



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

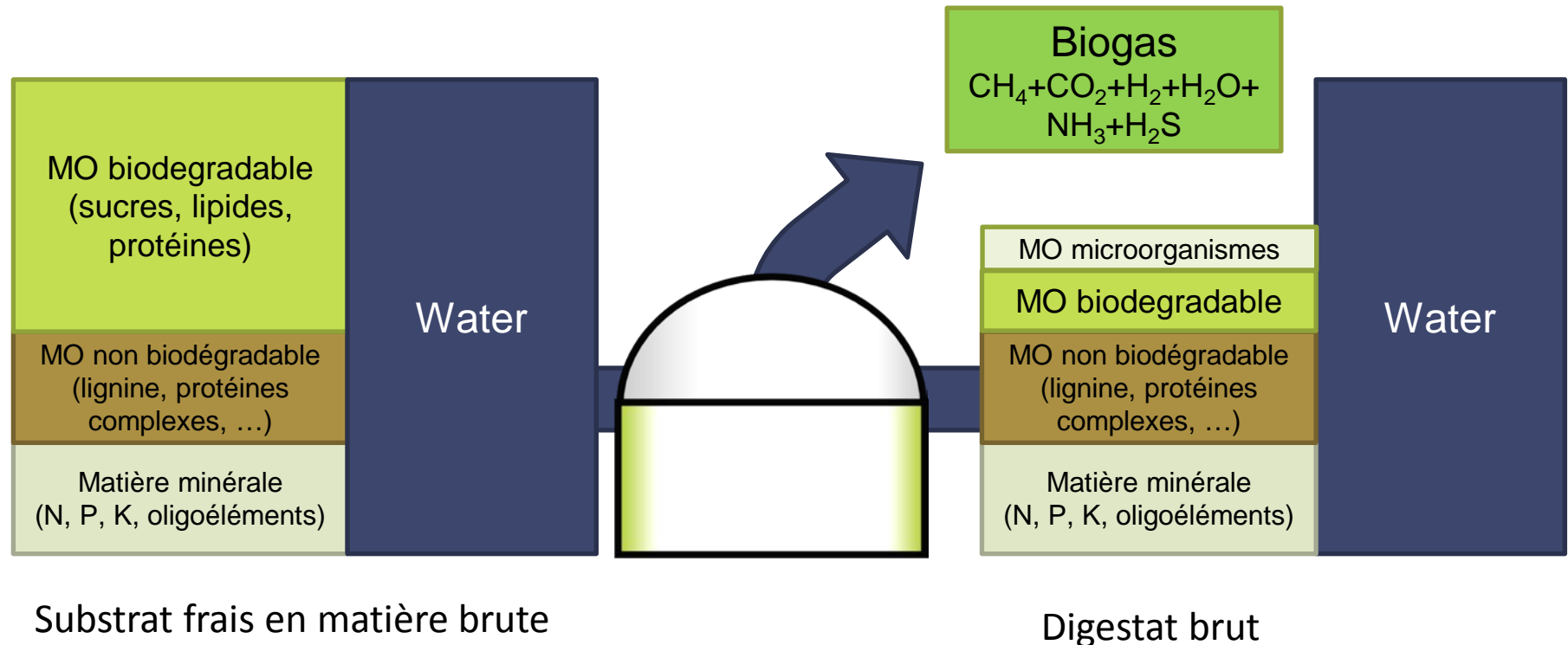
JIMENEZ J.*, ZENG, Y.**, SERTILLANGES N.*, HOUOT S.**, PATUREAU D.*

*LBE, Univ Montpellier, INRA, Narbonne

** ECOSYS, INRA, Grignon

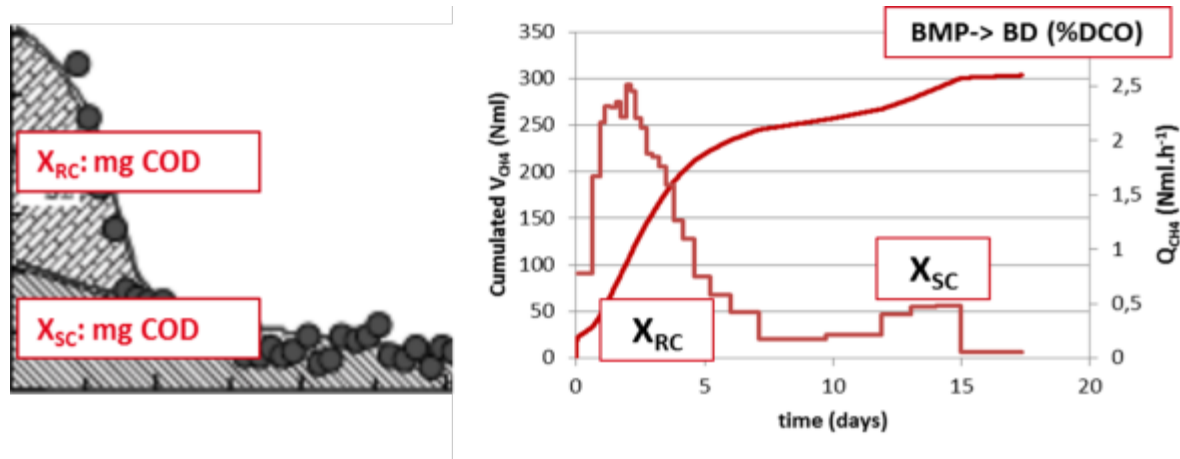
Contexte et enjeux

- Pourquoi la connaissance de la Matière Organique (MO) est cruciale pour l'optimisation de la méthanisation?



Contexte et enjeux

- Connaissance MO pour l'optimisation de la production de CH_4
 - Observations: 2 phases de dégradation, 2 fractions facilement/lentement hydrolysables, voire plus....
 - Impact sur la vitesse d'hydrolyse des fractions de différents niveaux de biodégradabilité



Yasui et al., 2007
Jimenez et al., 2014

- **Biodégradabilité (BD):** capacité d'une molécule à être dégradée par des microorganismes
- **Bioaccessibilité:** molécule rendue accessible et disponible pour être potentiellement biodégradée

BMP: Potentiel méthanogène

DCO ou COD: Demande Chimique en Oxygène = teneur en matière oxydable/organique

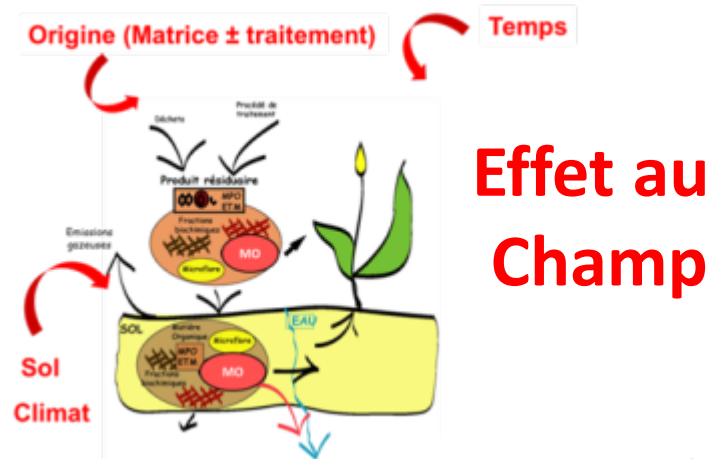
Contexte et enjeux

- Connaissance MO pour l'optimisation de la production de fertilisant organique

Court-moyen terme

Fertilité biologique

Stimulation activité biologique (dégradation, minéralisation, humification, réorganisation, aération, croissance racinaire)



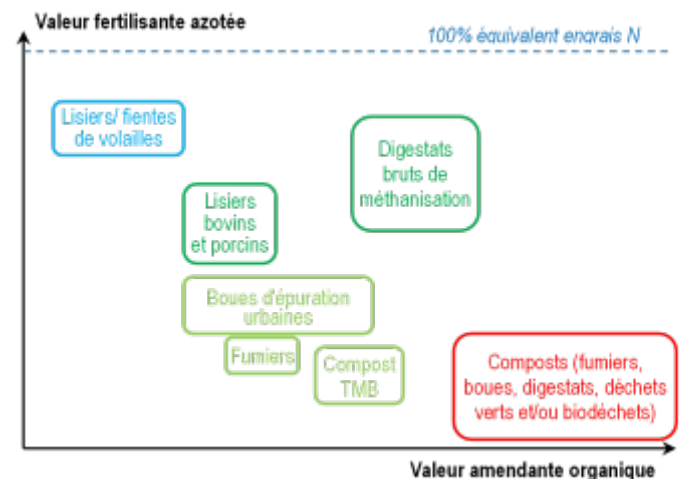
Moyen-long terme

Fertilité physique: amendement

Structure, porosité : limitation ruissellement, érosion, compactage/tassement, rétention eau

Fertilité chimique

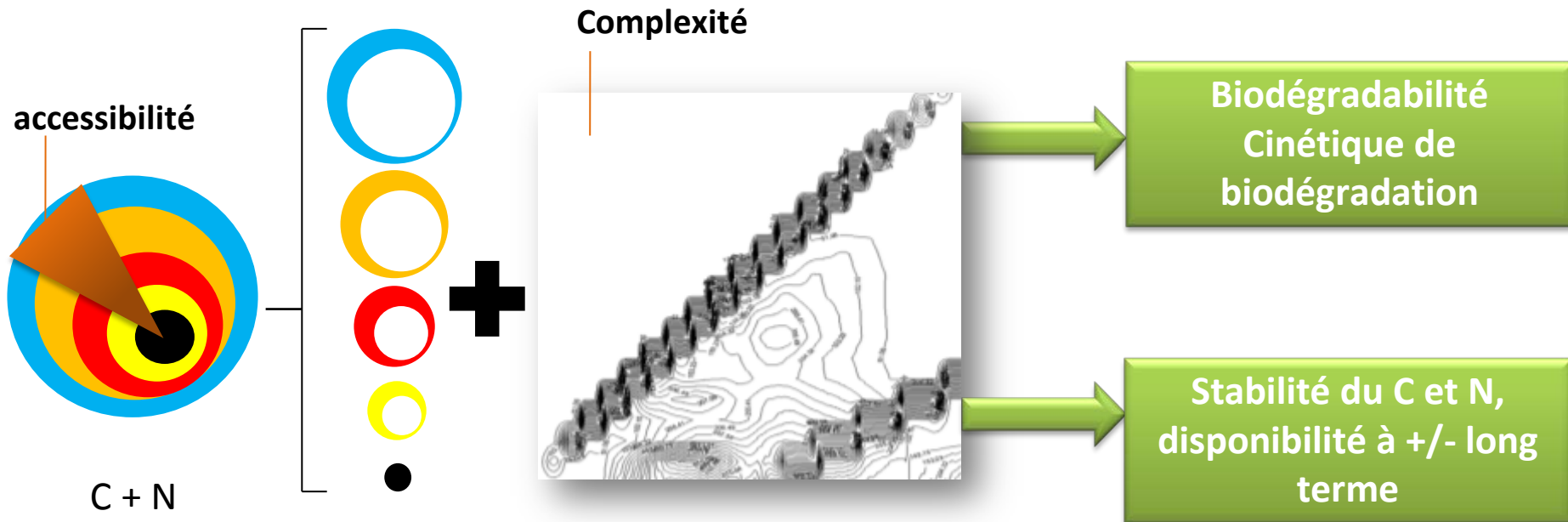
Disponibilité éléments fertilisants (N, P, K, etc...) plantes/cultures



Caractérisation

Accessibilité et complexité !

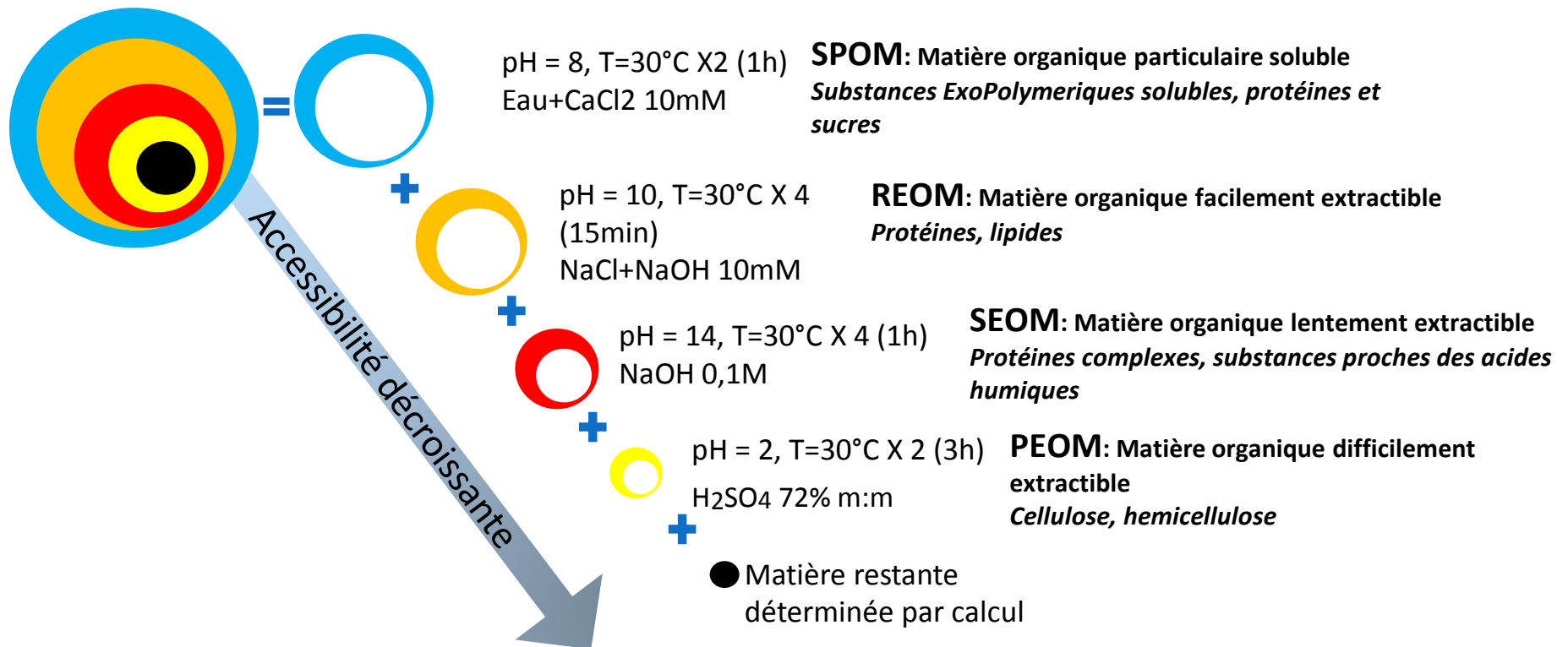
Stratégie développée



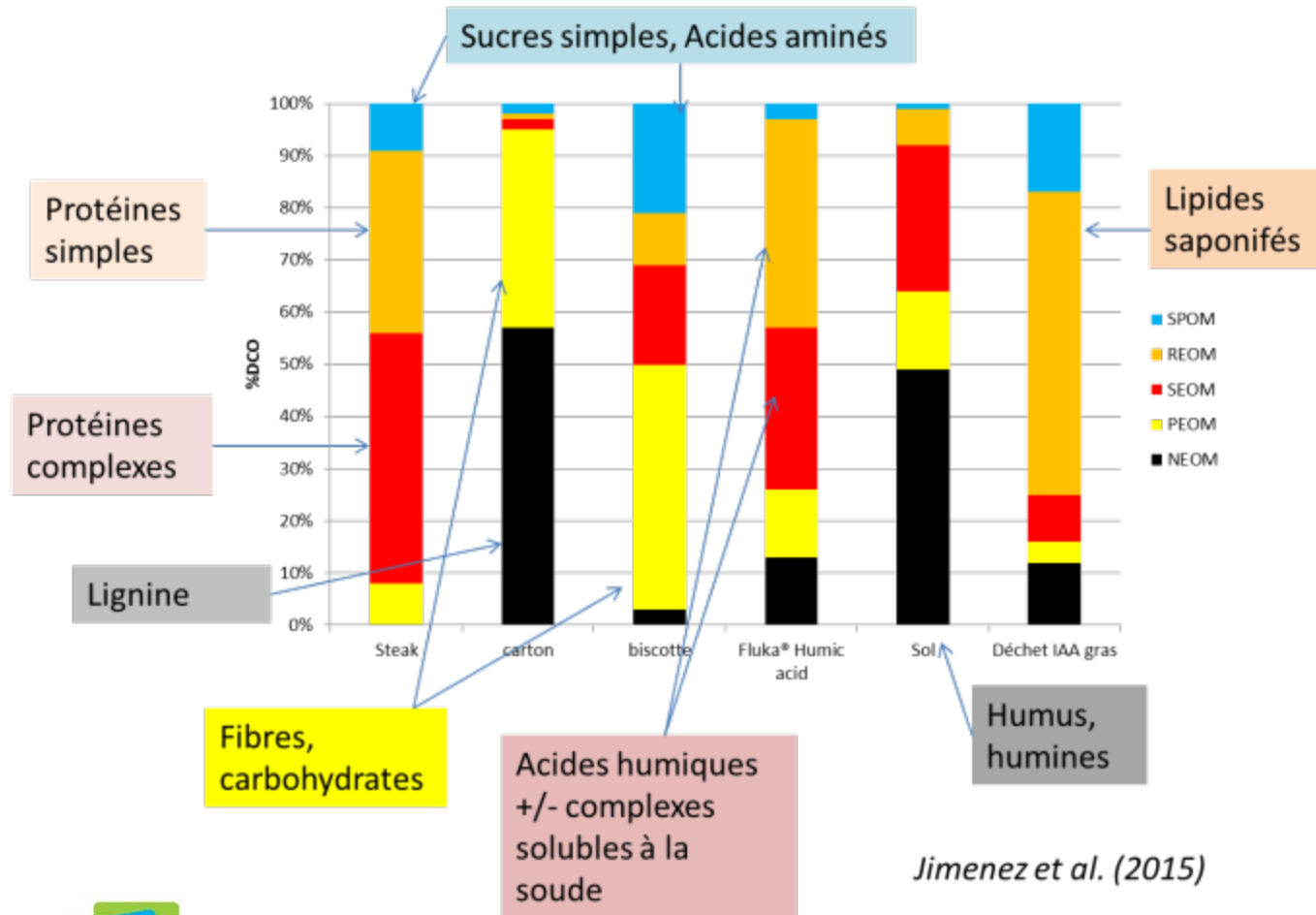
Jimenez et al. (2014; 2015; 2017)

- Extractions chimiques séquentielles : accessibilité chimique

Représentation de la matière dans les compartiments:



- Exemples de molécules « modèles » fractionnées



- Fluorimétrie: complexité

Spectre de fluorescence 3D :
cartographie des familles de molécules

Indice de complexité :

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

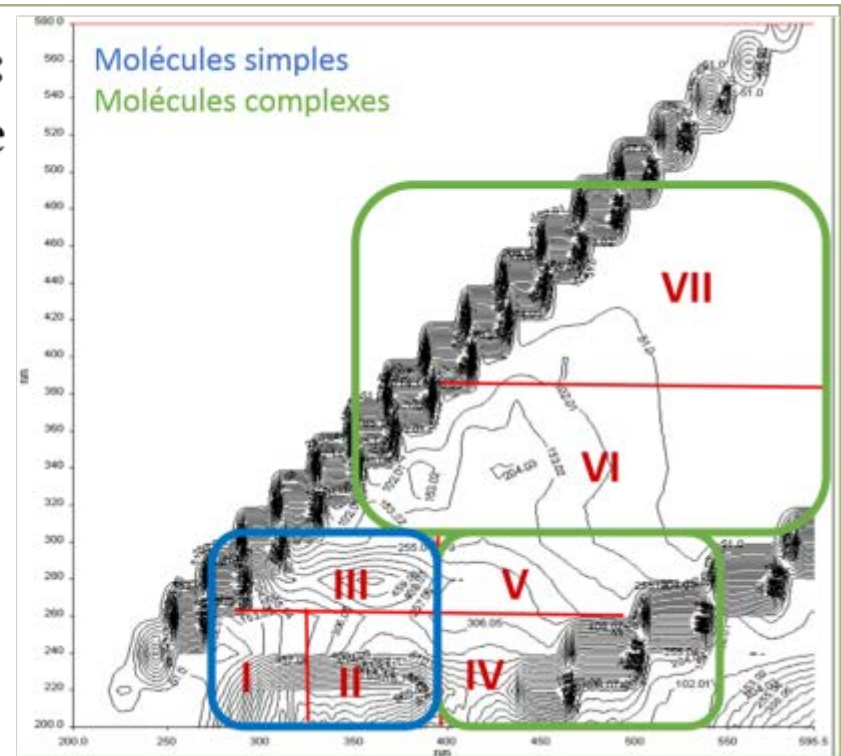
I-II-III: Proteinse-like

IV: acides fulviques;

V: protéines complexes;

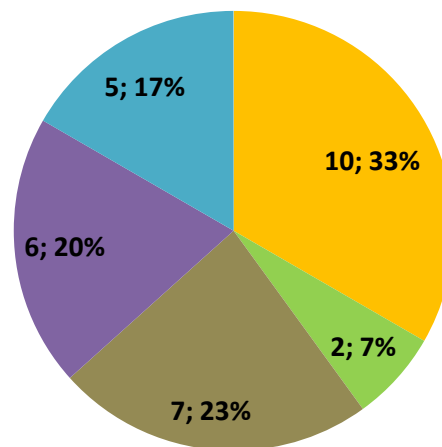
VI: lignocellulose-like, substances humiques -like

VII: acides humiques



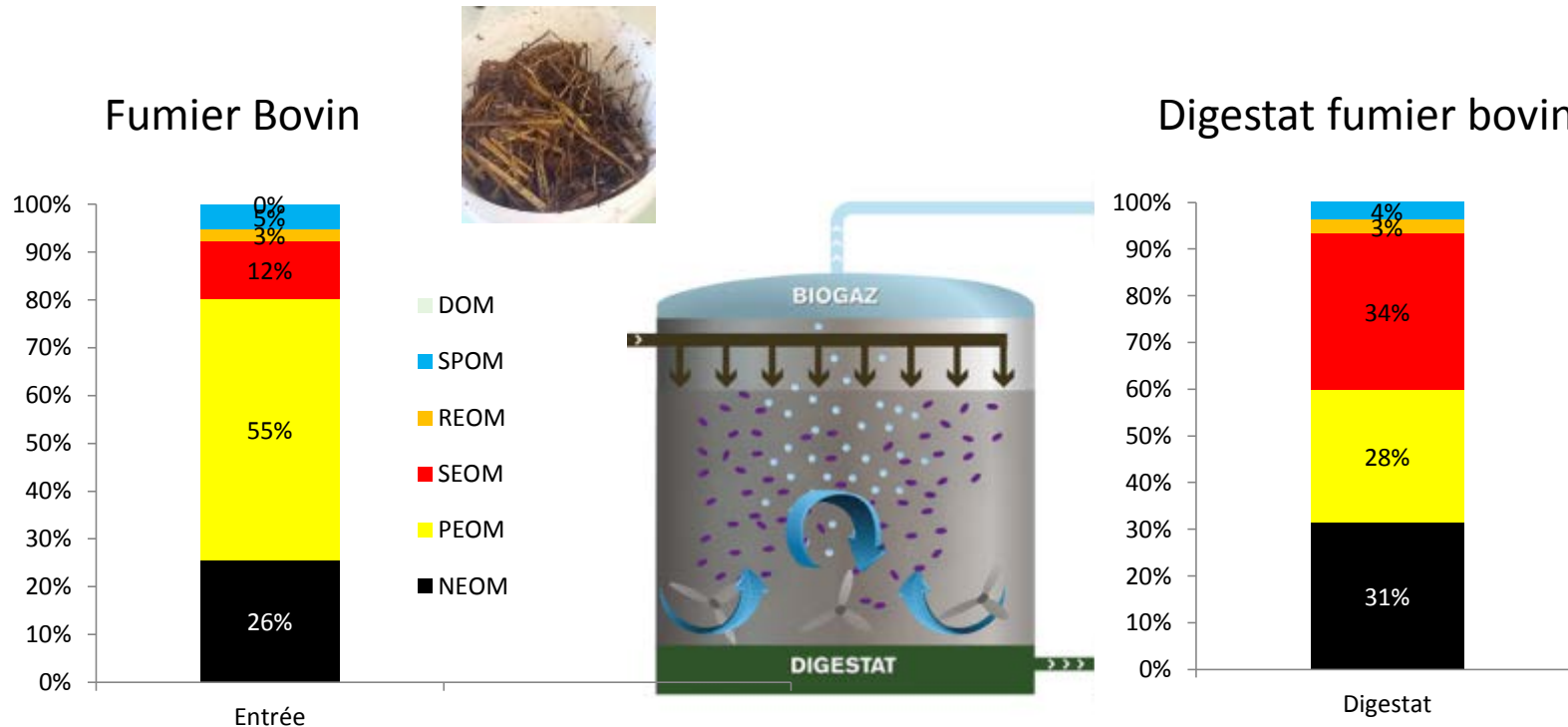
- Echantillons étude
 - Couples entrants/digestats méthaniseurs: 30
 - Issus des projets suivants:
 - ETYC (Ademe, 2015), RISQ-PRO (Onema, 2015), Digestate (ANR, 2019), Concept-Dig (Ademe, 2019)

■ Elevage ■ Résidus récoltes ■ Boues ■ Biodéchets/OMR ■ Territorial

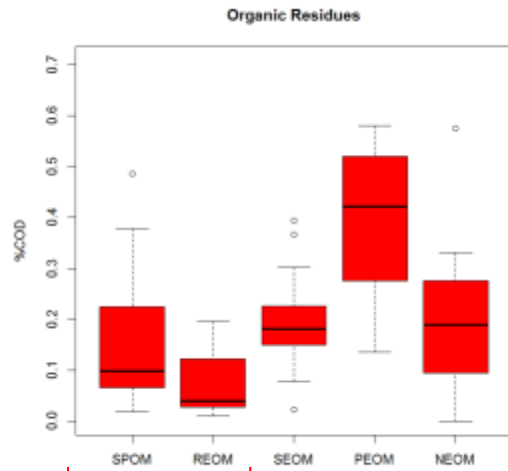


JRI 2018 Quelques résultats

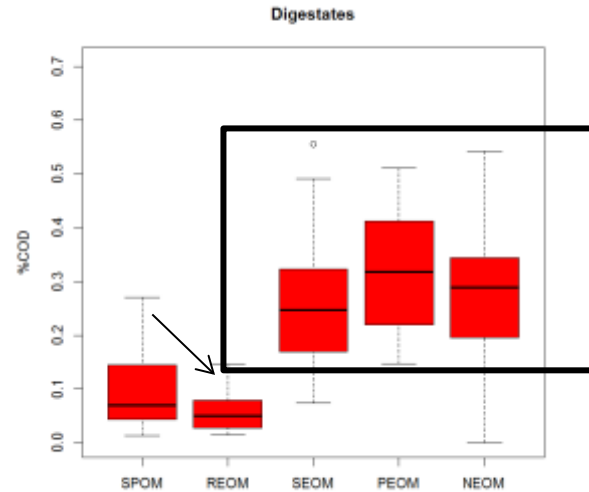
- Fractionnements entrants et digestats (exemple)



Quelques résultats

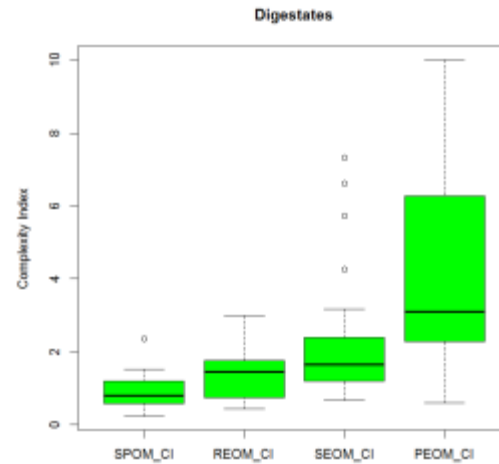
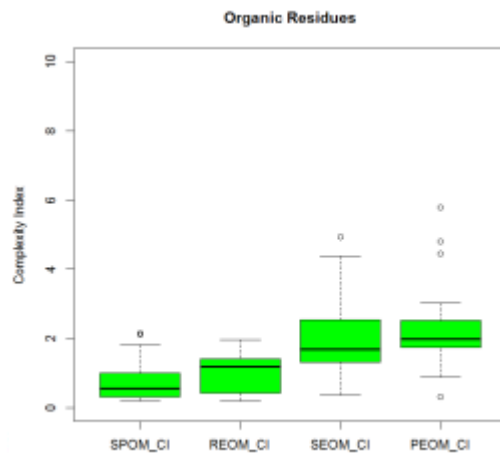


Facilement accessible



Impact de la digestion:

- Diminution accessibilité
- Augmentation complexité
- Grande variabilité sur les fractions



Entrant

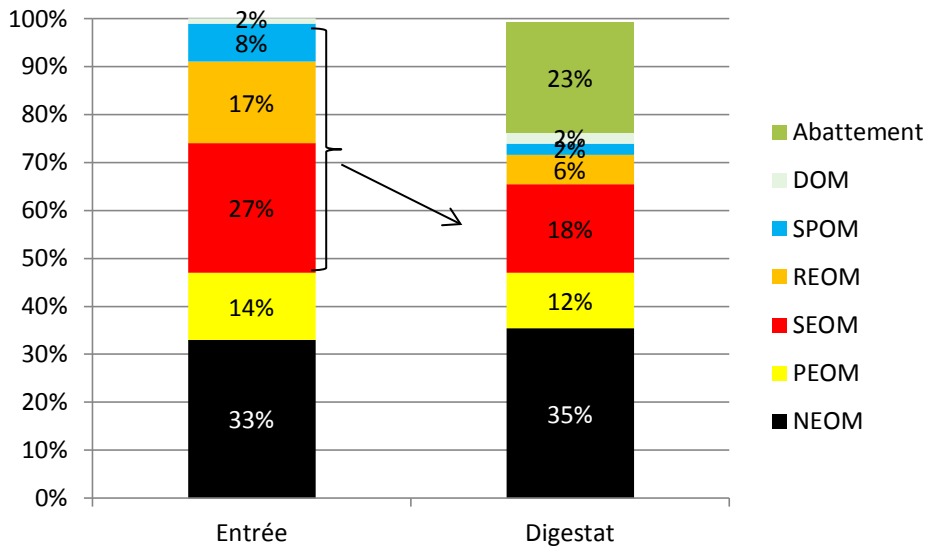


Digestat

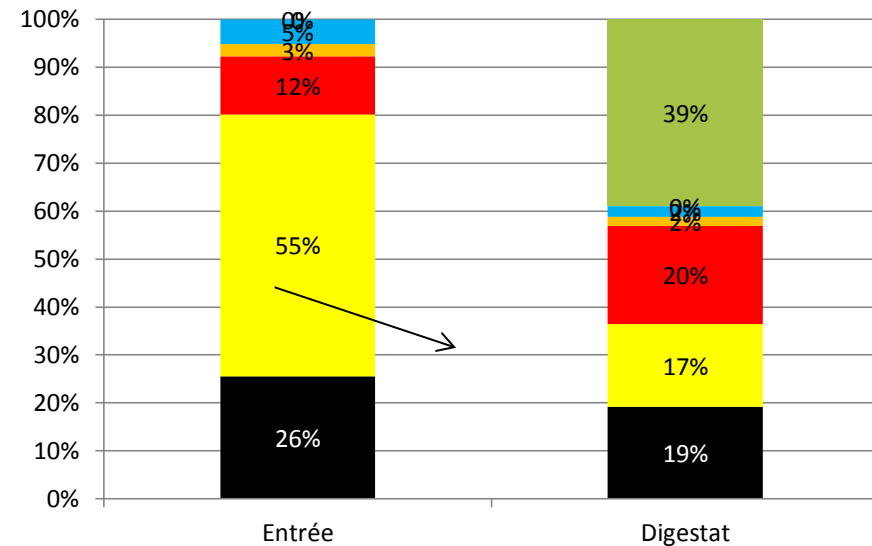


- Bilan matière entrée/sortie méthaniseurs

Boues Station épuration
continue, humide, mésophile



Fumier bovin,
voie sèche, batch, mésophile

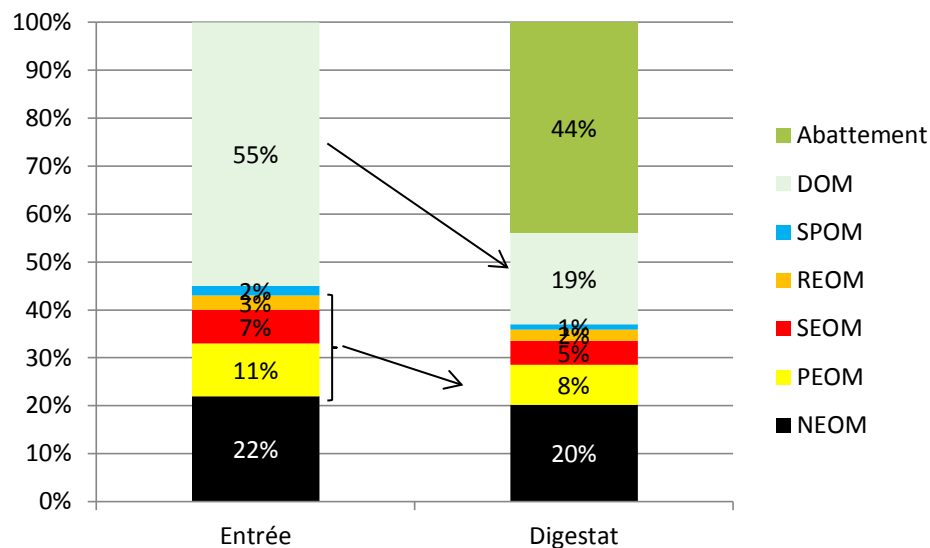


- Accessibilité décroît
- Selon type de molécules dans fractions moins accessibles -> fibres hydrolysés

Quelques résultats

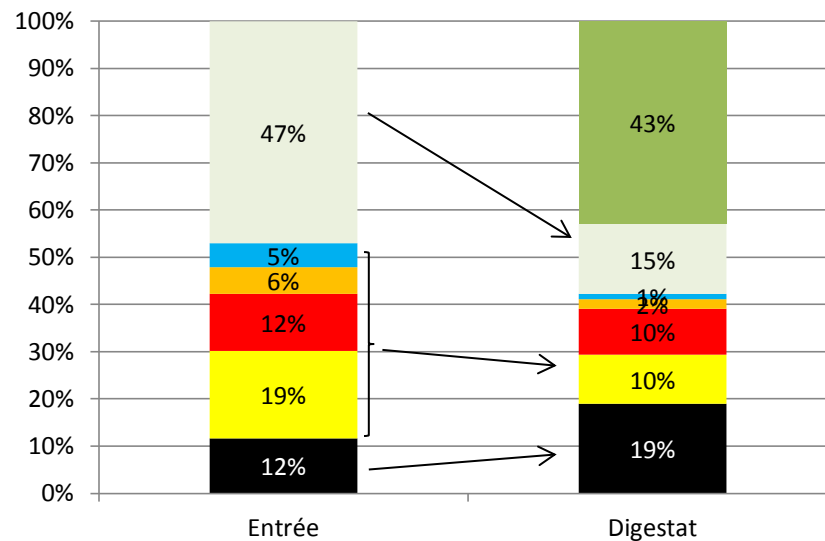
- Bilan matière entrée/sortie méthaniseurs

Co-digestion agricole*
Continue, humide, mésophile



*Lisier porcin + co-substrats variés (tontes de pelouse, déchets d'aliments, déchets de légumes, maïs ensilage, déchets de céréales...).

Co-digestion territoriale**
Continue, humide, mésophile



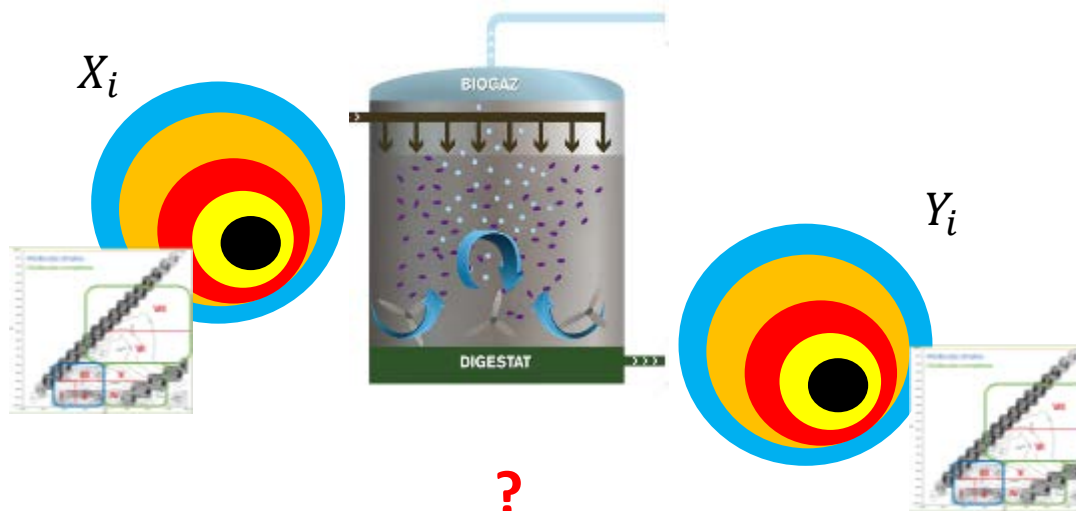
**50% élevage/27%boues/14%IAA/8% CIVE

- Base de données

- 30 couples Mélanges d'Entrants/Digestats -> 30 échantillons
- Modèles dynamiques bilan matière (taille fractions mais complexité?)
- Régression linéaire: **2 modèles testés**
 - Trouver β coefficients

(1)

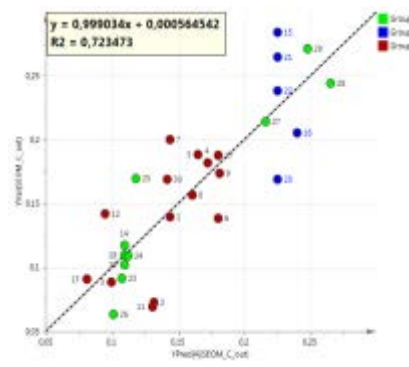
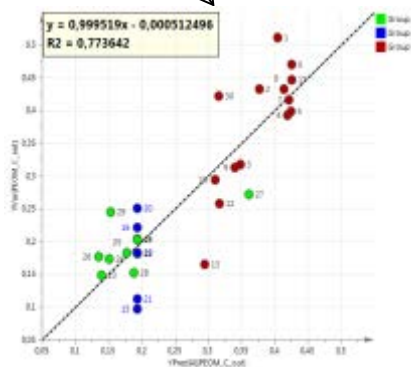
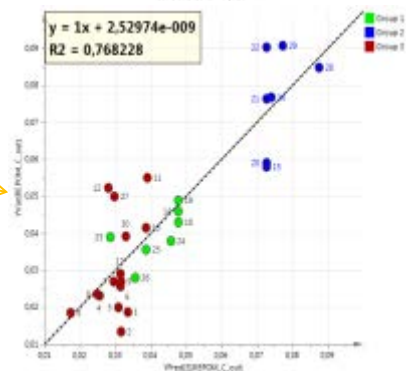
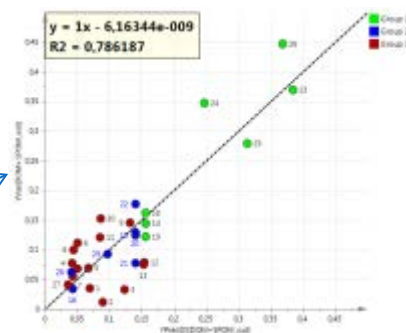
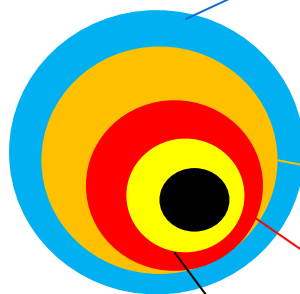
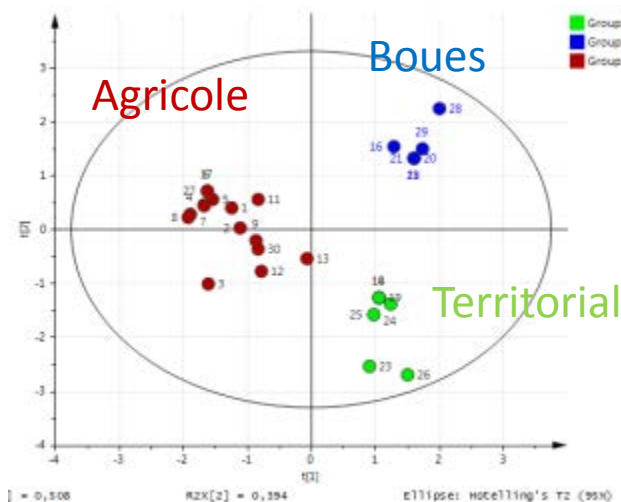
(2)



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

Prédiction qualité digestat Accessibilité....

Fractionnement entrants -> Fractionnement digestat

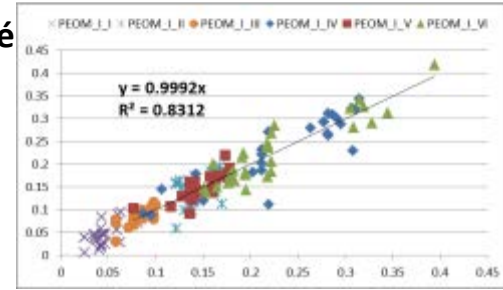
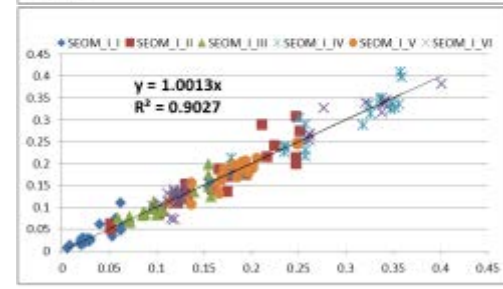
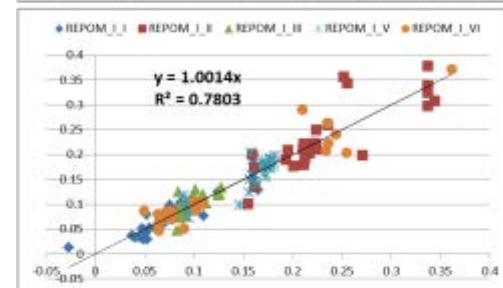
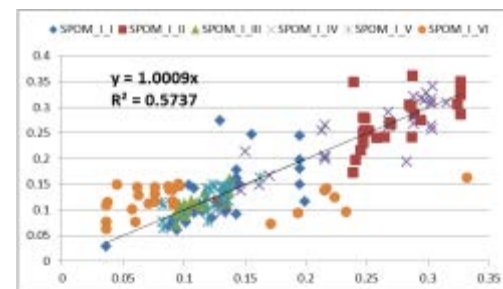
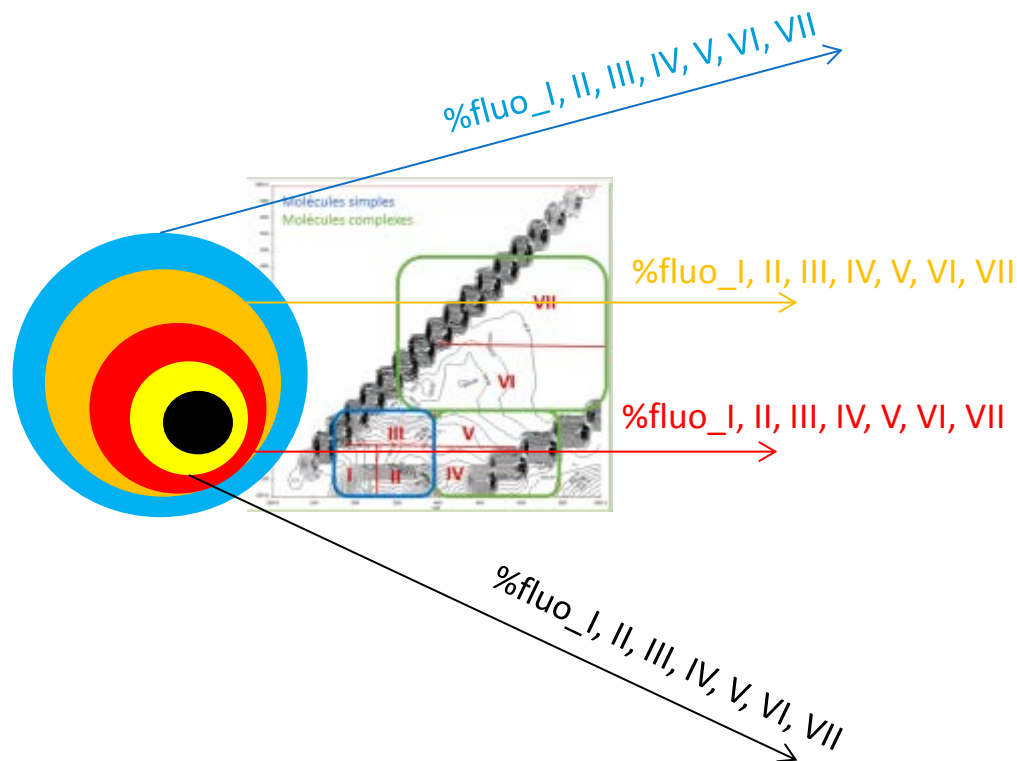


Variables expérimentales (%)

Variables prédites (%)

Composantes	R2X(cum)	R2Y(cum)	Q2(cum)
3	0,973	0,729	0,606

Prédiction qualité digestat Complexité....



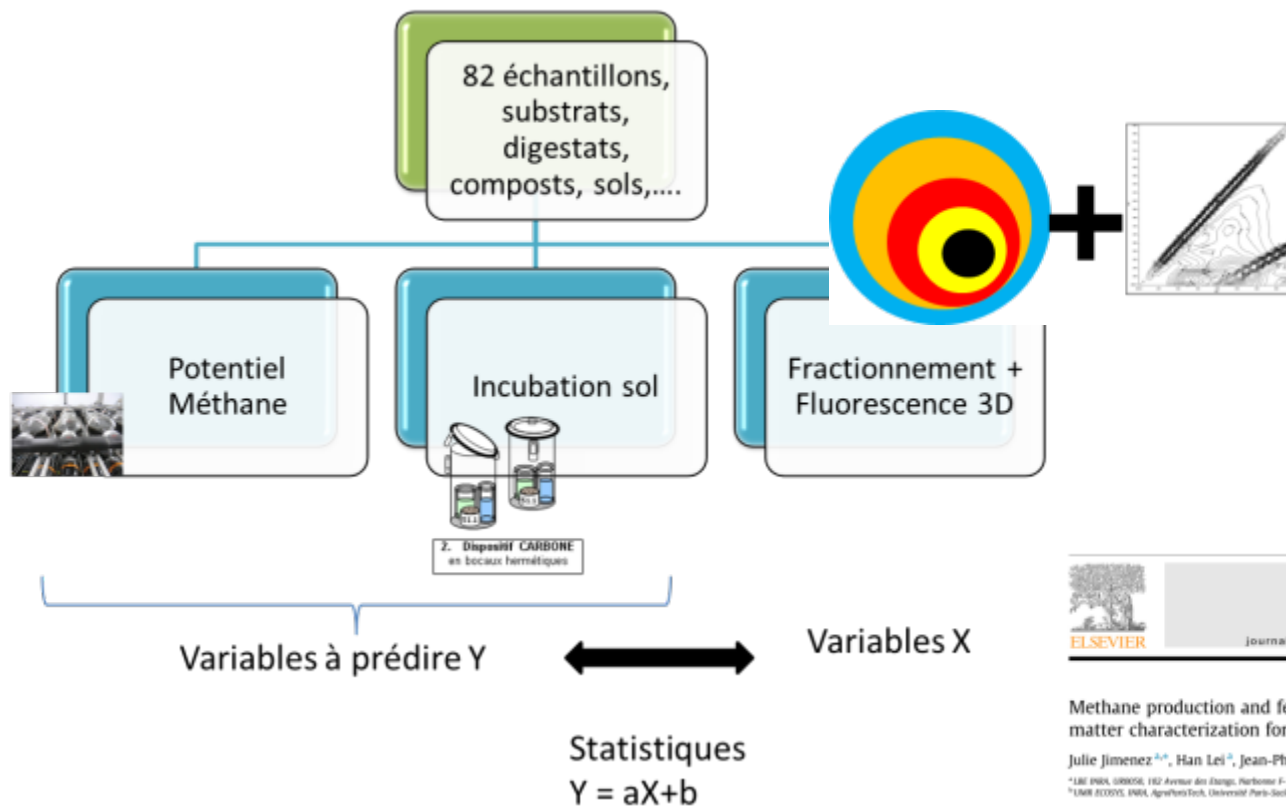
Variables expérimentales (%)

Fractionnement entrants+complexité -> Fractionnement digestat+complexité

N° Composantes	R2X(cum)	R2Y(cum)	Q2(cum)
4	0,867	0,717	0,523

Que faire des résultats sur les digestats?

- Base de données!



Methane production and fertilizing value of organic waste: Organic matter characterization for a better prediction of valorization pathways

Julie Jimenez^{a,*}, Han Lei^b, Jean-Philippe Steyer^a, Sabine Houot^b, Dominique Patureau^a

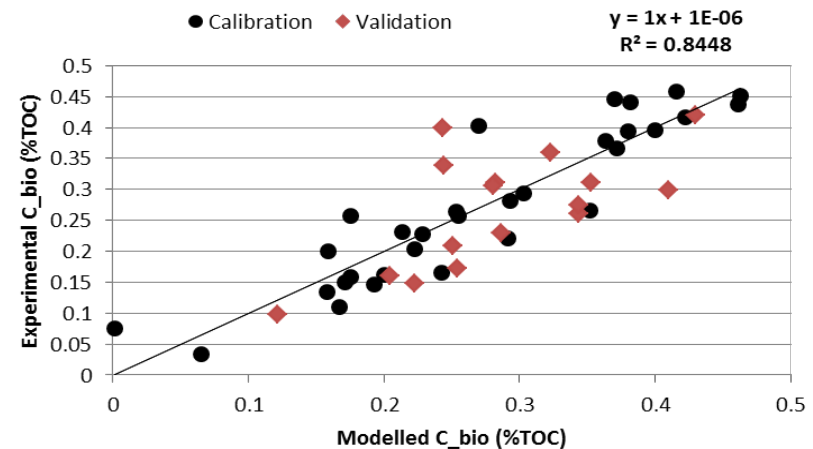
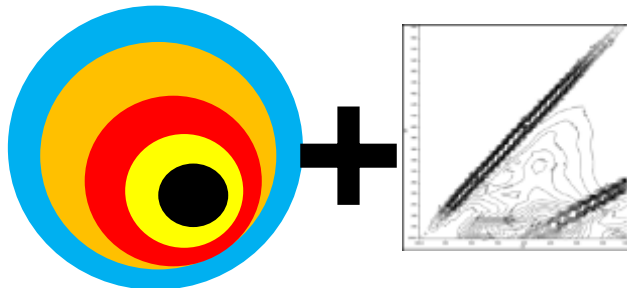
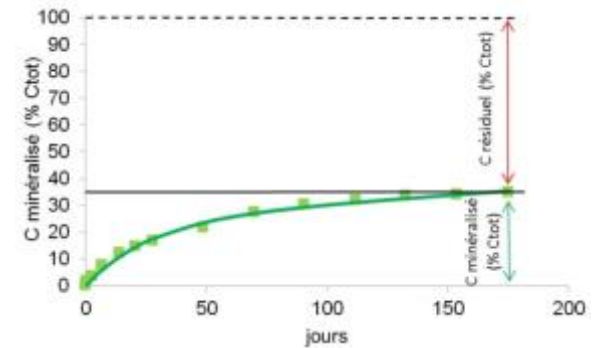
^aUMR 1005, 100056, 162 Avenue des Dunes, Parczone F-11100, France

^bUMR 1005, INRA, Agronomie, Université Paris-Saclay, 79 400 Thiverval-Grignon, France



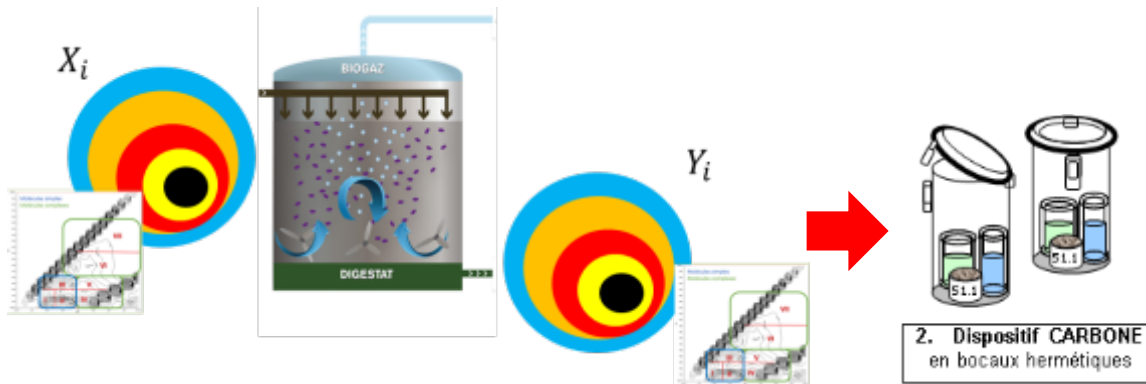
Que faire des résultats sur les digestats?

- Prédiction minéralisation C sol



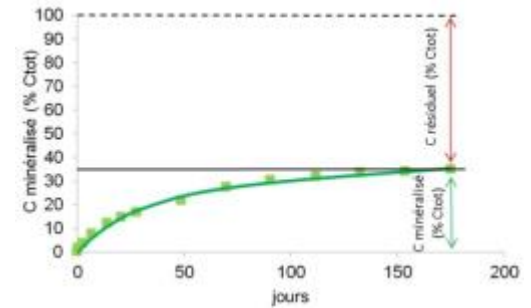
Que faire des résultats sur les digestats?

- Prédiction minéralisation C sol

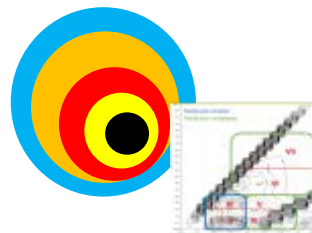


Expérimental

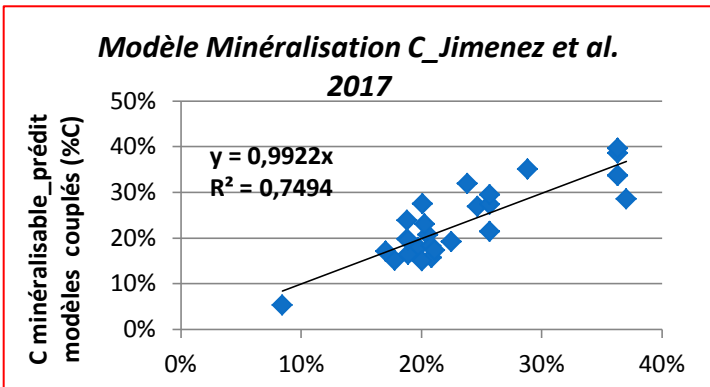
Modèle digestion



Modèle minéralisation C



Digestats expérimentaux



Prédiction avec variables modélisées à partir des entrants = prédiction avec variables digestats expérimentales

Conclusions et perspectives

- Accessibilité de la MO décrite par le fractionnement chimique
- Qualité de ces MO décrite par la fluorescence
- Accessibilité × Qualité = Biodégradabilité (démonstré)
- Capacité de prédiction grâce au fractionnement seul mais aussi en couplant fractionnement + fluorescence
- Prédire le devenir de l'état du C dans les stocks des sols

Perspectives

- Travail à mener également sur nutriments, notamment N (en cours)
- Augmentation de la base de données : couples Entrants/sorties de méthanisation
- Développement d'un outil prédictif simple
- Gestion utilisation MO : valorisation énergétique ET agronomique