



INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
TOULOUSE



Influence des co-substrats de méthanisation sur la production de biogaz et les caractéristiques agronomiques des digestats

P.Marchand¹, F.Levavasseur¹, Y. Delaunay¹; H.Fisgativa²,
F.Béline², J.Jimenez³, B.Zennaro⁴, C. Charnier⁴, C. Richard⁵,
G.Accarion⁶, S.Houot¹

1 INRAE-AgroParisTech-ECOSYS, Grignon; 2 INRAEE-Opaale, Rennes ; 3 INRAE-LBE, Narbonne; 4 BioEnTech, Villeurbanne; 5 ENGIE, Saint-Denis; 6 Akajoule, Saint-Nazaire.

en partenariat avec

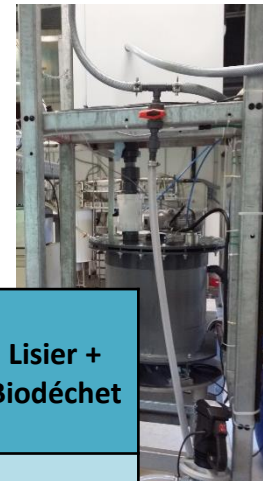


Introduction

- MAPPED : création de recettes d'alimentation pour une production de biogaz constante dans le temps
- La qualité agronomique des digestats est influencée par la recette d'alimentation des unités de méthanisation
- Prédire la qualité des digestats à partir des intrants en méthanisation
- Procédés → simulation avec ADM1 → caractéristiques des digestats et production de biogaz
- Étude de l'intérêt agronomique des digestats (potentiel amendant et valeur fertilisante N) : connexion possible entre les modèles ADM1 et STICS simulant le devenir dans les sols des digestats

Production de digestats « pilote »

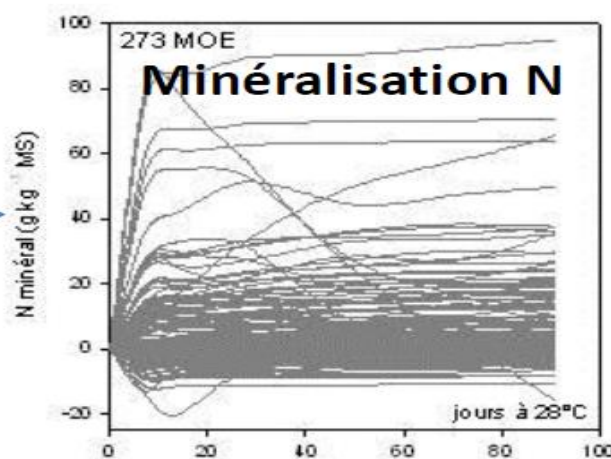
Henri Fisgativa, IRSTEA Rennes



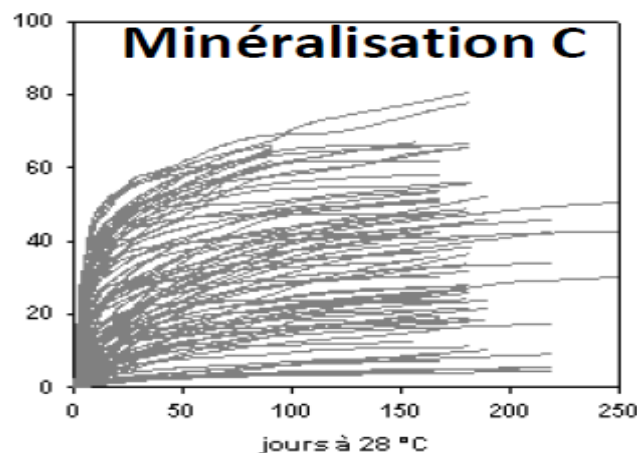
Paramètres	Unités	Lisier + Résidus aliment bétails	Lisier + Ensilage maïs	Lisier + Fumier bovin	Lisier + Aliment Chevaux	Lisier + Biodéchets
Paramètres pilotes						
Volume du réacteur	Litres	88	87.5	88	87	35.5
Volume du ciel gazeux	Litres	42	42.5	42	63	14.5
Temps de séjour hydraulique	Jours	23.7	24.5	23.7	40.6	20.7
Température du réacteur (°C)	°C	38	38	38	38	38
Recette d'alimentation (massique)						
Lisier de porcs	%	92.3	80	61.5	93.1	78
Aliment pour chevaux	%	-	-	-	6.9	2
Biodéchets	%	-	-	-	-	20
Ensilage Maïs	%	-	20	-	-	-
Fumier Bovin	%	-	-	38.5	-	-
Résidus aliments bétail	%	7.7	-	-	-	-

Evaluation de la valeur agronomique des digestats

Incubations sur sol en conditions contrôlées de laboratoire

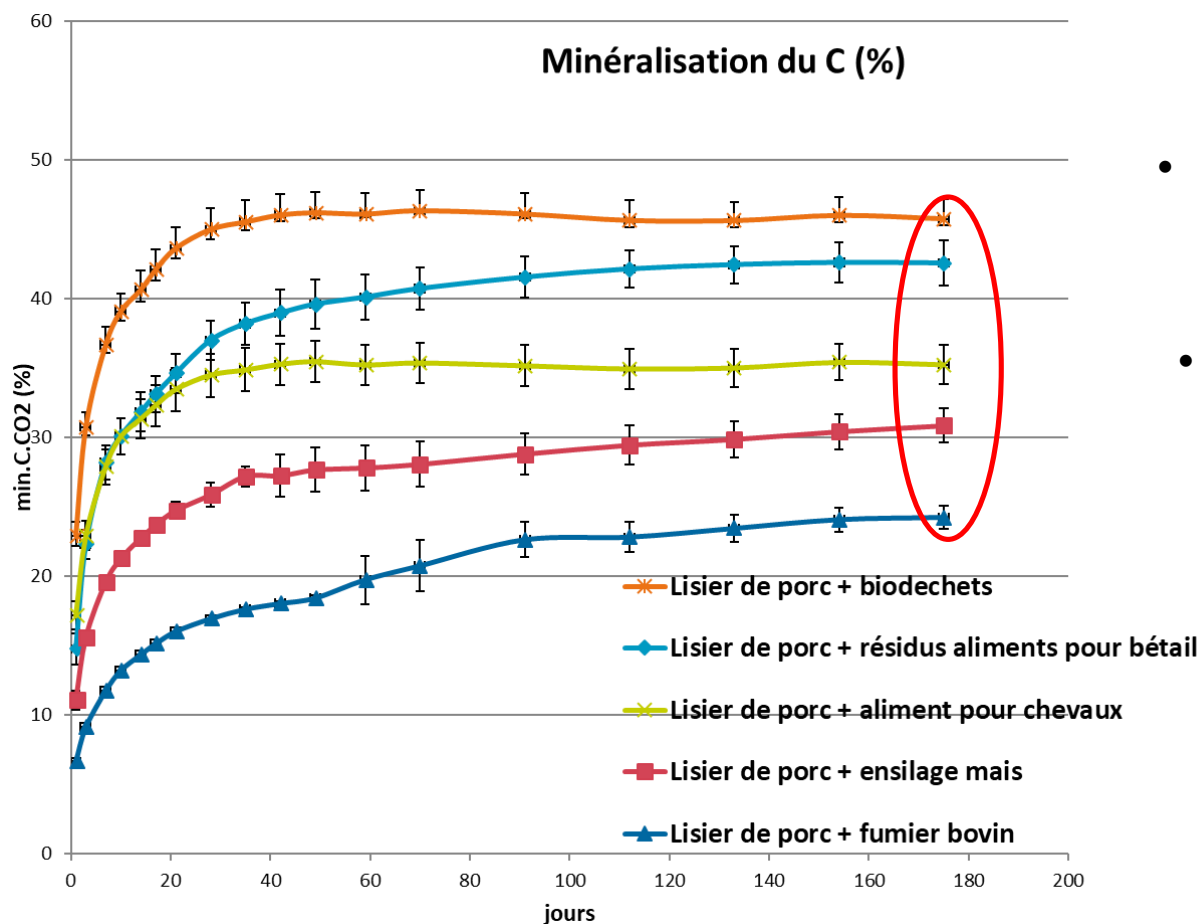


Evolution N minéral
→ **potentiel fertilisant:**
Minéralisation N organique + N minéral (NH₄ et NO₃)



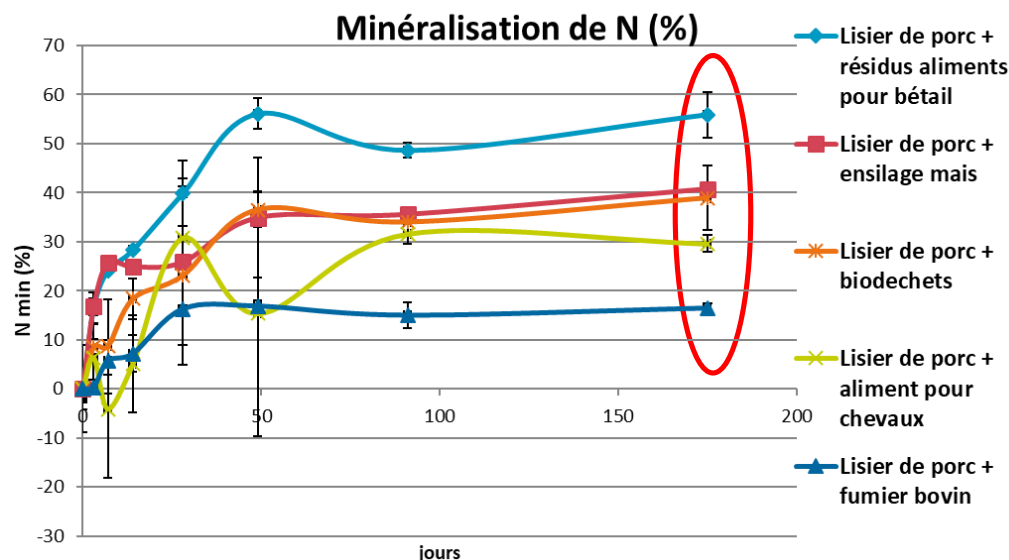
Potentiel amendant (Stockage C):
Minéralisation C → Stabilité du C

Stabilité de la matière organique des digestats

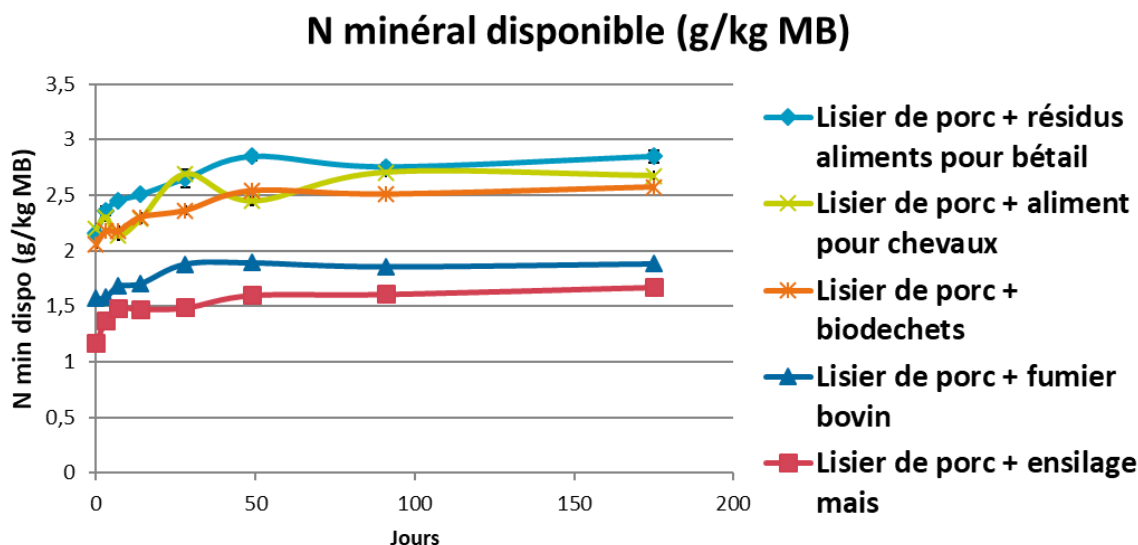


- Variation en fonction du mélange entrant des digestats
- Stabilité : lisier de porc + biodéchets << lisier + fumier bovins

Intérêt fertilisant: N minéral disponible



- Variation en fonction des digestats



- N minéral disponible:
- Classement similaire à celui du carbone

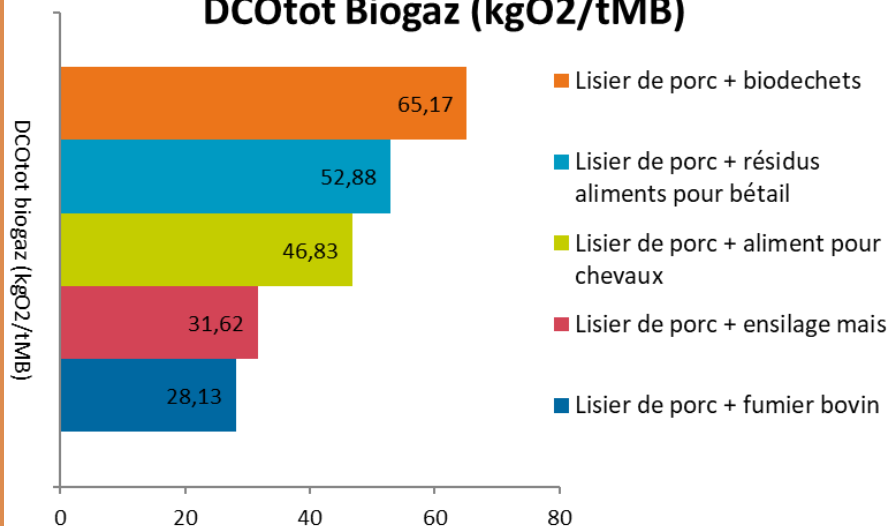
Intérêt agronomique et biogaz: bilan

Pour 1t de mélange entrant = 1t de digestat

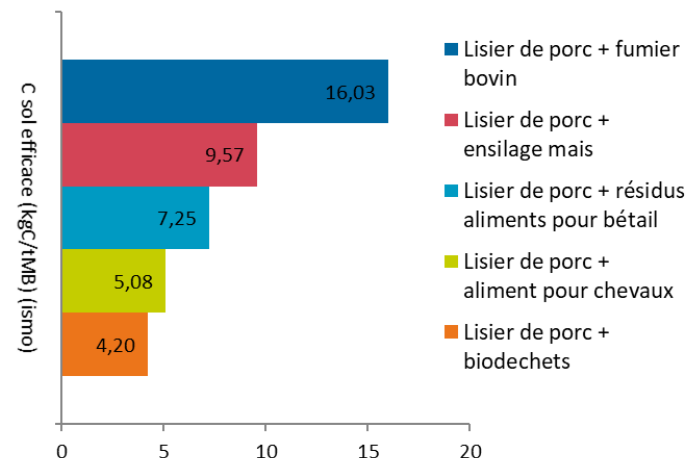
Digestats	Lisier de porc + Résidu aliments bétails	Lisier de porc + Ensilage maïs	Lisier de porc + Fumier de bovin	Lisier de porc + Aliment pour chevaux	Lisier de porc + Biodéchets
NTK (kgN/tMB)	3.4	2.6	3.0	3.2	3.0
N minéral dispo à 175j (% NT)	84	64	63	83	84
N minéral dispo (kgN/tMB)	2.8	1.7	1.9	2.7	2.6
COT (kgC/tMB)	12.4	17.0	25.4	10.5	9.0
%Corg résiduel	57	69	76	65	54
% Corg ISMO	58	56	63	49	47
C sol efficace (kgC/tMB) (C rési)	7.1	11.8	19.2	6.8	4.9
C sol efficace (kgC/tMB) (ismo)	7.3	9.6	16.0	5.1	4.2
DCOtot recette (kgO2/tMB)	94.8	83.7	113.0	85.8	103.1
DCOtot restante (kgO2/tMB)	41.9	52.1	84.9	39	37.9
DCOtot biogaz (kgO2/tMB)	52.9	31.6	28.1	46.8	65.2

Intérêt agronomique et biogaz: bilan

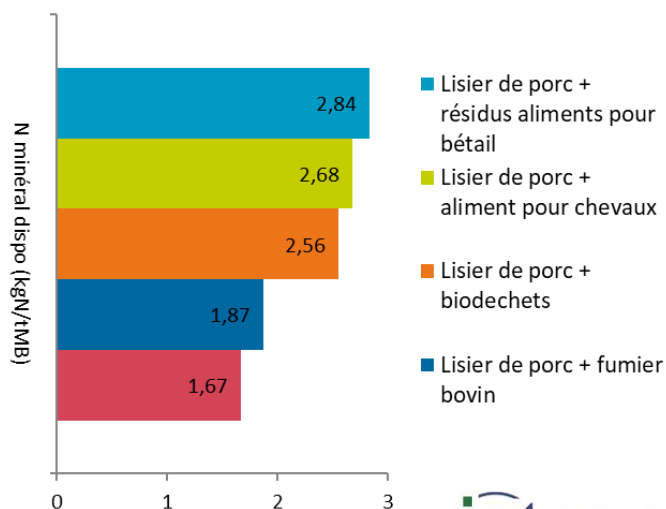
DCOt_{tot} Biogaz (kgO₂/tMB)



C sol efficace (kgC/tMB)



N dispo (kgN/tMB)

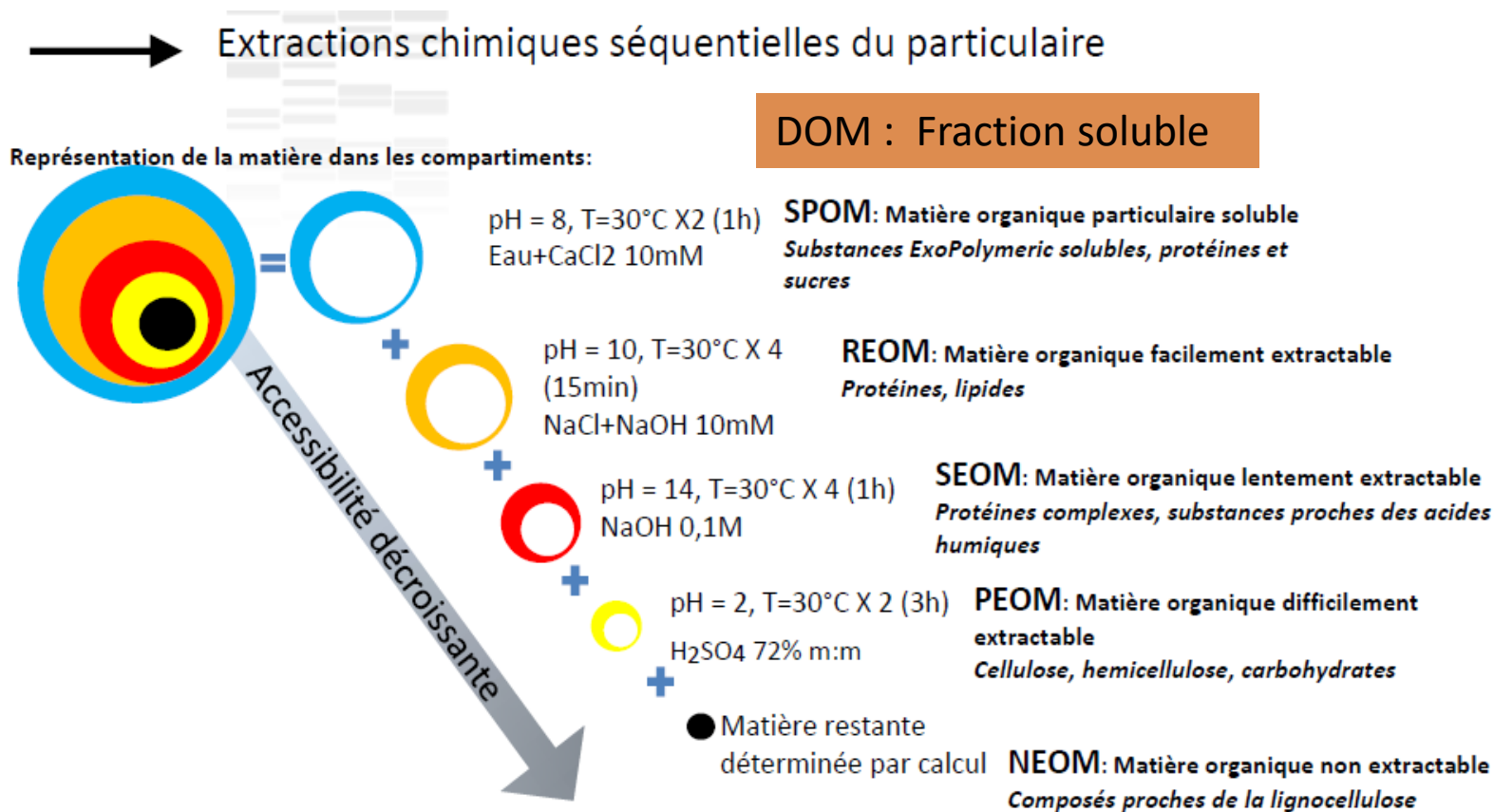


- Les digestats présentant **des productions de biogaz les plus élevées** vont potentiellement fournir **plus d'azote** mais **moins de C stable** pour le sol
- Inversement, les digestats avec une **production de biogaz plus faible** permettent un **stockage plus important du C** du sol mais **moins d'N disponible**.

Lien entre intérêt agronomique et caractéristiques des digestats

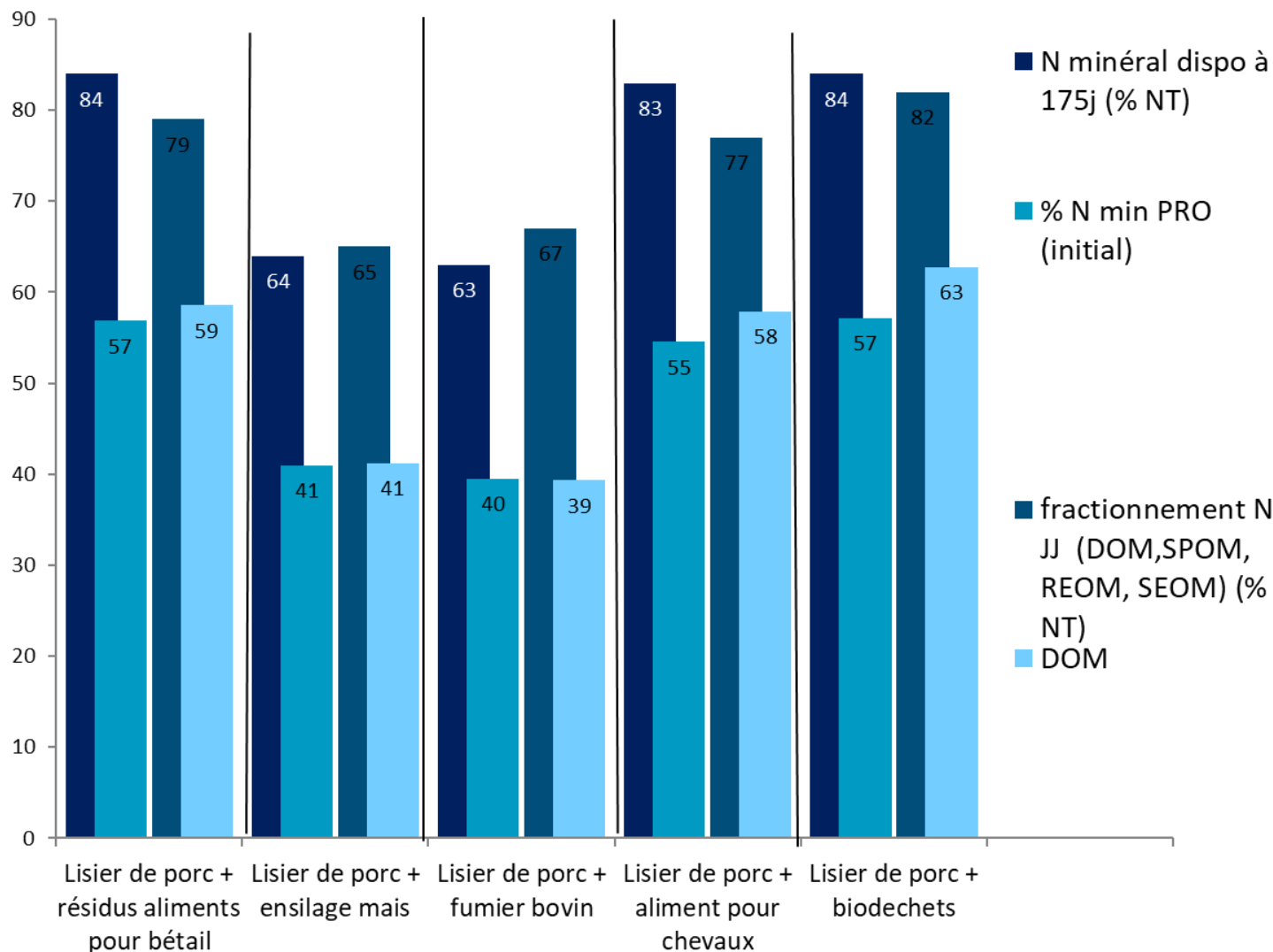
Prédiction des intérêts agronomiques

Prédiction analytique: Fractionnement biochimique des digestats



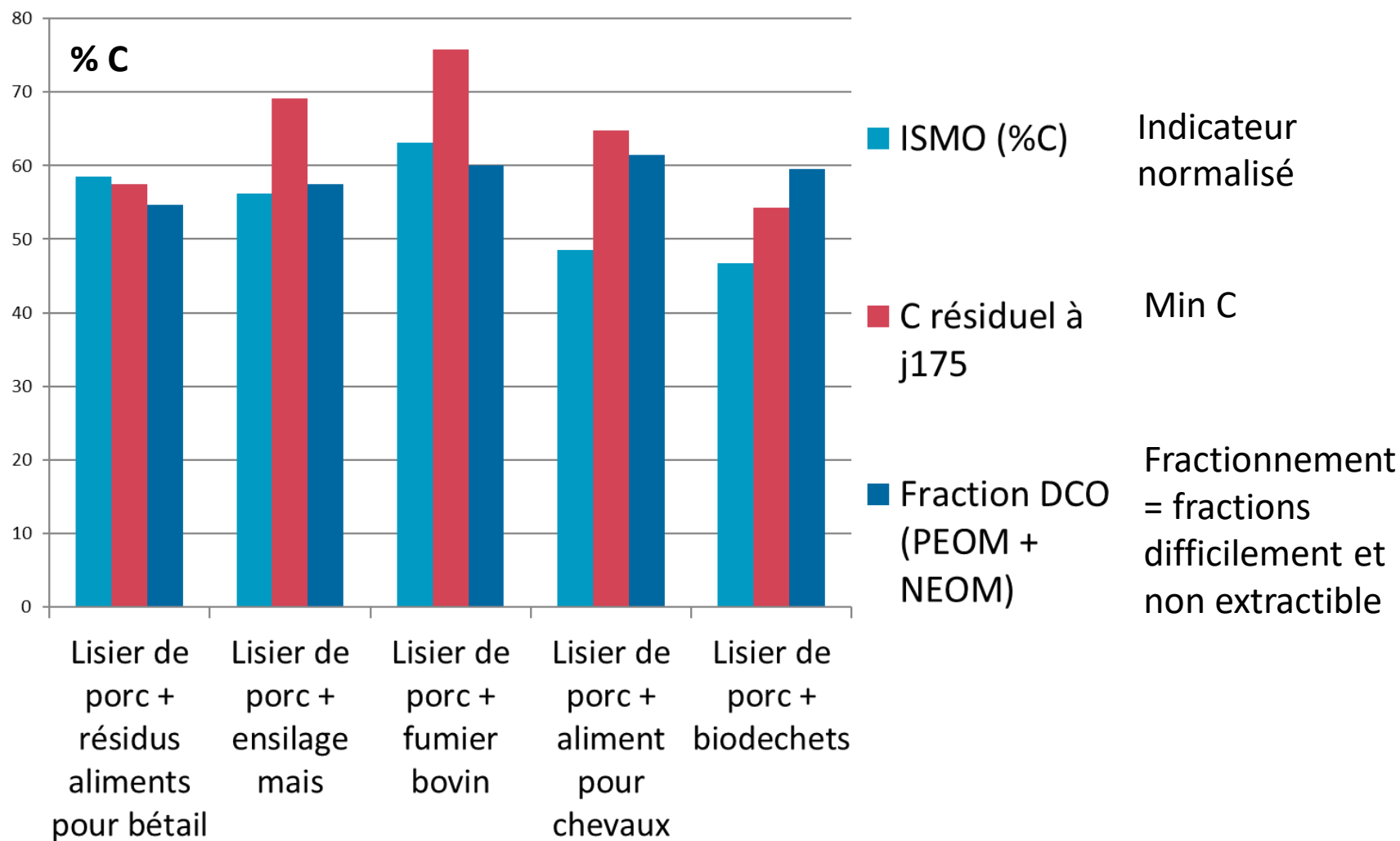
(Jimenez et al., 2015)

Comparaison entre N disponible et fractions du N



- Fraction DOM \approx N minéral
- N potentiellement disponible: $N_{total} - N_{PEOM} + NEOM$

C efficace pour le sol et fractions du C



Simulation des digestats à l'issue de la méthanisation (ADM1)

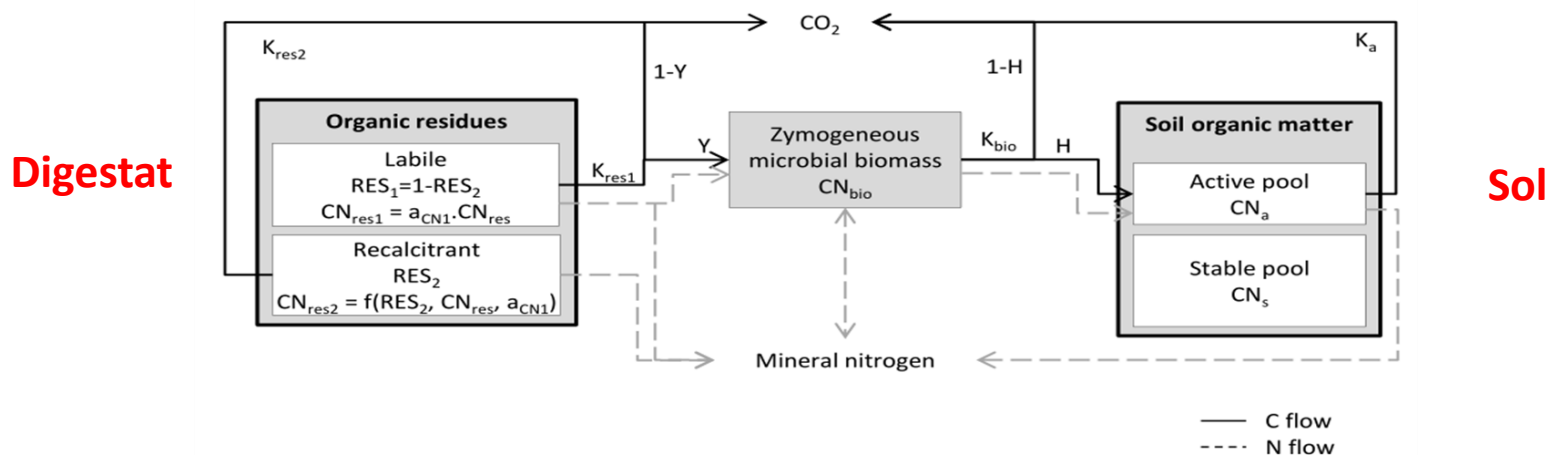
isation 8-10 septembre 2020 - Toulouse

Fractionnement de la matière organique

- Une fraction facilement biodégradable et directement assimilable (S_s)
- Une fraction lentement biodégradable et nécessitant une hydrolyse (X_s)
- Une fraction inerte (X_i)
- Biomasse microbienne du méthaniseur

		Lisier de porc + résidus aliments pour bétail	Lisier de porc + ensilage maïs	Lisier de porc + fumier bovin	Lisier de porc + aliment pour chevaux	Lisier de porc + biodechets
Formes finales du C (%C) (ADM1)	C biodégradable	21	13	7	21	22
	C lentement biodégradable	21	18	16	7	19
	C inerte particulaire	41	49	74	58	43
	C biomasse	16	20	4	14	17
Fractions labile et récalcitrante (%C)	fraction Labile	43	31	22	28	40
	fraction Récalcitrante	57	69	78	72	60

Simulation de la valeur fertilisante des digestats (STICS)

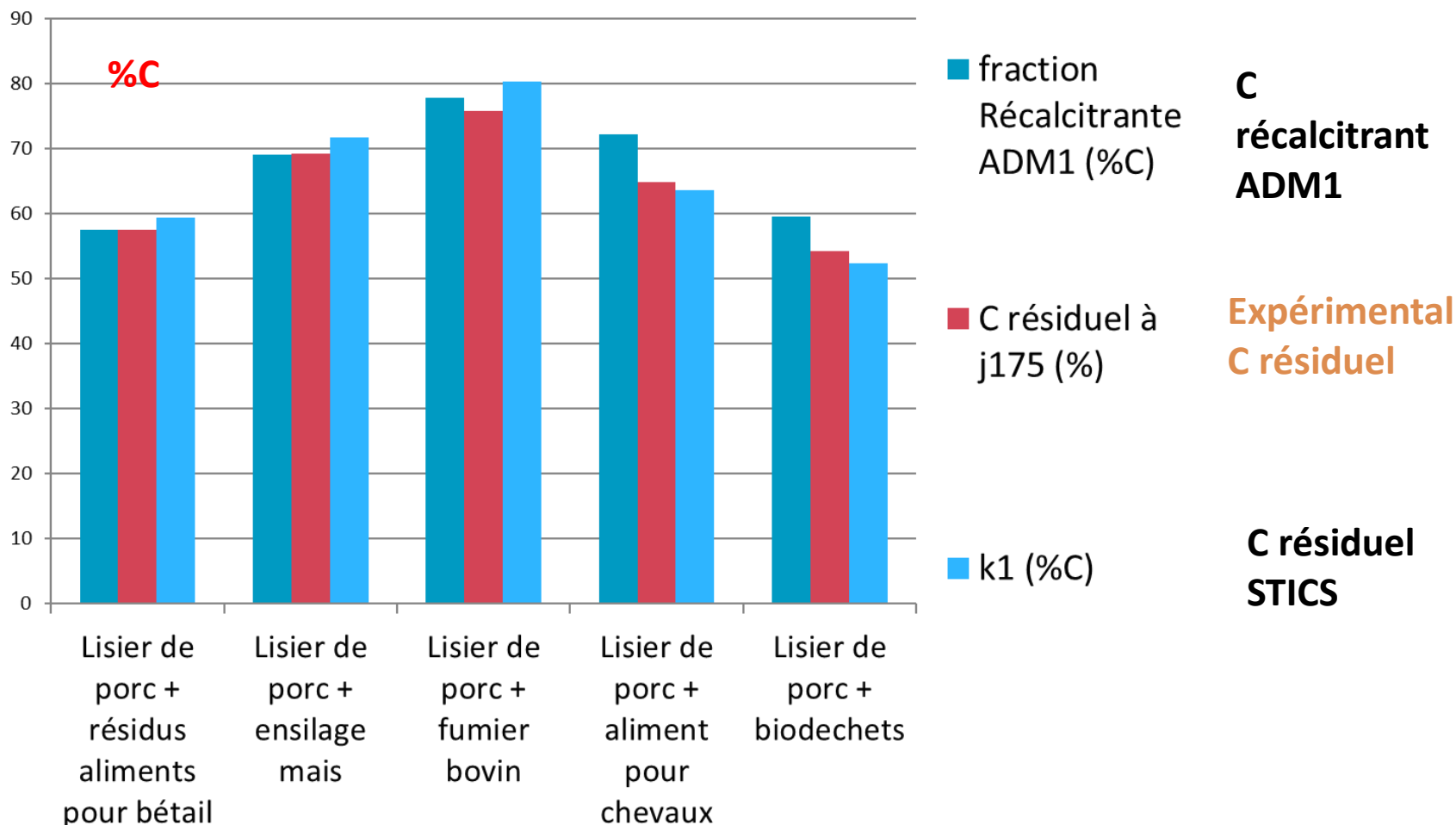


Digestat	Lisier de porc + résidus aliments pour bétail	Lisier de porc + ensilage maïs	Lisier de porc + fumier bovin	Lisier de porc + aliment pour chevaux	Lisier de porc + biodechets
Compartiment labile STICS (%C)	62	43	30	56	73
Compartiment récalcitrant STICS (%C)	38	57	70	44	27
% de C incorporé dans le sol (C résiduel)	59	72	80	64	52

$$K1 = C_{res2} + (C_{res1} * Y * H)$$

Bonne correspondance entre ADM1 et STICS

Prédire le C récalcitrant → la valeur amendante des digestats



Corrélations entre compartiments

Matrice de corrélation	fraction recalcitrante ADM1 (%C)	C résiduel (%C) K1 STICS	C résiduel a j175 (minC)
fraction recalcitrante ADM1 (%C)	1	0.86	0.92
C résiduel (%C) K1 STICS	0.86	1	0.99
C résiduel a j175 (minC)	0.92	0.99	1
ISMO (%C)	0.36	0.76	0.65
Fractions DCO PEOM + NEOM	0.66	0.19	0.33

- C résiduel des minéralisations et coefficient humique K1 de STICS
- fraction récalcitrante d'ADM1 et coefficient humique K1 de STICS
- ISMO et K1 de STICS
- Fraction récalcitrante d'ADM1 et fraction PEOM+NEOM

Conclusion

- Les caractéristiques agronomiques des digestats varient avec les recettes entrantes (intérêt fertilisant N et le potentiel amendant C)
- Plus le rapport C/N du mélange et/ou du digestat est élevé, plus il y a de stockage de C dans le sol mais moins d'azote disponible et de DCO biogaz potentielle
- À l'inverse un C/N plus petit amènerait plus d'azote disponible ainsi que plus de DCO biogaz (dans notre échantillon)
- La prédiction avec ADM1 du C récalcitrant des digestats (C résiduel) est bien corrélée avec la prédiction de STICS du C restant dans le sol après apport (coefficient isohumique des digestats) .
- Résultats prometteurs aussi pour le lien entre fractions labile et recalcitrante d'ADM1 et les 2 compartiments de STICS
- Fractionnement chimique et ISMO prometteurs pour prédire ces valeurs fertilisantes hors modélisation

Merci de votre attention