

Avec le soutien de

Prédire et comprendre la qualité de la matière organique des digestats pour l'évaluation de leur stabilité en carbone organique au sol

David Fernández-Domínguez^{a,*}, Dominique Patureau^a, Sabine Houot^b, Nicolas Sertillanges^a,
Bastien Zennaro^a, **Julie Jimenez**^a

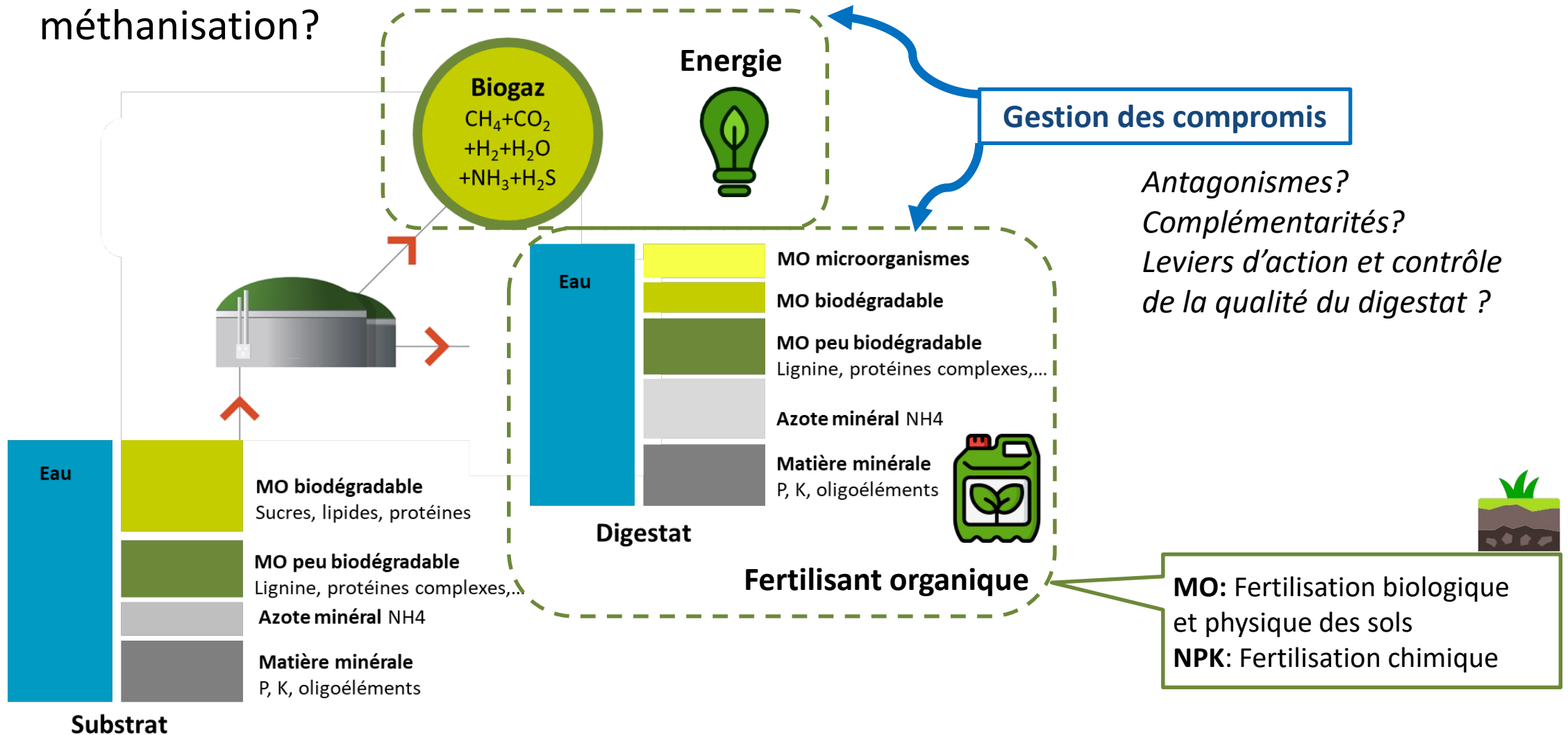
^a INRAE, Univ. Montpellier, LBE, 102 Avenue des étangs, 11100, Narbonne, France

^b UMR ECOSYS, AgroParisTech, INRAE, Université Paris-Saclay, 78850, Thiverval-Grignon, France



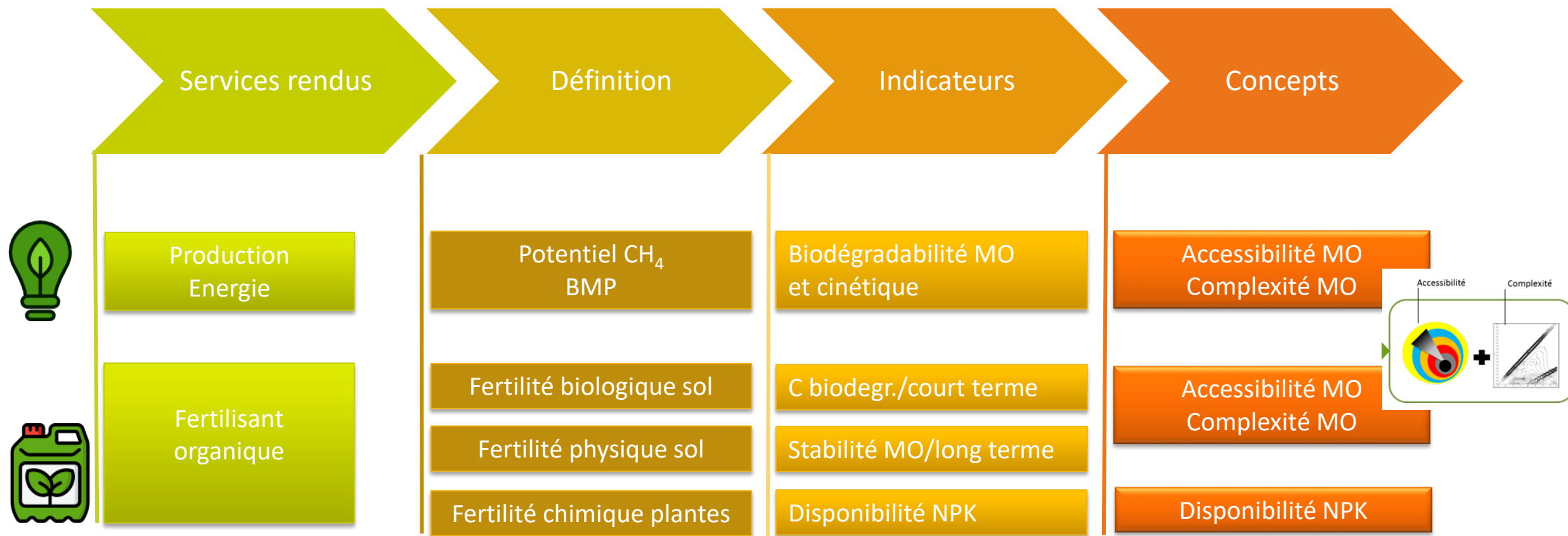
Contexte

Pourquoi connaître et comprendre les mécanismes de dégradation de la MO en méthanisation?



Contexte

Indicateurs descriptifs du devenir de la MO



IsBaMo®: (Indice Stabilité et Bioaccessibilité MO) Premiers modèles en 2017 pour prédire à la fois BMP et C_{bio}

Objectifs

- **JRI 2018:** IsBaMo présenté, et premier modèle de prédiction de la qualité MO des digestats à partir de la caractérisation MO des intrants
- **JRI 2022:** IsBaMo comme outil d'analyse descriptive de l'impact de la caractérisation MO des intrants sur la qualité MO des digestats
 - Typologies de digestats en termes de qualité MO
 - Evaluation impact de la méthanisation sur le devenir de la MO
 - Identification leviers d'action caractéristiques MO
 - Prédiction de la qualité MO digestat et devenir au sol



**Caractérisation de la matière organique :
outil d'aide à la compréhension des
mécanismes de la digestion anaérobie et
de la qualité du digestat**

JIMENEZ J.*, ZENG, Y.**, SERTILLANGES N.*, HOUOT S.**, PATUREAU D.*

*LBE, Univ Montpellier, INRA, Narbonne

** ECOSYS, INRA, Grignon



JRI Biogaz méthanisation - 3 octobre 2018

1

Waste Management 136 (2021) 132–142

Contents lists available at ScienceDirect

Waste Management

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



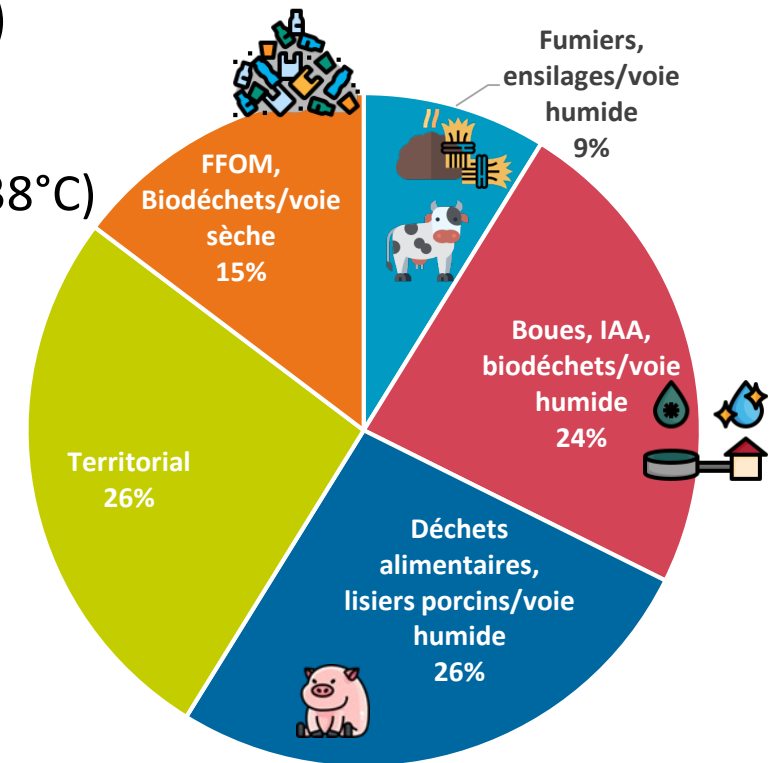
Prediction of organic matter accessibility and complexity in
anaerobic digestates

David Fernández-Domínguez ^{a,*}, Dominique Patureau ^a, Sabine Houot ^b, Nicolas Sertillanges ^a,
Bastien Zennaro ^a, Julie Jimenez ^a



Matériel et méthodes

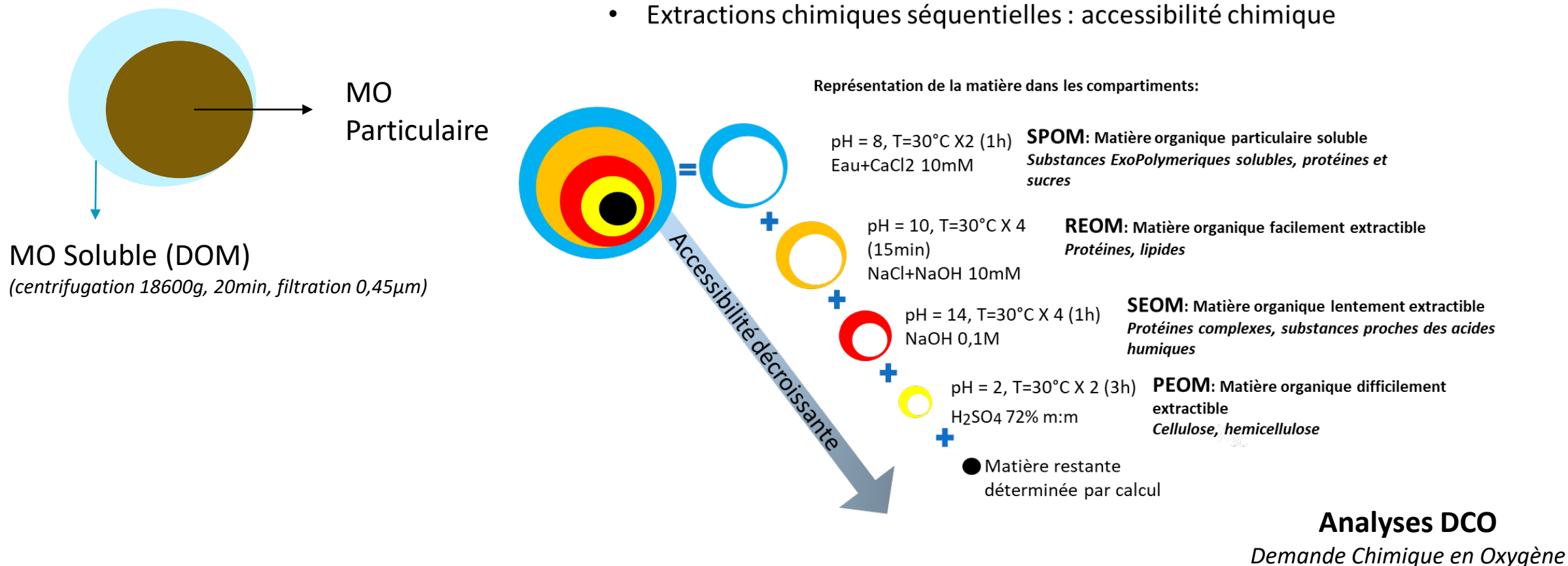
- Base de données et échantillons
 - 28 méthaniseurs, soit 28 paires Intrants/Digestats (*56 échantillons caractérisés*)
 - >14 digestats : données incubation sol (C biodégradable, Jimenez et al., 2017)
 - Catégories selon typologie Guilayn et al. (2019)
 - Conditions opératoires
 - T°C : 15% Thermophile (55°C), reste mésophile (35-38°C)
 - Temps de séjour: 15 - 90 jours



Matériel et méthodes

- **IsBaMo[®]: (Indice Stabilité et Bioaccessibilité MO)**

- Extractions chimiques séquentielles : accessibilité chimique



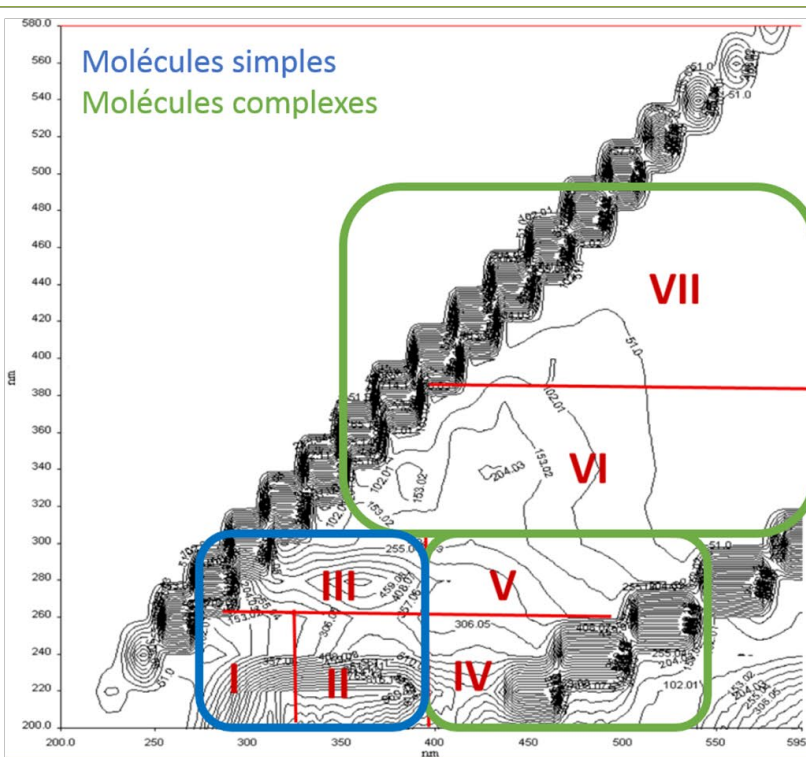
Matériel et méthodes

- **IsBaMo[®]: (Indice Stabilité et Bioaccessibilité MO)**
 - Spectrofluorimétrie: complexité MO

Spectre de fluorescence 3D :
cartographie des familles de molécules

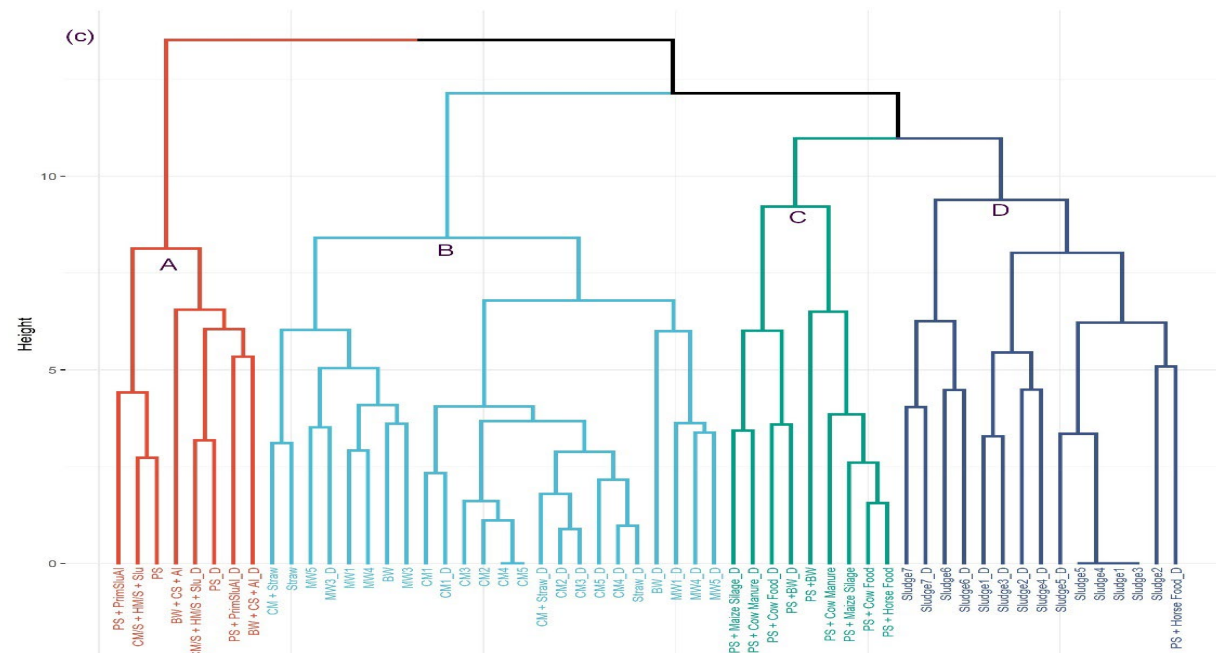
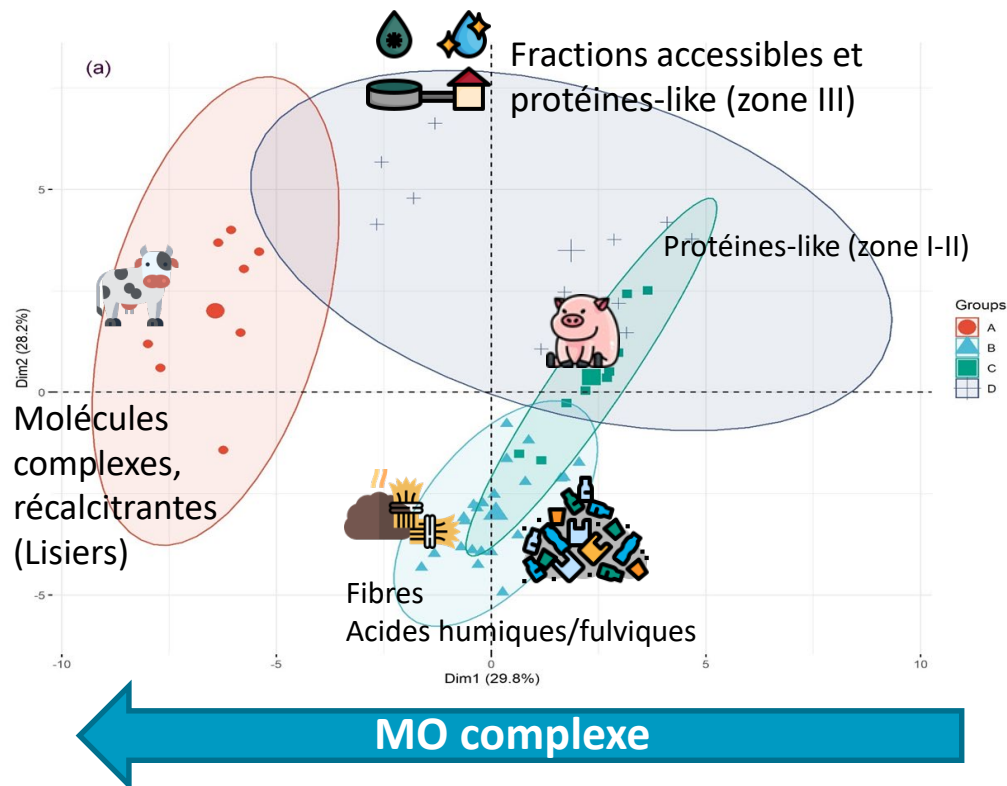
Indice de complexité :

$$CI = \frac{\%_{IV} + \%_{V} + \%_{VI} + \%_{VII}}{\%_{I} + \%_{II} + \%_{III}}$$



Résultats: Typologie

Analyse descriptive des 56 échantillons (26 Intrants/Digestats)



Groupes:

- (A) Lisiers en co-digestions avec boues primaires, IAA/biodéchets
- (B) Substrats fibreux: fumier/FFOM
- (C) Lisier de porc en co-digestion
- (D) Boues secondaires STEP

Les digestats sont regroupés avec leurs substrats:

Impact de la qualité MO des Substrats sur les digestats

Différences dans un même groupe entre Substrats et Digestats

Résultats: Impact de la méthanisation par Typologie (2)

		Accessibilité (% in COD)						Fluorescence complexity index (-)			
Group	DOM	SPOM	REOM	SEOM	PEOM	NEOM		SPOM	REOM	SEOM	PEOM
A	--	--	--	+	++	++		++++	++	+	++
B	N.A.	--	-	-	-	++		++	++	0	+
C	++++	---	--	++	--	+		--	-	+++	-
D	--	--	--	-	+	++		++	++	0	+++

Evolutions relatives: +: 0 à 25%; ++: 25 à 50%; +++: 50 à 75%; ++++: 75 à 100%; -: 0 à -25%; --: -25 à -50%; ---: -50 à -75%; ----: -75 à -100%. Pourcentage Relatif= (valeur finale digestats- valeur initiale substrats)/ valeur initiale substrats) × 100. N.A. = pas de DOM pour le Groupe B (digestats voie sèche)

Observations générales:

- **Fractions particulières accessibles biodégradées** -> complexité élevée dans les digestats
- **Fraction NEOM: augmentation** (*lignine-like, humines-like, composés non identifiés!*)

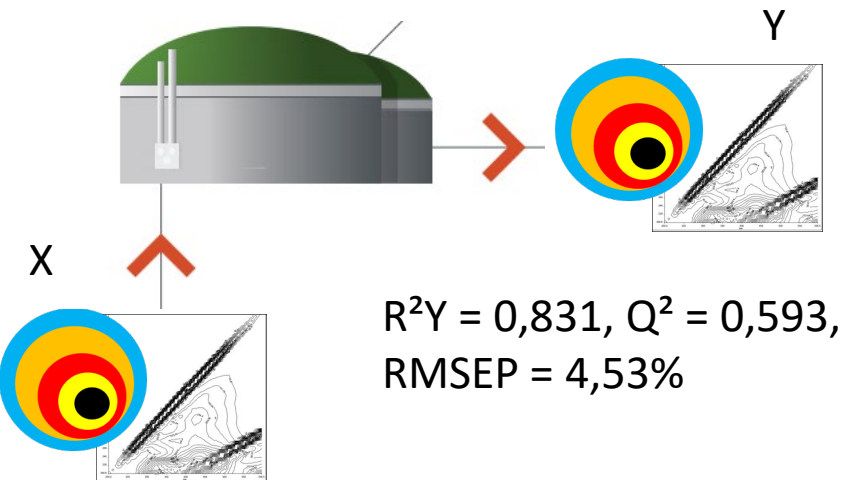
Evolution selon la catégorie de substrats

- **MO dissoute (DOM): Evolution variable** en partie dégradée (Type C) mais reste élevée avec haute complexité (*molécules récalcitrantes issues du substrat? produits microbiens?*)
- **Fraction et complexité SEOM** (*accessible intermédiaire*) **augmentent selon les catégories** (A et C): *produits microbiens?*
- **Fraction PEOM: Evolution variable** Catégories avec un fort PEOM -> abattement vs Catégories avec un faible PEOM -> augmentation (*pas la même qualité de molécules ex: fumier /lisier vs boues*)

Résultats: Prédire la qualité de la MO des digestats

- Validation modèle prédiction qualité des digestats à partir de la qualité des intrants avec IsBaMo
(Hyp: temps de séjour suffisant)

Modèle Statistique Régression Partial Least Square « *IsBaMo_AD* »



$$Y_i = \beta_0 + \beta_{1,i} \times X_1 + \beta_{2,i} \times X_2 + \dots + \beta_{n,i} \times X_n$$

Etude de l'impact des variables qualité MO Substrats sur prédiction variables qualité MO Digestats

- Empreinte substrat (complexité et accessibilité)
- Zones fluorescence simples: transferts molécules entre fractions, solubilisation/hydrolyse, complexification (hypotheses à creuser)

Tests en ajoutant les conditions opératoires (T, TSH) dans le modèle:

Qualité modèle non améliorée

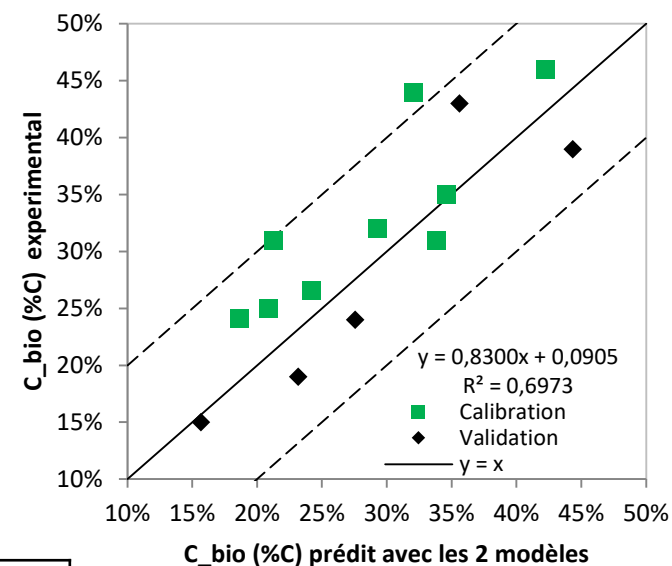
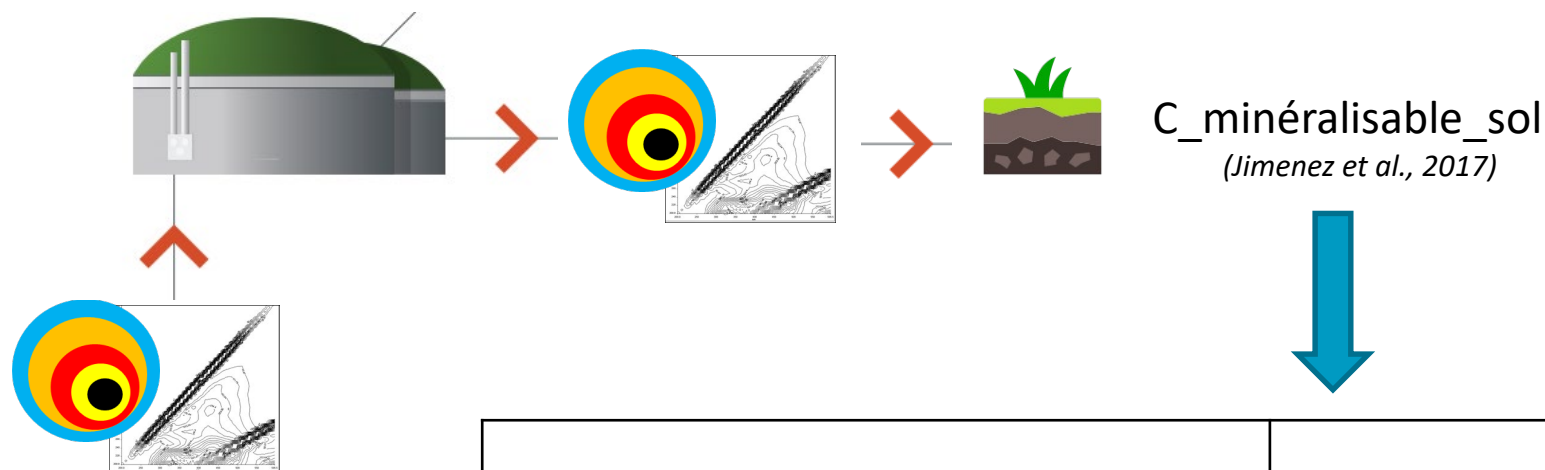
Poids des variables T et TSH non significatifs

T et TSH associés au type de substrats!

Résultats: Prédire le potentiel amendant des digestats

- Validation modèle prédiction qualité des digestats à partir de la qualité des intrants avec IsBaMo
(Hyp: temps de séjour suffisant)

Modèle Statistique Régression PLS



	Accessibilité (% in COD)					Fluorescence complexity index (-)			
	DOM+ SPOM	REOM	SEOM	PEOM	NEOM	SPOM	REOM	SEOM	PEOM
$C_{\text{bio_sol}}$	+	+	+	++	---	--	--	+	0
BMP	+++	0	--	+	0	---	--	--	0

Substrats: leviers d'action pour contrôler le devenir de la MO

Conclusions

- Typologie de qualité de MO selon l'indicateur IsBaMo: **empreinte substrat sur la qualité du digestat**
- **Impact de la catégorie de substrats** sur la qualité de la MO des digestats a été mise en évidence
- Toutefois, des tendances générales se dégagent, communes à toutes les catégories (*Diminution accessibilité et Augmentation complexité*)
- Généralisation: **modèle prédictif** mettant en évidence de manière plus fine le poids de chaque variable de caractérisation MO des substrats sur celles des digestats: *hypothèses à investiguer*
- Conditions opératoires: **T et TSH n'ont pas montré de poids significatif** dans une telle base de données ou T/TSH sont liés au type de substrat -> *conclusion à approfondir*
- La combinaison de modèles « IsBaMo_AD » et « IsBaMo » pour prédire BMP et C minéralisable au sol peut permettre **l'utilisation du type de substrats pour contrôler la qualité MO des digestats** et donc le devenir de leur MO au sol

Perspectives

- Hypothèses formulées: devenir de la MO pendant la méthanisation
 - Impact de la MO exogène (substrat)
 - Impact de la MO endogène (produits microbiens)
 - Etude approfondie des conditions opératoires
 - « Humification » observée: mécanismes?
 - Caractérisation MO: autres techniques spectrales (*revue de littérature soumise sur le sujet*)

Thèse David Fernandez-Dominguez: « Caractérisation et modélisation du devenir de la MO pendant la méthanisation : vers une amélioration de l'utilisation des digestats en agriculture » (2020-2023)



Avec le soutien de

MERCI de votre attention

**Prédire et comprendre la qualité de la matière organique des
digestats pour l'évaluation de leur stabilité en
carbone organique au sol**

David Fernández-Domínguez^{a,*}, Dominique Patureau^a, Sabine Houot^b, Nicolas Sertillanges^a,
Bastien Zennaro^a, **Julie Jimenez**^a

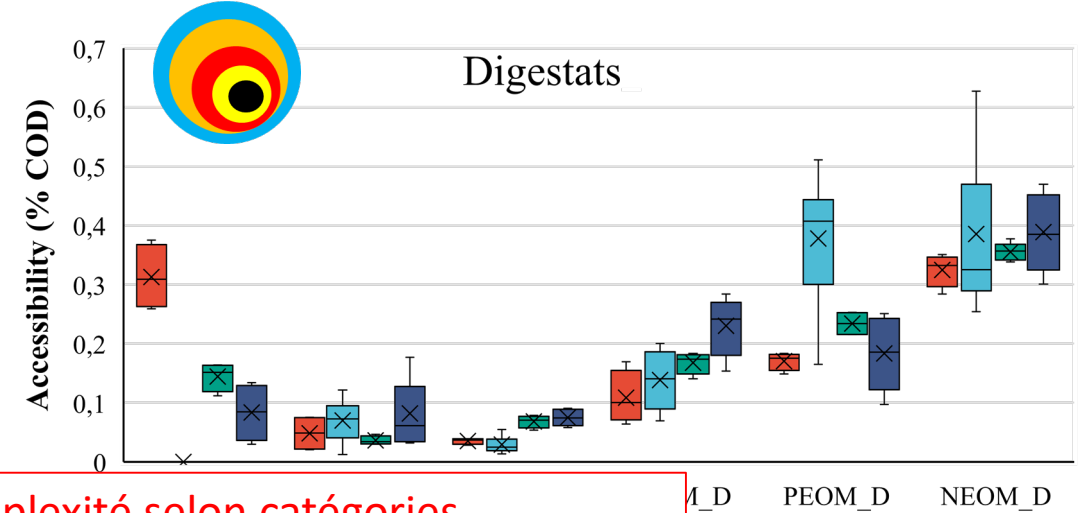
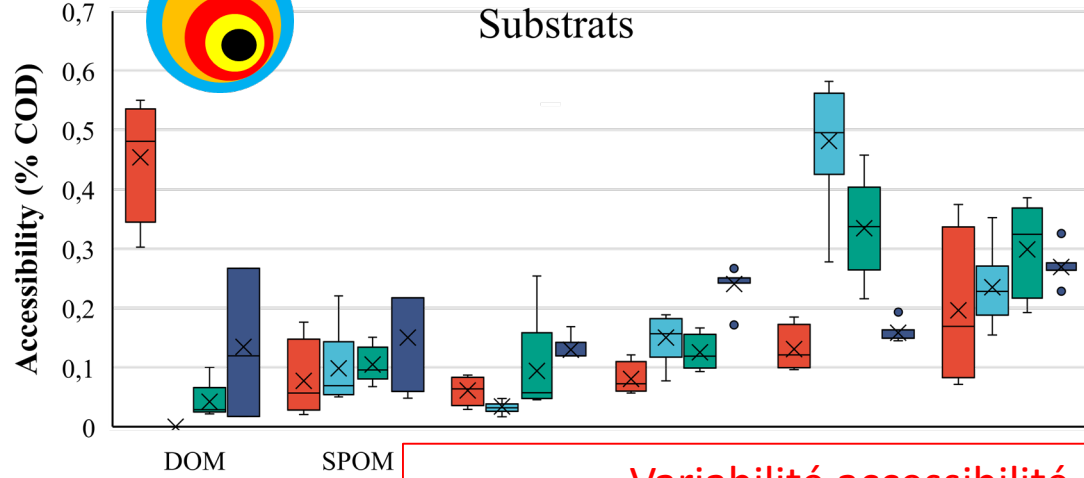
^a INRAE, Univ. Montpellier, LBE, 102 Avenue des étangs, 11100, Narbonne, France

^b UMR ECOSYS, AgroParisTech, INRAE, Université Paris-Saclay, 78850, Thiverval-Grignon, France

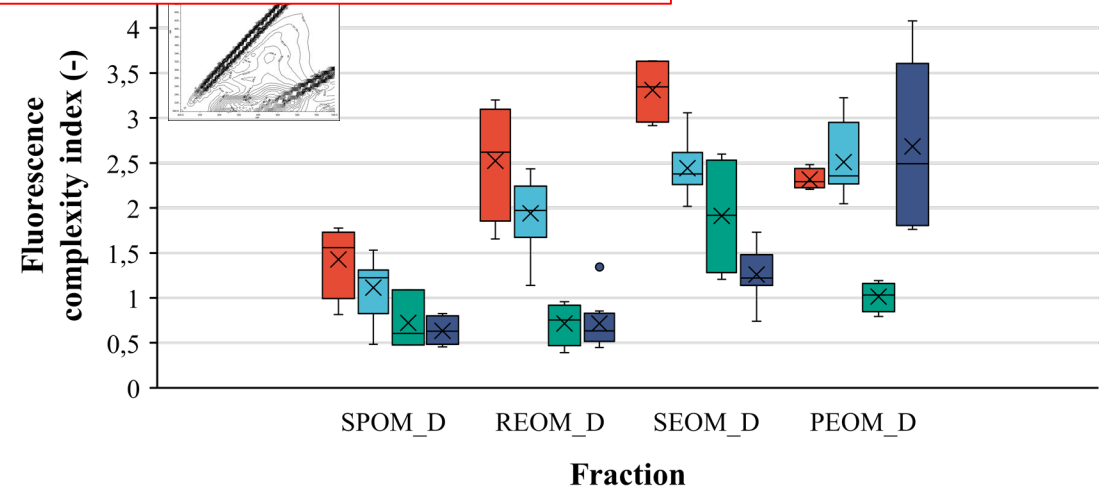
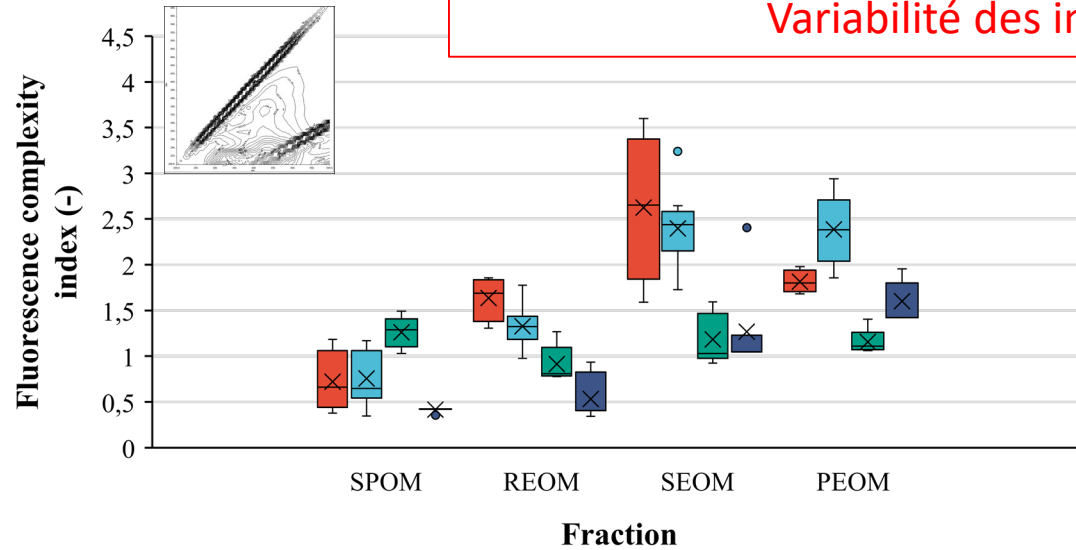


Anexes

Résultats: Impact de la méthanisation par Typologie (1)



Variabilité accessibilité et complexité selon catégories
Variabilité des impacts selon qualité intrants



Group A Group B Group C Group D