

Etude de faisabilité d'une filière de recyclage des couches usagées: co-digestion de la fraction organique biodégradable

M. ROUEZ*, M. LEMUNIER*, Y. LESSARD*, A. SIMAO°, L. GALTIER°

*Suez Environnement CIRSEE

° SITA France

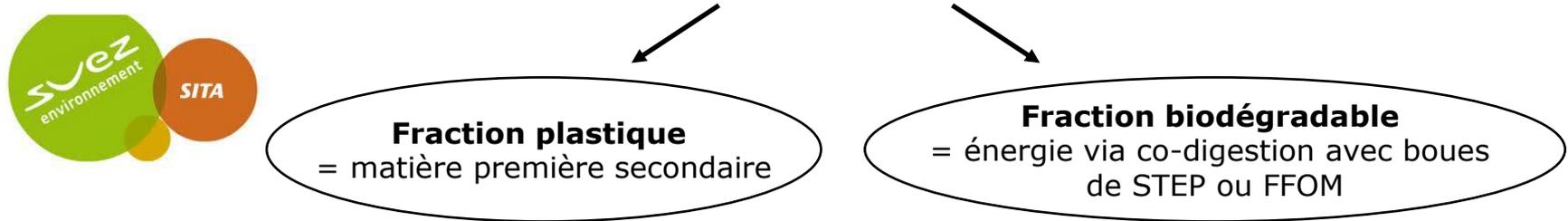


Co-digestion de la fraction organique biodégradable des couches

Les couches jetables: un gisement de MO considérable

- flux diffus des particuliers (un enfant utilise 4100 couches avant la propreté)
- volumes importants des crèches, maternités et maisons de retraite

→ SITA a engagé un projet de **recyclage matière** et **valorisation énergétique** des couches usagées



→ le projet regroupe des laboratoires privés, universitaires et associatifs pour évaluer les **possibilités de co-digestion** et les **impacts sur la qualité agronomique des digestats**



→ les résultats présentés ici proviennent de travaux préliminaires réalisés au **CIRSEE**

Co-digestion de la fraction organique biodégradable des couches

Schéma expérimental général / Plan de la présentation

1. Caractérisations de produits neufs représentatifs

- composition des produits
- potentiel méthane global

2. De l'échelle industrielle au laboratoire

- optimisation avec des produits neufs
- traitement de produits usagés pour récupération de la fraction biodégradable des couches (FBC)

3. Co-digestion de la FBC avec des boues de STEP

- potentiels méthane individuels et en mélange
- effet de la charge organique

4. Conclusions & implications industrielles

Co-digestion de la fraction organique biodégradable des couches

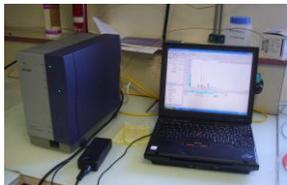
1. Caractérisations de produits neufs représentatifs

Matériaux

- couches bébé
- couches adulte
- serviettes hygiéniques
- alèses

Méthodes

- teneurs en matières sèches (MS) et volatiles (MV) selon méthodes normalisées
- composition des produits par « dissection » et pesées de chaque constituant: **plastiques, cellulose et polymères super absorbant (SAP)**
- potentiels méthane déterminés par incubations batch (BMP) selon la procédure suivante:



- digestat de boues de STEP comme inoculum à un ratio Substrat / Inoculum (S/I) de 1 (sur la base des MV)
- incubation dans des bouteilles de 1L à 37°C sous agitation orbitale
- un test contenant seulement du digestat pour respiration endogène et MO résiduelles
- tous les essais dupliqués
- quantité de biogaz déterminée par mesures manométriques
- qualité du biogaz par analyses μ GC
- 21 jours de suivi

Co-digestion de la fraction organique biodégradable des couches

1. Caractérisations de produits neufs représentatifs

Résultats

Méthode	Paramètre	Couche bébé	Couche adulte	Serviette hygiénique	Alèse
Méthode normalisée	Masse unitaire (g de MB [*])	28	136	15	106
	MS (% des MB)	97	95	97	96
	MV (% des MS)	84	92	94	100
Séparation manuelle	Plastiques (% des MB)	56	20	27	30
	Cellulose (% des MB)	26	75	67	70
	SAP (% des MB)	18	5	7	0
BMP	mL CH ₄ .g MV _{total} ⁻¹	114	253	209	252
	mL CH ₄ .g MV _{cellulose} ⁻¹	370	318	305	352

* MB = Matières Brutes

- importante variabilité entre les compositions des produits:

- **masse unitaire de 28g (couche bébé) à 136g (couche adulte)**
- **fortes teneurs en plastiques et SAP des couches bébé (56 et 18%)**
- **forte teneur en cellulose des produits adultes (autour de 70%)**

→ données simples mais utiles pour l'estimation de la composition d'un gisement

- différences significatives entre les potentiels méthane exprimés par rapport à la MV totale mais moyenne de 336 L (CH₄) / kg MV_{cellulose}
 ⇔ 80% du potentiel théorique maximal de la cellulose

→ pas d'inhibition significative des SAP ou de composés antibactériens

Co-digestion de la fraction organique biodégradable des couches

2. De l'échelle industrielle au laboratoire

Matériels et méthodes

Selon le brevet industriel, pour notre application, le procédé devrait comprendre 3 principales étapes...

Principales étapes

BROYAGE GROSSIER



PULPAGE & SEPARATION DES PLASTIQUES



SEPARATION DES SAP & RECUPERATION DE LA FBC

Objectifs:

Dilacération pour rendre accessibles les différents constituants

Spécifications:

Ne doit pas broyer les plastiques trop finement pour permettre leur récupération dans la 2^{ème} étape: 5mm de dimension minimale

Moyens:

Tous types d'appareils permettant un broyage grossier

Objectifs:

« Solubilisation » des fèces, de la cellulose et des SAP & récupération des plastiques

Spécifications:

Faible siccité, mélange adapté et ajout d'un « réticulant » pour empêcher le gonflement des SAP
Tamis en sortie pour récupérer les plastiques

Moyens:

« Pulpeur » spécifique breveté

Objectifs:

Séparation des SAP réticulés de la fraction cellulose & fèces

Spécifications:

Faible siccité et filtration sous pression pour séparer les SAP

Moyens:

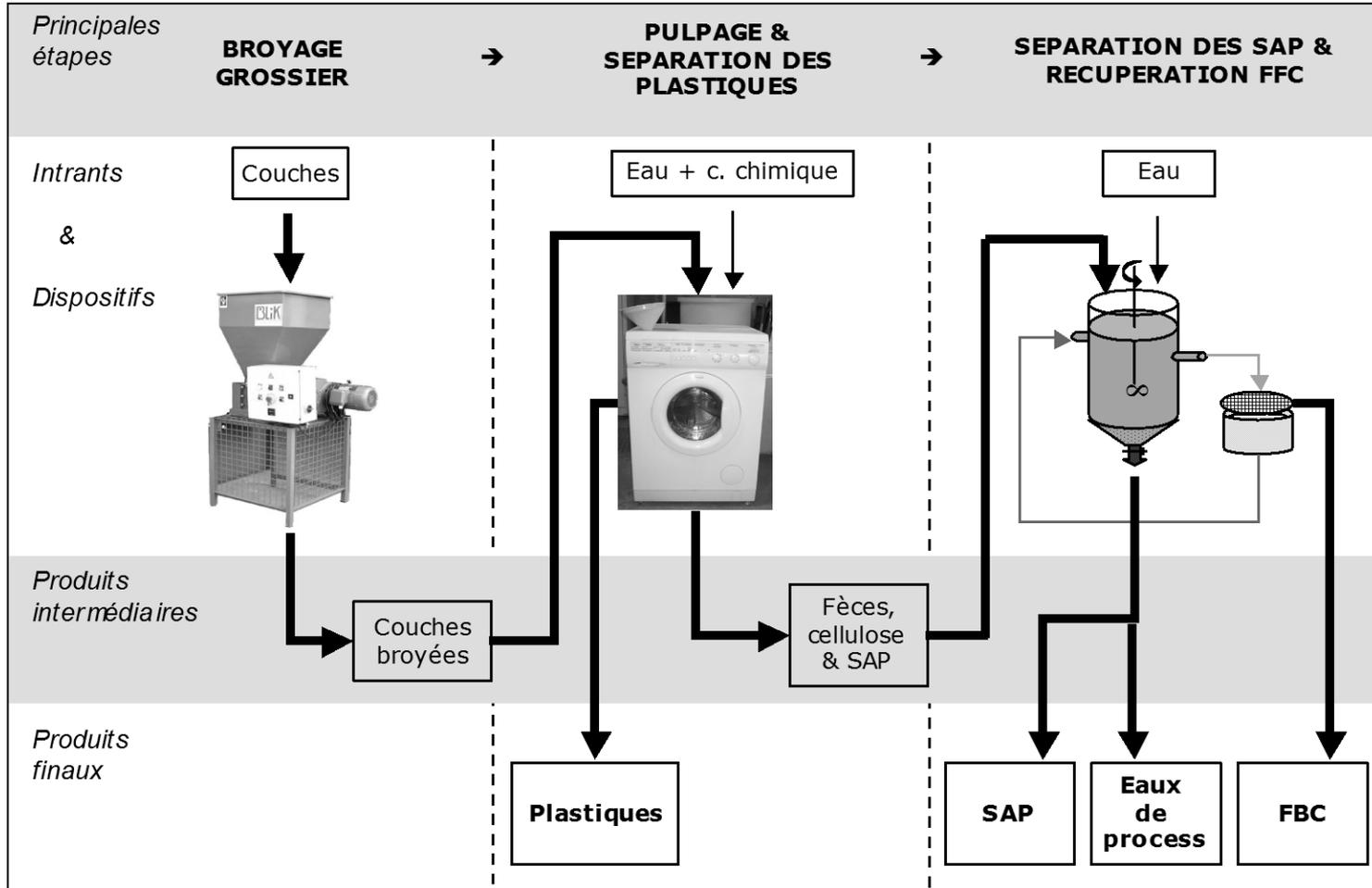
Unité de filtration sous pression spécifique

→ les performances de différents systèmes ont été évaluées au laboratoire pour chaque étape à l'aide de produits d'hygiène neufs...

Co-digestion de la fraction organique biodégradable des couches

2. De l'échelle industrielle au laboratoire

Résultats: Procédé final à échelle laboratoire

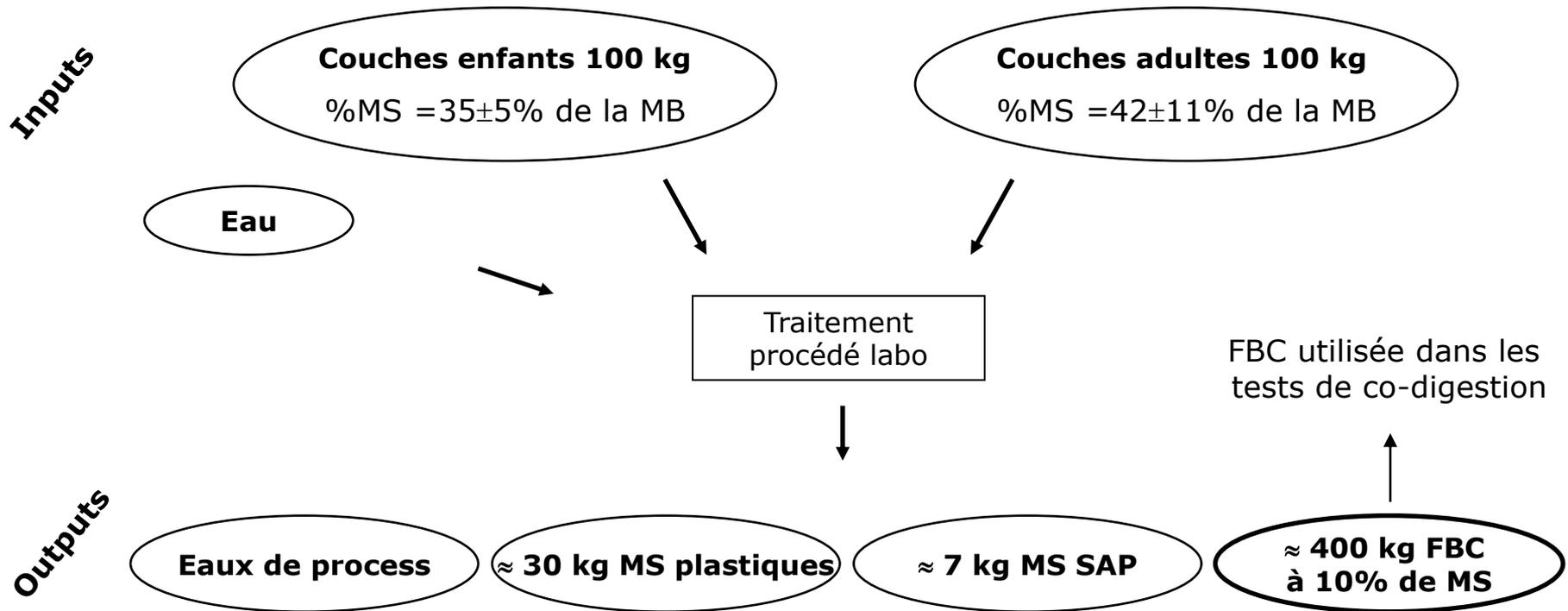


Co-digestion de la fraction organique biodégradable des couches

2. De l'échelle industrielle au laboratoire

→ Traitement de déchets réels (principalement des couches adultes et enfants) au laboratoire pour récupération d'une **fraction biodégradable des couches (FBC)** représentative

Résultats: Bilan massique du traitement à échelle laboratoire



Co-digestion de la fraction organique biodégradable des couches

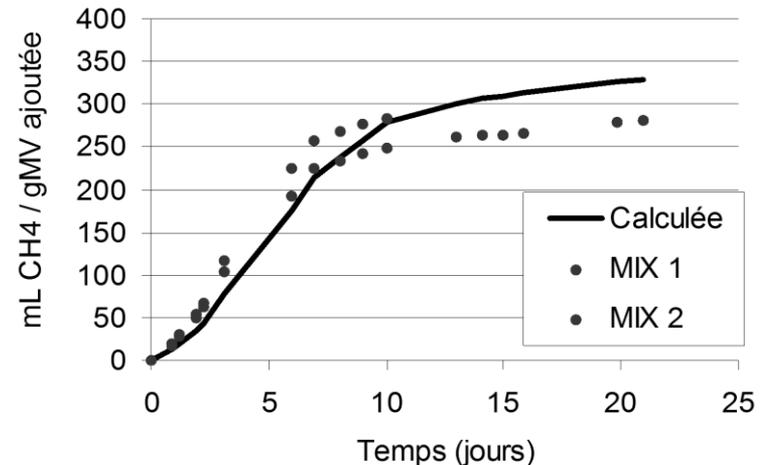
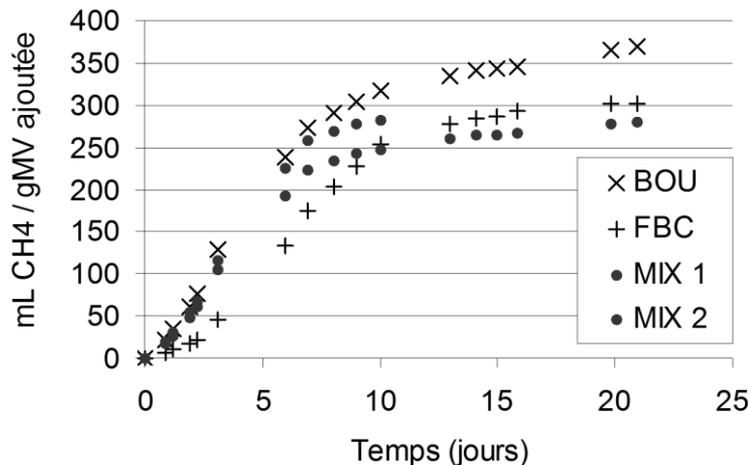
3. Co-digestion de la FBC avec des boues de STEP

Effets de la co-digestion

Matériels
&
Méthodes

- Fraction Biodégradable des couches (FBC) et boue de STEP (BOU) ont été analysés en BMP individuellement (essais nommés FBC et BOU respectivement) et en mélange (essai MIX)
- Essai MIX avec un ratio BOU/FBC de 45/55 sur la base des matières sèches
- Procédure des tests BMP similaire à précédemment

Résultats



- Potentiel BOU = 370 ± 9 L (CH₄).kgMV_{aj}⁻¹
- Potentiel FBC = 303 ± 3 L (CH₄).kgMV_{aj}⁻¹

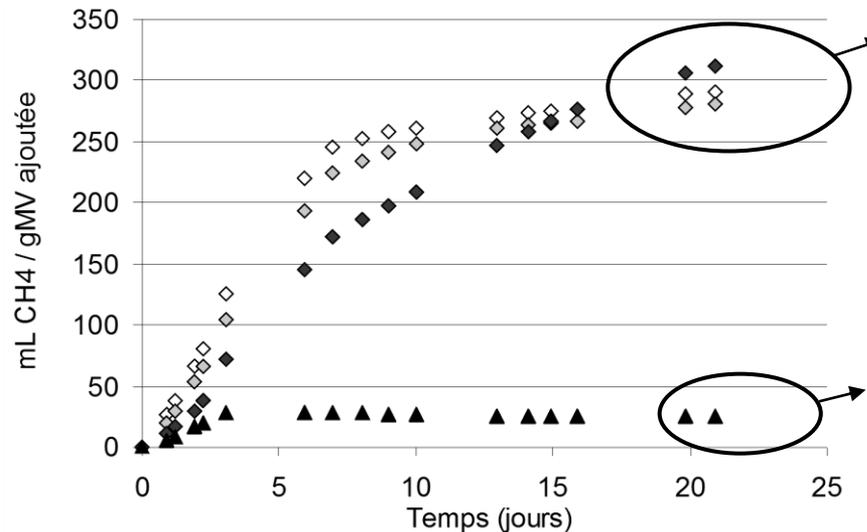
- pas d'effets de synergie significatifs
- additivité des potentiels méthane

Co-digestion de la fraction organique biodégradable des couches

3. Co-digestion de la FBC avec des boues de STEP

Effet de la charge organique

- Mixture BOU/FBC incubée en BMP à différents ratios S/I croissants (0,5; 1; 2; 4)
- Essais nommés respectivement R0,5 / R1 / R2 / R4
- Exceptés les ratios S/I, procédure BMP similaire à précédemment
- Mesure de la DCO soluble en fin d'incubation après filtration à 0.45µm



Pour $0,5 \leq \text{ratios S/I} \leq 2$

→ effets cinétiques principalement

→ $P_{CH_4} = 295 \pm 15 \text{ L.kgMV}_{aj}^{-1}$

→ DCOs finale = $740 \pm 20 \text{ mg(O}_2\text{).L}^{-1}$

Pour $S/I = 4$

→ forte inhibition (accumulation AGV)

→ $P_{CH_4} = 25 \text{ L.kgMV}_{aj}^{-1}$

→ DCOs finale = $4660 \text{ mg(O}_2\text{).L}^{-1}$

Co-digestion de la fraction organique biodégradable des couches

4. Conclusions & implications industrielles

→ Travaux en cours et à accomplir pour finaliser l'étude de faisabilité industrielle:

- Qualité des plastiques et mode de recyclage
- Qualité des effluents du procédé et besoins d'épuration spécifiques
- Impact de la co-digestion de la FBC sur la qualité agronomique des digestats
- Spécifications (design, opération et maintenance) pour un CSTR alimenté avec la mixture

→ Conclusions et implications des présents résultats

- 1 à 2 t de FBC (à 10% de MS) peuvent être récupérées à l'issue du traitement d'1t de déchets
- 1 t de FBC peut être co-digérée avec 2 t de boue de STEP => si boue à 4%MS alors mélange à 6%MS soit une siccité adaptée à une méthanisation liquide...
- 1 t FBC à 10%MS \Leftrightarrow 30 m³ CH₄ \Leftrightarrow 100 kWh_{électrique}
- Extrapolation des effets de la charge organique du batch à un CSTR délicate mais charge maximale sur boue seule en batch similaire à celui de la mixture (données non présentées) donc charge maximale de la mixture en CSTR autour de $\approx 2 - 2,5 \text{ kgMV.m}_{\text{réacteur}}^{-3} \cdot \text{j}^{-1}$

→ Une approche originale permettant la valorisation de 90 à 95 % des couches usagées