

# CARACTÉRISATION RAPIDE DES BOUES D'ÉPURATION PAR DES MÉTHODES SPECTROSCOPIQUES

**Maxime Dechesne<sup>1</sup>, Sabrina Guérin<sup>2</sup>, Vincent Rocher<sup>2</sup>, Gilles Varrault<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Université Paris-Est Créteil, LEESU, 94010 Créteil Cedex, France

<sup>2</sup> SIAAP, Direction Innovation et Environnement, 92700 Colombes, France

# 01/CONTEXTE ET OBJECTIFS

# Contexte et enjeux

- Loi transition énergétique pour la croissance verte : **réduire** l'utilisation des **énergies fossiles** de 30 % à l'horizon 2030
- **Valorisations des déchets** organiques : biodéchets des industries agro-alimentaires, déchets végétaux de jardin ou de parc, boues de stations d'épuration, fumier...
- Valorisation par la **méthanisation** (digestion anaérobie) pour la production de biogaz



*Digesteur anaérobie et réservoir à biogaz (STEU Seine amont à Valenton)*

- En France métropolitaine:
  - 19 500 STEU
  - **1 million tMS/an de boue**
  - 26% des boues incinérées
  - 5% méthanisées (2018)

# Optimisation des procédés de méthanisation

- Mieux caractériser les intrants: boues et autres biodéchets (paille, crottin, ordure ménagère,... ) :
  - Le potentiel méthanogène (BMP) → quantité maximale de méthane produit par une quantité de matière organique (30 jours) avec une précision de 20%
  - La composition (AGV, DCO,...) → optimiser et maximiser le rendement le mélange boue/co-substrat (plusieurs jours)
  - La biodégradabilité (cinétiques) → définir le temps de séjour des boues requis pour une production donnée de biogaz dans le réacteur

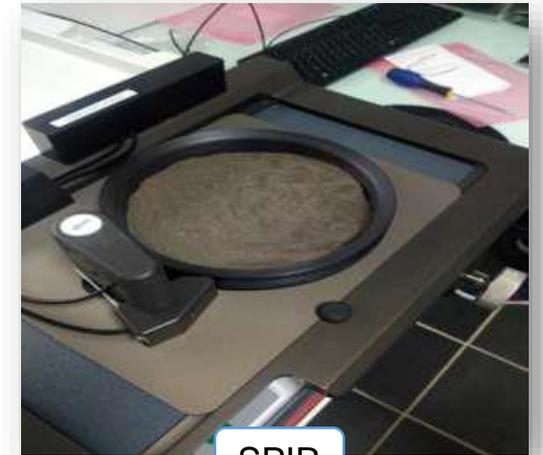


*Système de mesure du  
BMP : AMPTS*

- Or pour **optimiser le fonctionnement des digesteurs** il est nécessaire d'avoir une **caractérisation rapide des intrants**, voire un **suivi en temps réel pendant la méthanisation**

## La spectrométrie proche infrarouge (SPIR) :

- Technique bien documentée sur les déchets organiques (Lesteur et al. 2010, Charnier et al. 2016, Fitamo et al. 2017,...)
- Nécessite des échantillons séchés
- Méthode déjà commercialisée : Flash BMP® méthode de prédiction du BMP (Lesteur, 2010)



SPIR



Cependant le **séchage** est une **étape contraignante** qui empêche la mise en ligne

**Mise en place d'une méthode rapide de caractérisation des boues en STEU pour la :**

- **Caractérisation rapide des intrants de la digestion anaérobie ainsi que des digestats**

## Choix de la spectroscopie de fluorescence 3D (SF3D)

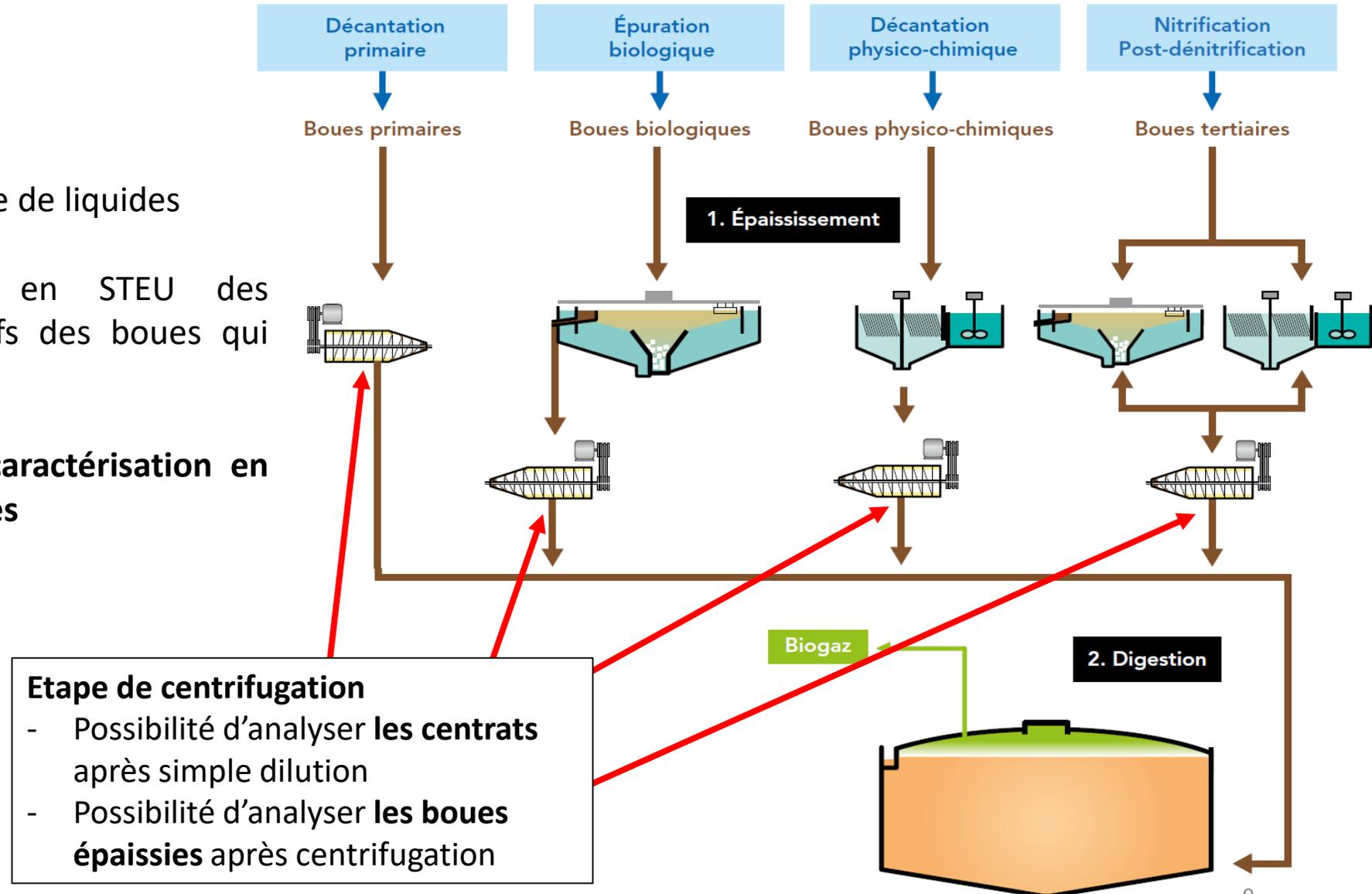
- Basée sur les propriétés de fluorescence de la MO
- Rapide, peu coûteuse, simple d'utilisation
- Possibilité de mise en ligne pour une mesure en temps réel à haute fréquence
- Expérience acquise en STEU (SIAAP) dans le cadre du programme de recherche Mocopée avec la caractérisation des eaux usées prédiction de la DBO et de la DCO (thèse A. Goffin)



# Caractérisation des boues centrifugées de STEU

# CARACTÉRISATION EN LIGNE DES BOUES DE L'ÉPURATION ?

- La SF3D permet l'analyse de liquides
- Possibilité d'analyser en STEU des «liquides» représentatifs des boues qui seront méthanisées ?
- Si oui, **possibilité de caractérisation en ligne des boues épaissies**

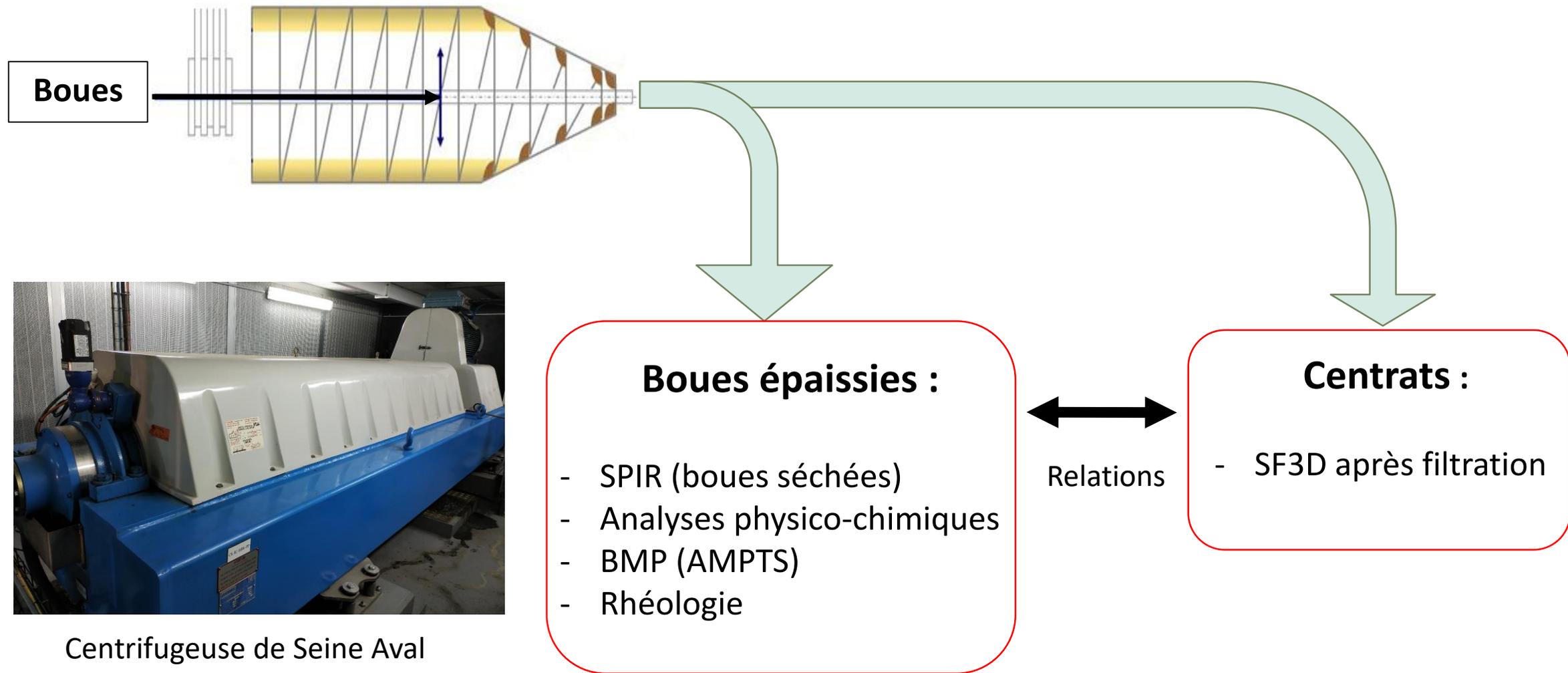


**Objectif** : valider la possibilité de caractériser en ligne les boues épaissies via l'analyse des centrats en SF3D

- Analyse en SF3D des centrats issus de la centrifugation des boues
- Comparaison de la caractérisation des centrats obtenue en SF3D avec les mesures (BMP, AGV, DCO,...) réalisées sur les boues épaissies avec des méthodes analytiques de référence

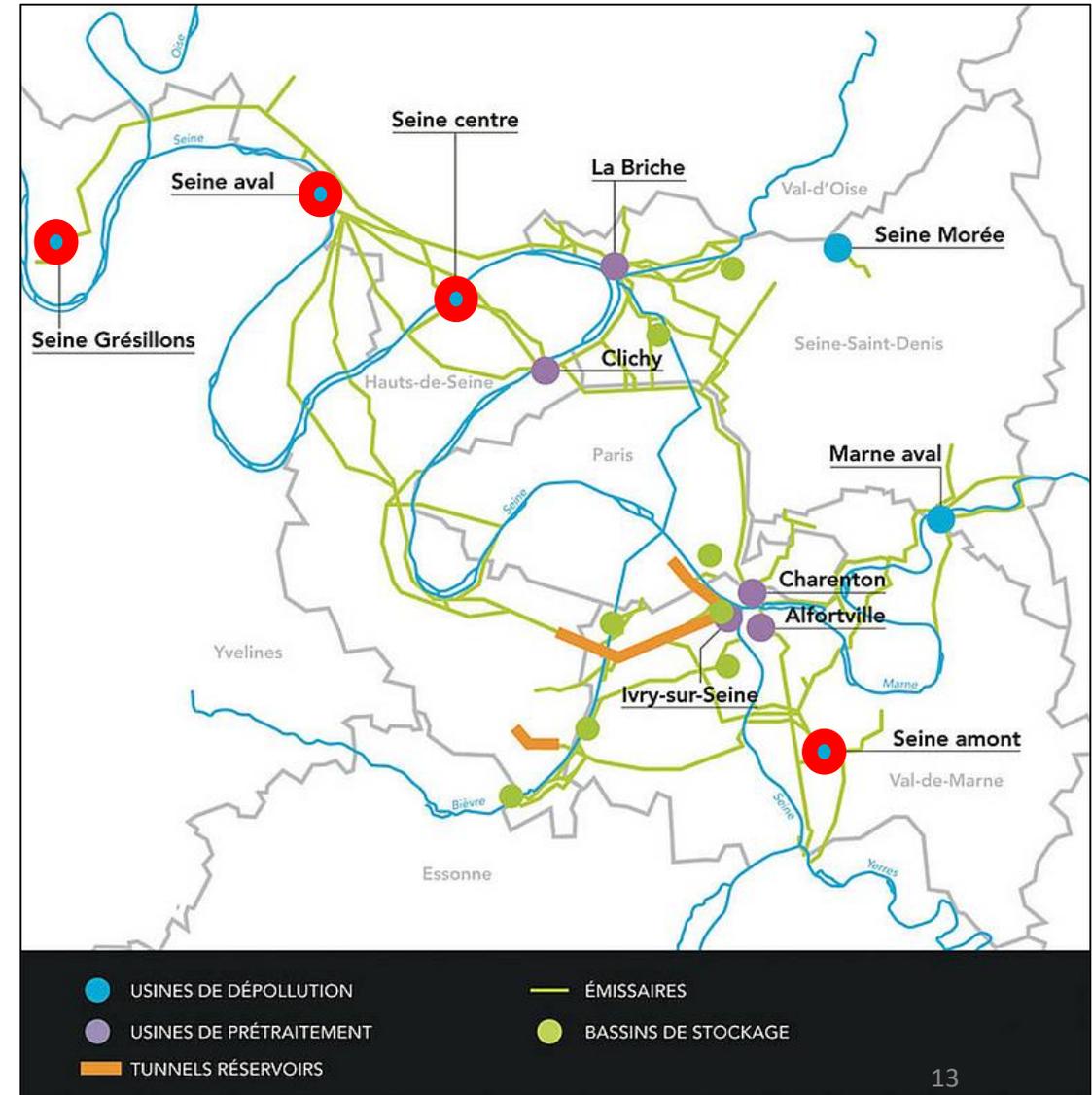
# 02/MATÉRIELS ET MÉTHODES

# Campagnes de caractérisation des boues épaissies après centrifugation et de leur centrats



# Prédiction du BMP sur des boues grâce à la SF3D

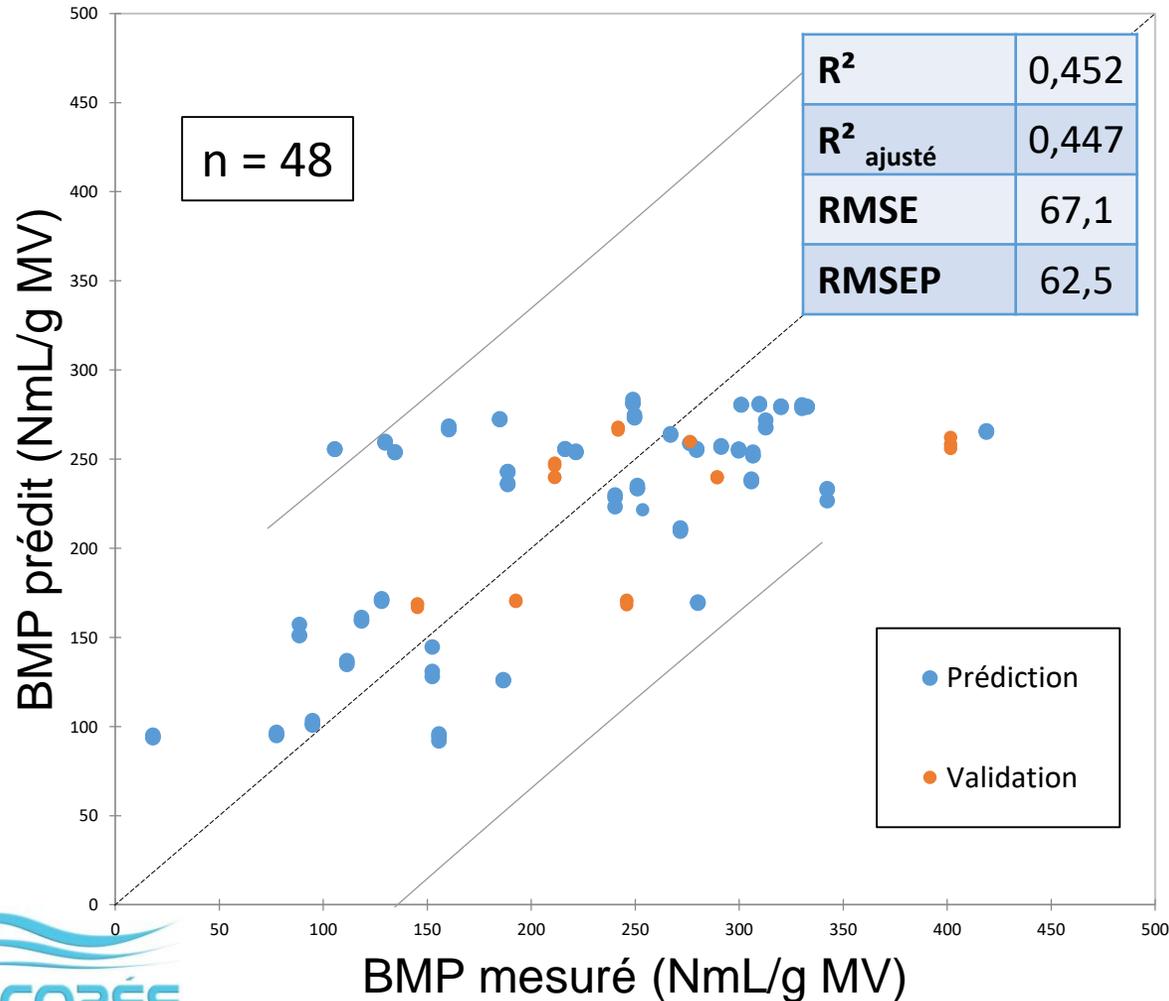
- Sites de prélèvements (● sur la carte) :
  - Seine Aval (boue primaire, boue biologique et boue mixte)
  - Seine Centre (boue mixte)
  - Seine Grésillons (boue physico-chimique)
  - Seine Amont (boue biologique et boue mixte)
- 20 campagnes pour 90 échantillons
- **Analyse en SPIR** : échantillons lyophilisation et broyés à 1 mm
- **Analyse en SF3D** : échantillons filtrés à  $0,45\mu\text{m}$  et dilués



# 03/RÉSULTATS

## Modèles pour la prédiction du potentiel méthanogène par PLS sur les spectres de SPIR

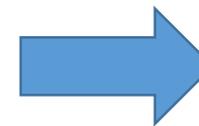
Prédiction du BMP sur échantillons lyophilisés



Analyses des boues épaissies après Lyophilisation

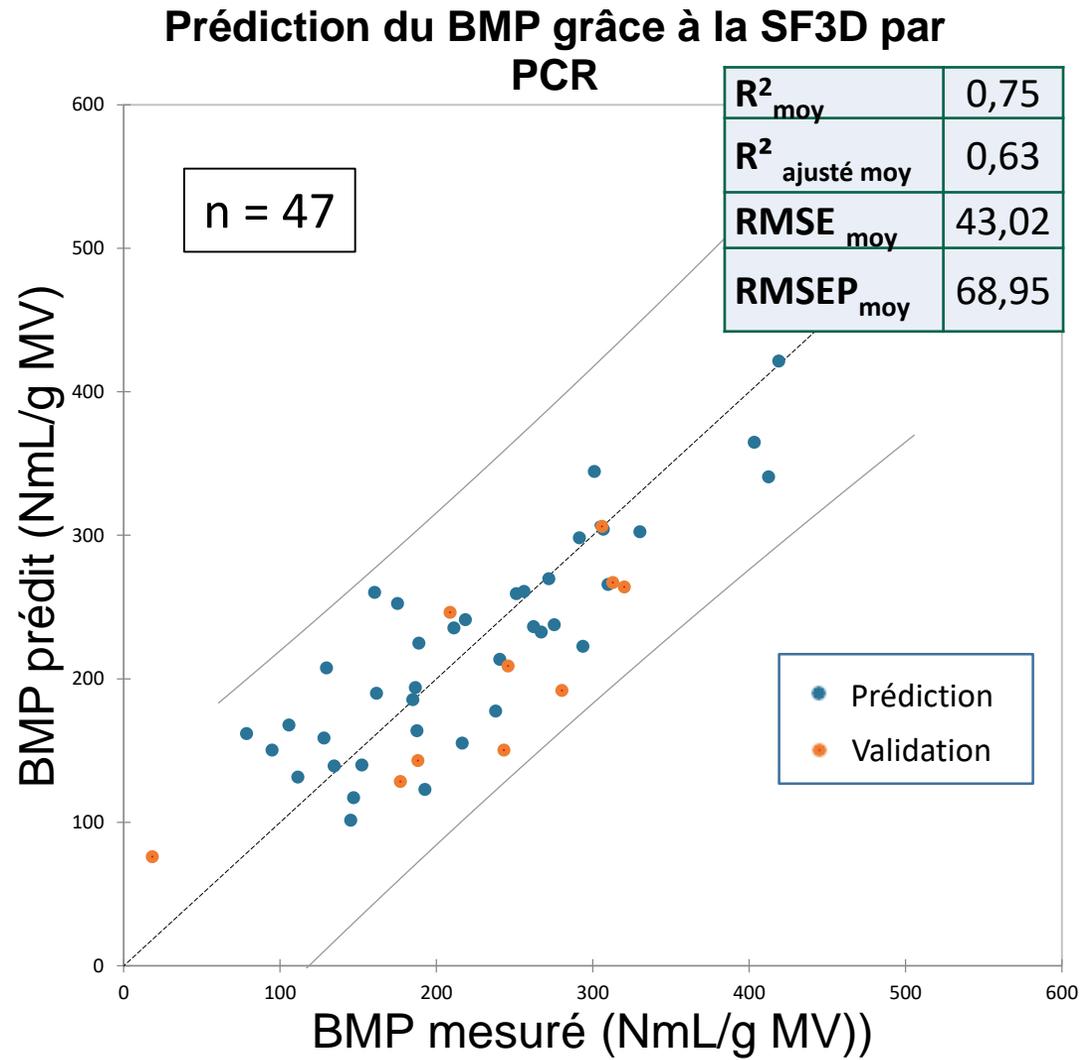
Modèle uniquement réalisé avec des boues de STEU

- 18 moyenne résidus (%)
- 16 médiane résidus (%)
- 6 min résidu (%)
- 36 max résidu (%)



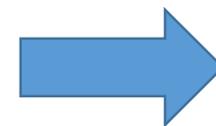
Malgré R<sup>2</sup> faible, une précision (18%) similaire à la littérature

# Prédiction du BMP à partir du centrat grâce à la SF3D



Sur ce jeu de 47 échantillons de boues ainsi obtenu, une boucle de modèle de régression linéaire a été appliqué 20 fois avec 20% des échantillons pris au hasard pour le valider.

- 27 moyenne résidus (%)
- 14 médiane résidus (%)
- 0,73 min résidu (%)
- 305 max résidu (%)



Modèle **robuste** et possibilité de prédire le BMP des boues en analysant leur centrat mais méthode un peu moins précise (27%) (amélioration du modèle en cours)

# Comparaison avec une méthode alternative de prédiction

---

## Le Flash BMP®

Modèle basé sur 500 échantillons de déchets organiques dont 45 boues de STEU et industrielles déshydratées analysées en SPIR

- Précision de la prédiction : 20% pour les boues (données de la société Ondalys)



**Qualité de prédiction similaire à la SF3D**

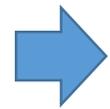
# 04/CONCLUSION

# Conclusion

---

Pour le BMP:

- Résultats SPIR proche de la littérature avec uniquement des boues de STEU
- Bons résultats avec la SF3D, moins précis que le Flash BMP® mais plus rapide à mettre en place

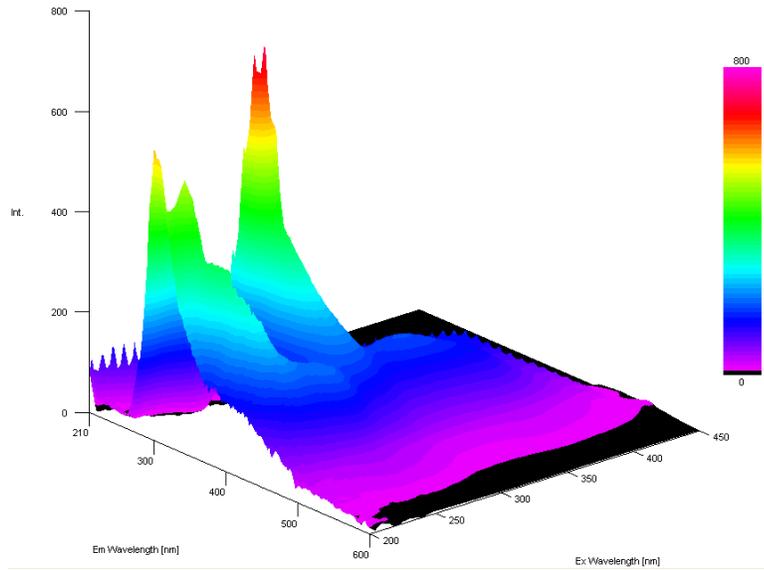


**Possibilité de caractérisation des boues en ligne**, en temps réel et à fréquence élevée en sortie de centrifugeuse grâce à l'analyse en SF3D

Perspectives :

- Prédiction **d'autres paramètres physico-chimiques** (Ammonium,...)
- **Mise en application rapide** en STEU avec l'utilisation de la sonde Fluocopée





Merci pour votre attention