1,
BW_1

Pas de différences significatives pour Shoots et Roots : Kruskal-Wallis test $p=0.89$ et 0.23 respectivement



Résultats

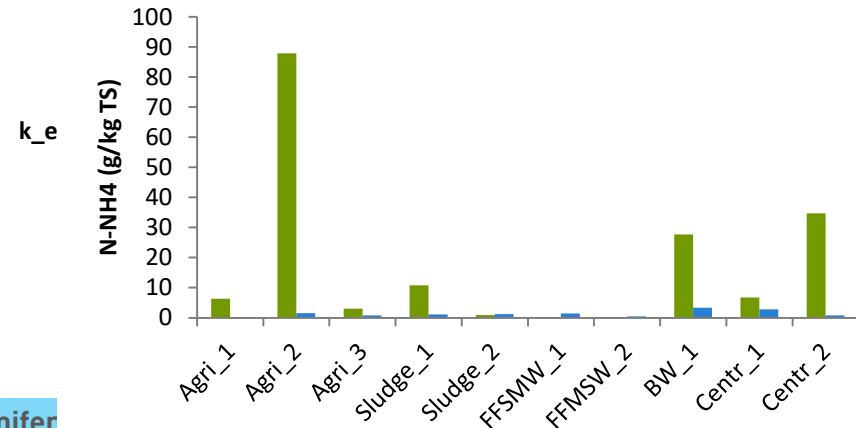
$$CAU (\%) = \sum_{i=1}^3 \frac{C \text{ uptake treatment}_{ti} - C \text{ uptake ctrl}_{-ti}}{C \text{ added}} \times 100$$



Coefficient équivalent engrais: $K_{eq_P} > 100\%$; sauf Agri-2->35%

Centr_1 > FFMSW_1 > BW_1 >
 Agri_1 > Centr_2 > Sludge_1 > Sludge_2 >
 Agri_3 > FFMSW_2 > Agri_2

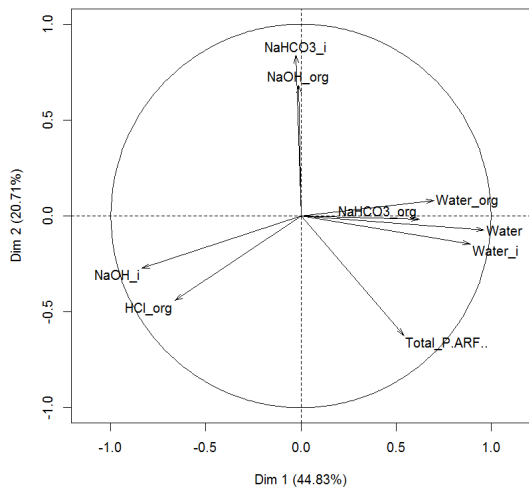
Croissance des plantes affectée par les traitements pour CAU_N et P des Shoots (Kruskall-Willis, $p < 0.021$)



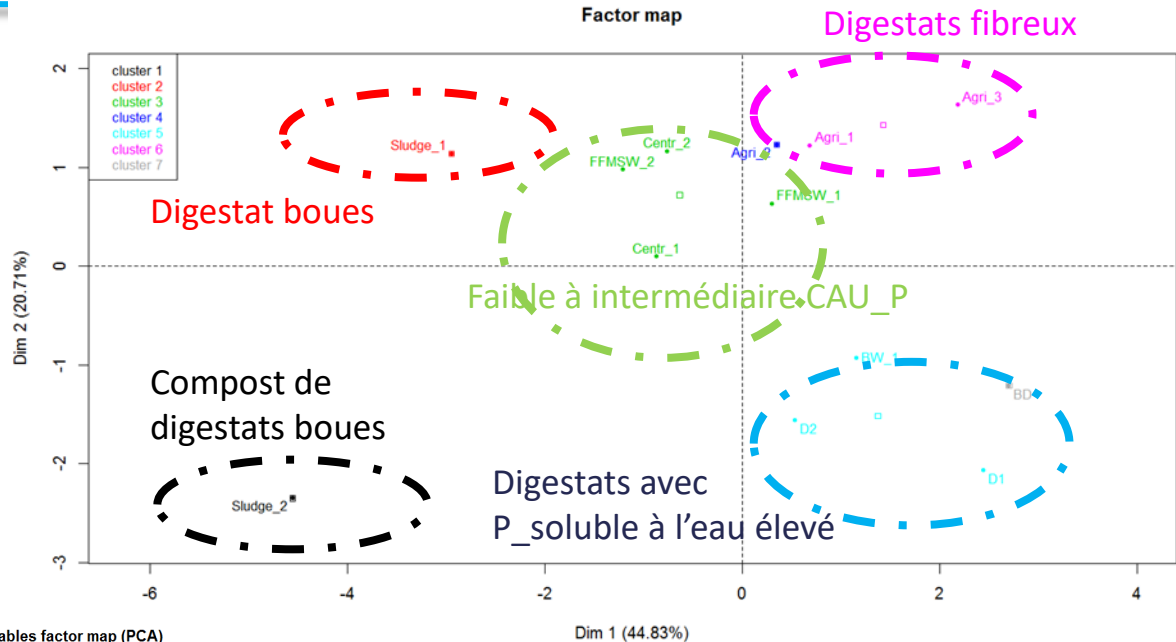


Résultats: corrélations P

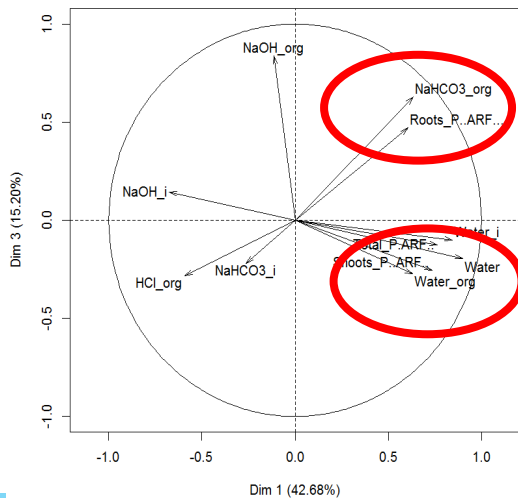
Variables factor map (PCA)



Factor map



Variables factor map (PCA)



NaHCO3_P_organique ($r=0.62$, $p=0.025$)
et CAU_P des tissus racinaires

Water-P ($r=0.49$, $p=0.09$)
et CAU_P des tissus aériens

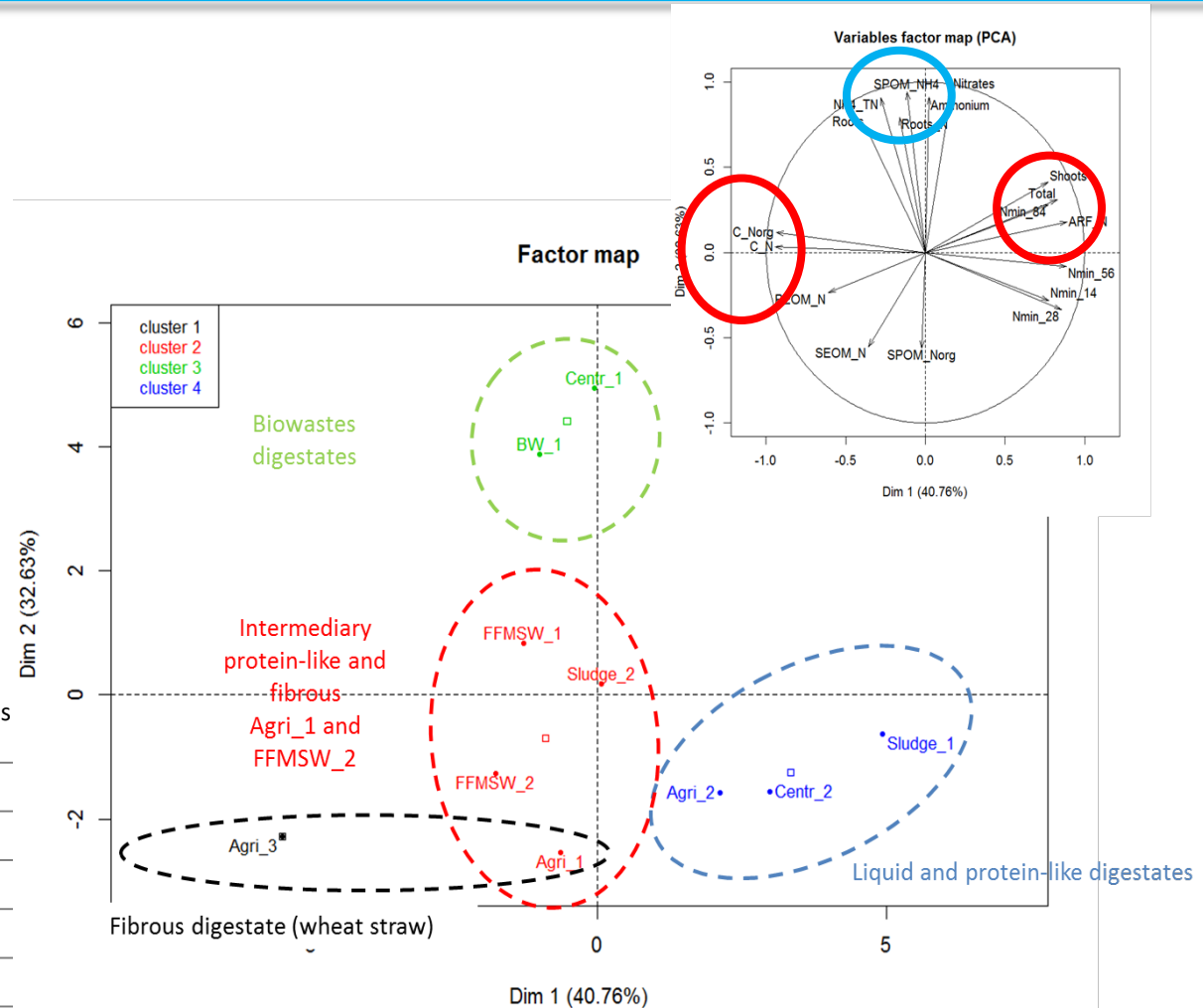
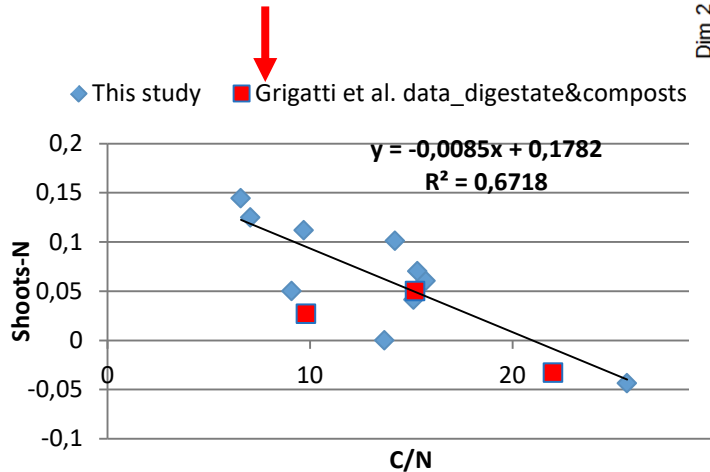


Résultats: corrélations N

CAU_N tissus racinaires
Nitrates ($r=0.72$, $p=0.017$)

SPOM_NH4 ($r=0.61$, $p=0.062$)
SPOM_Norg ($r = -0.59$, $p = 0.067$)

CAU_N tissus aériens
C/N ($r=-0.82$, $p=0.004$)
cf. Decoqman et al. 2017 sur essais céréales





Premières tendances...

- Digestats avec C/N ≥ 15 non conseillés comme fertilisants N
- Impact des procédés de traitement des digestats sur le potentiel fertilisant N et P
 - Séparation de phases: la phase solide du digestat centralisé est plus appropriée comme fertilisant P que la phase liquide, plutôt N fertilisant
 - Compostage : potentiel fertilisant N et P plus faible (digestats boues STEP et FFOM)
- Digestat de lisier de porc testé (Agri_2) : non conseillé comme fertilisant P.
potentiel fertilisant N: résultats à valider -> perte d'ammonium subie pendant la préparation des échantillons.
- Fertilisants N les plus intéressants: digestats de boues, phase liquide digestat centralisé et biodéchet
- Fertilisants P: tous $keq > 100\%$ (sauf Agri_2); les plus élevés : digestats FFOM et phase solide de digestat centralisé
- Digestat de biodéchets testé (BW_1) : digestat ayant à la fois un potentiel élevé en N et P.

ATTENTION: résultats valables pour le type de sol étudié, et plante récoltée



Conclusions

ATTENTION: résultats valables pour le type de sol étudié, et plante récoltée

- Variation de la spéciation de l'accessibilité de N and P des digestats
 - En lien avec les intrants méthanisation (typologie)
 - A un impact sur les cinétiques des incubations sur sols et sur la croissance des plantes
 - Est corrélé avec utilisations des nutriments par sol et plantes
- Coefficient Apparent d'Utilisation des nutriments:
 - Shoots-P: corrélé avec Water-P (soluble et P directement disponible)
 - Roots-P: corrélé avec NaHCO_3 -P organique (P organique labile)

 - Shoots-N: corrélé avec ratio C/N et PEOM-N (caractéristique fibreuse des digestats)
 - Roots-N: corrélé avec SPOM-NH₄ et Nitrates (soluble disponible N minéral)
- **Besoin de**
 - valider la tendance et tester sur **sols contrastés/essais au champ -> guide par type de digestat!**
 - Echantillons bruts non préparés-> conclusion à affiner sur N; pour les digestats, ne pas préparer les échantillons avant tests incubations
 - Utiliser la spéciation pour améliorer l'utilisation des digestats en agronomie
 - Réaliser une stratégie similaire pour les micropolluants (organiques, biologiques, métaux) et autres paramètres ayant un impact environnemental



Merci de votre attention

Remerciements

Ce projet a été financé par la Fondation Agropolis , reference ID 1502-302 dans le programme « Investissements d'avenir » (Labex Agro:ANR-10-LABX-0001-01) et par le projet AgreenskillsPlus financé par l'Europe.