



Institut Mines-Télécom

HYBRIDATION DE PROCÉDÉS THERMOCHIMIQUES ET BIOLOGIQUES POUR LA PRODUCTION DE BIOMÉTHANE.

TCHINI SÉVERIN TANOH
AMINA AIT OUMEZIANE
JÉRÔME LEMONON
F. JAVIER ESCUDERO SANZ
SYLVAIN SALVADOR

SOMMAIRE

1.CONTEXTE

2.INTRODUCTION

3.PROJET BIOSYP



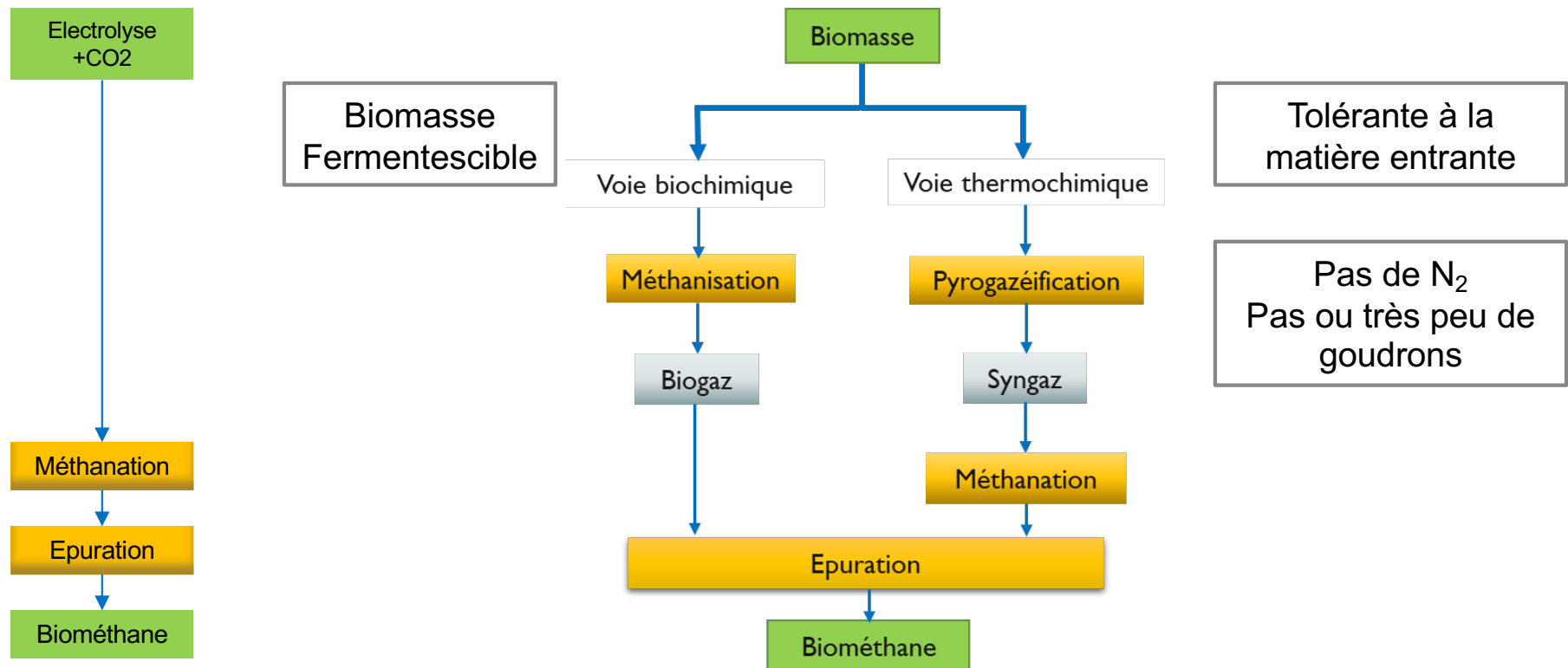
Institut Mines-Télécom

Contexte : Production de méthane renouvelable



Mix de gaz 100 % renouvelable en 2050 ? Ademe 2018

Potentiel théorique de 460 TWh



Trois filières : P2G, Méthanisation et Pyrogazéification



Méthanation catalytique vs. Bio-méthanation

	Catalytique	Biologique
Cinétique		
Conditions		
Phase	Gaz/Solide	Gaz/Aq/Solide
H ₂ /CO		
H ₂ /CO ₂		
Sensibilité aux impuretés		

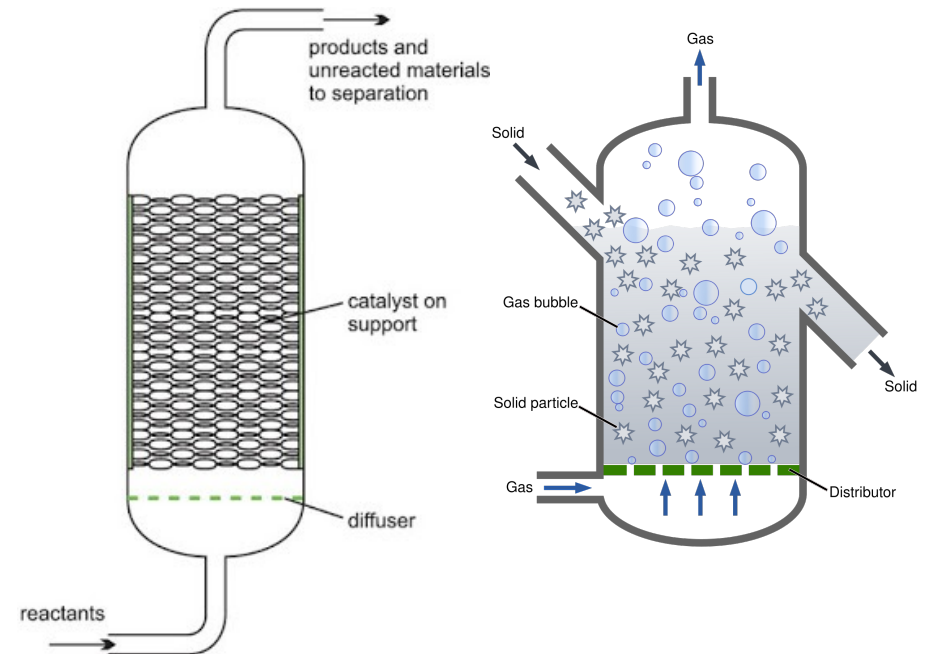
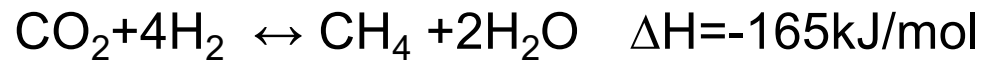
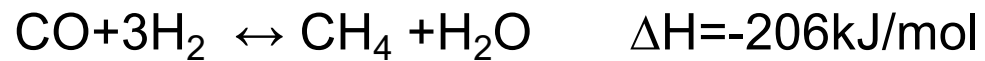
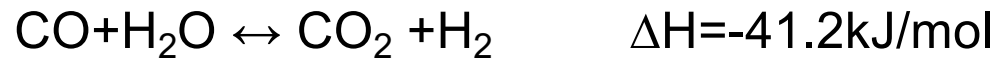
Méthanation catalytique vs. Bio-méthanation

	Catalytique	Biologique
Cinétique		
Conditions		
Phase	Gaz/Solide	Gaz/Aq/Solide
H ₂ /CO	≥ 3	$\frac{H_2 + CO}{CO_2 + CO} = 4^{(1)}$
H ₂ /CO ₂	≥ 4	
Sensibilité aux impuretés		

(1) Guiot S. Bio-upgrading of syngas into methane. Proc. 13th World Congr. Anaerob. Dig., Santiago de Compostela, Spain: 2013

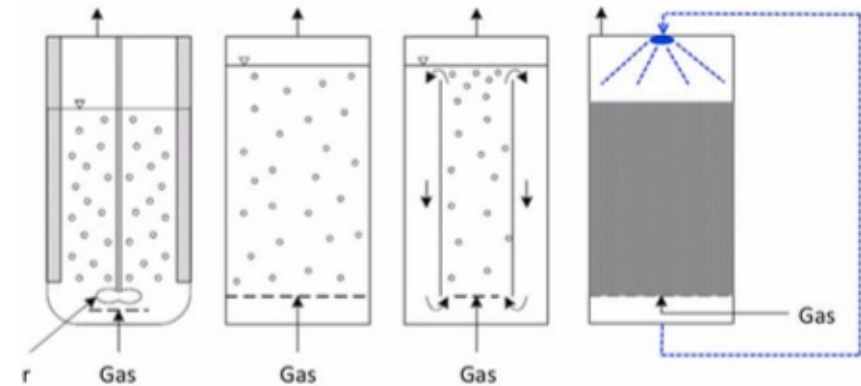
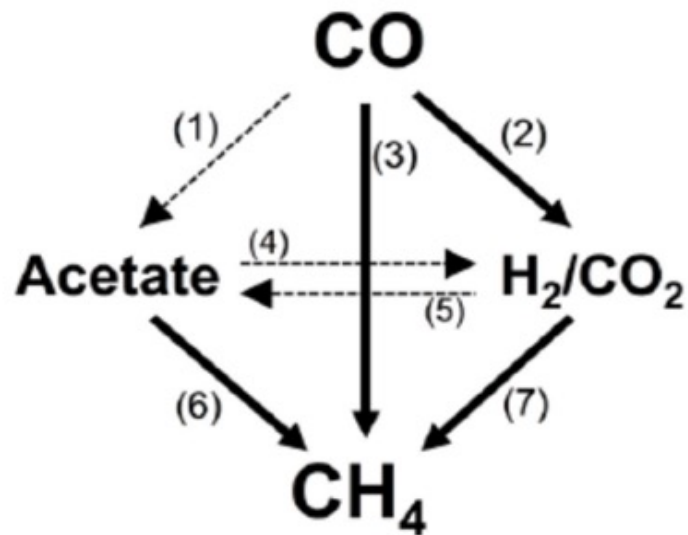
Méthanation catalytique vs. Bio-méthanation

Méthanation Catalytique - Mécanismes et technologies de réacteurs



Méthanation catalytique vs. Bio-méthanation

Méthanation Biologique - Mécanismes et technologies de réacteurs



Principale limitation

→ Transfert Gaz/Liquide

Solutions




→ Augmenter transferts

→ Augmenter la solubilité (P)

(2) S. Guiot, Integrating anaerobic digestion and gasification to biomethane; REGATEC 2017

⚠ Toxicité accrue avec la concentration

Méthanation catalytique vs. Bio-méthanation

	Catalytique	Biologique
Cinétique		
Conditions		
Phase	Gaz/Solide	Gaz/Aq/Solide
H ₂ /CO	≥ 3	$\frac{H_2 + CO}{CO_2 + CO} = 4^{(1)}$
H ₂ /CO ₂	≥ 4	
Sensibilité aux impuretés		

- (1) Guiot S. Bio-upgrading of syngas into methane.
Proc. 13th World Congr. Anaerob. Dig., Santiago de Compostela, Spain: 2013

Maturité - Retour sur les technologies

Méthanation Catalytique



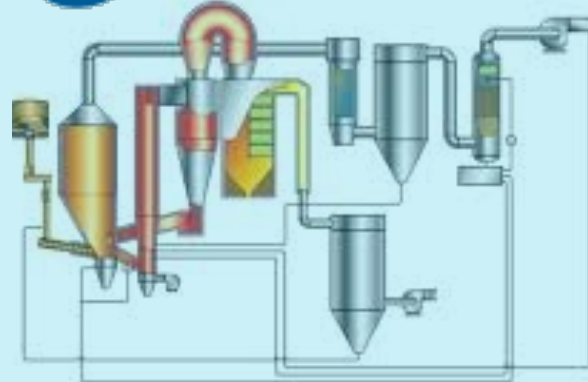
gogreengas

20-25 GWh/a

ambigo

Alkmaar 4 MW

GoBiGas



gaya

Méthanation Biologique TITAN V



BioCatProject
POWER-TO-GAS VIA BIOLOGICAL CATALYSIS

Jupiter¹⁰⁰⁰

H₂: 200 Nm³/h
SNG: 25-30 Nm³/h

P2G

PROJET BIOSYP

PARTENAIRES

TERRAWATT
RAPSODEE (IMT MINES-ALBI)
TBI (INSA TOULOUSE)
LGC (INP-TOULOUSE)
SOLAGRO

FINANCEURS

ADEME
REGION OCCITANIE

Biomasses sélectionnées

Référence

Deux biomasses ont été sélectionnées

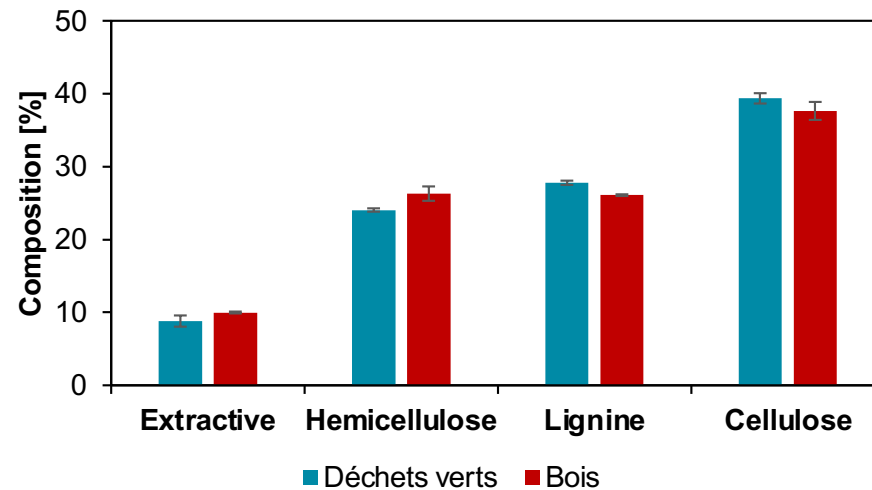
Granulés : D=6 mm, H entre 6 et 15 mm



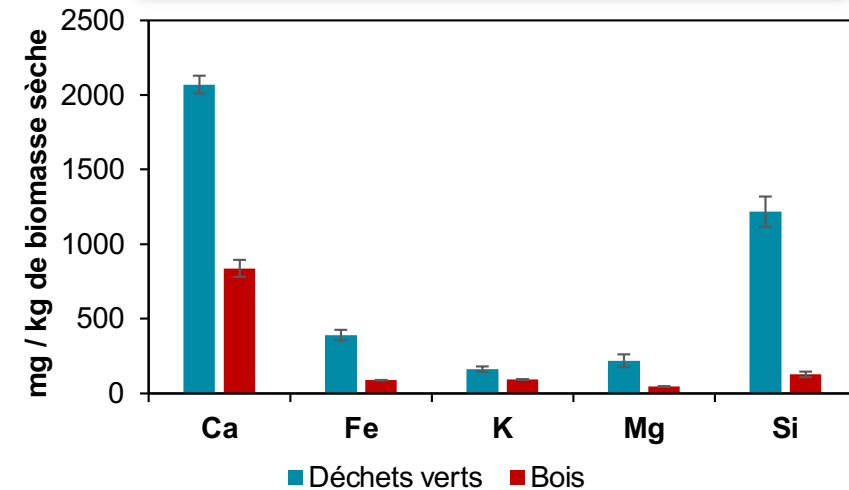
Composition and PCI		Déchets verts	Bois
Analyse élémentaire (wt. % daf)	C	50,2	49,8
	H	5,7	6,0
	O	43,7	44,1
	N	0,4	0,1
	O/C	0,6	0,7
	H/C	1,4	1,4
Analyse immédiate (wt. % db)	Matières volatiles	79,3	82,5
	Carbone fixe	18,0	16,6
	Cendres	2,7	0,9
PCI (MJ/kg) db.	PCI	17,9	18,1

Biomasses sélectionnées

Composition macromoléculaire

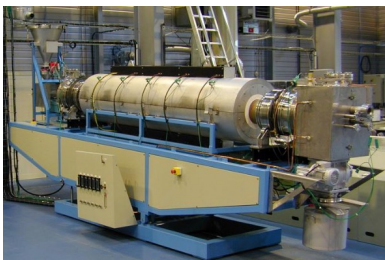


Composition en éléments inorganiques



Si et Ca sont abondants dans les déchets verts

Installation Pilote



Four tournant

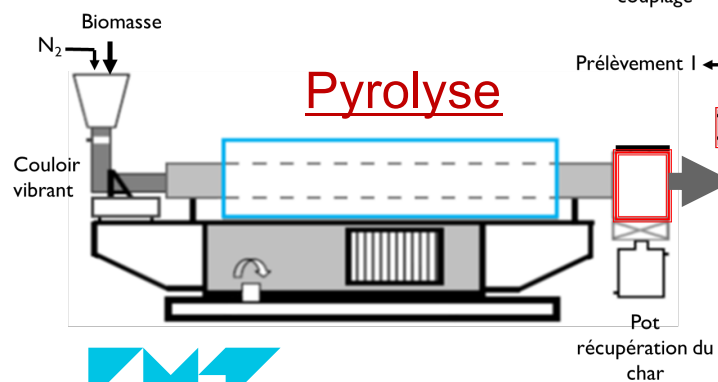
L : 4,2 m, D : 0,21 m

$\dot{m}_{solide} = 6 \text{ kg/h}$

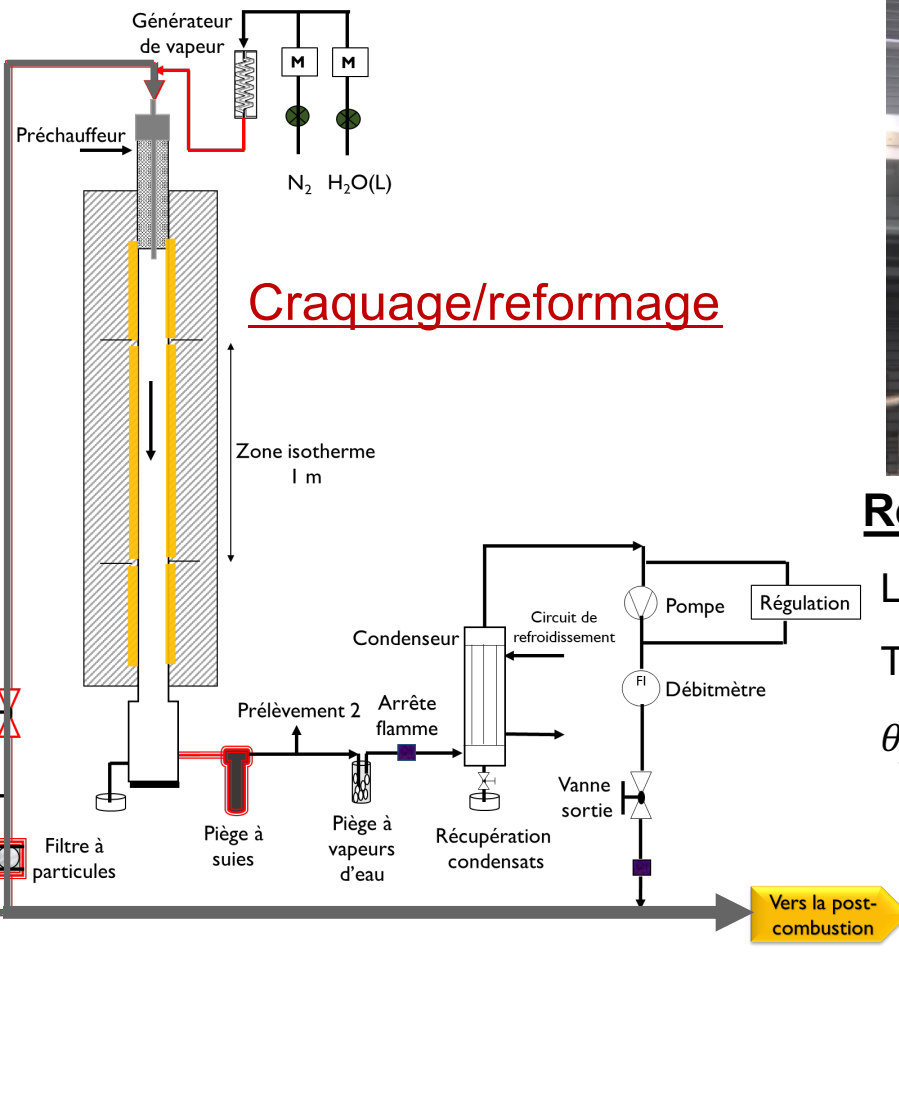
$\theta_{solide} = 40 \text{ min}$

$\theta_{gaz} = 38-40 \text{ s}$

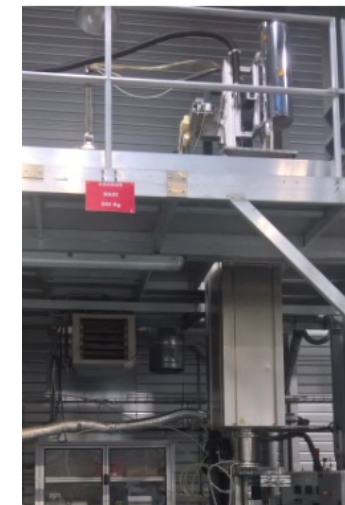
T = 800°C



Pyrolyse



Craquage/reformage



Réacteur tubulaire

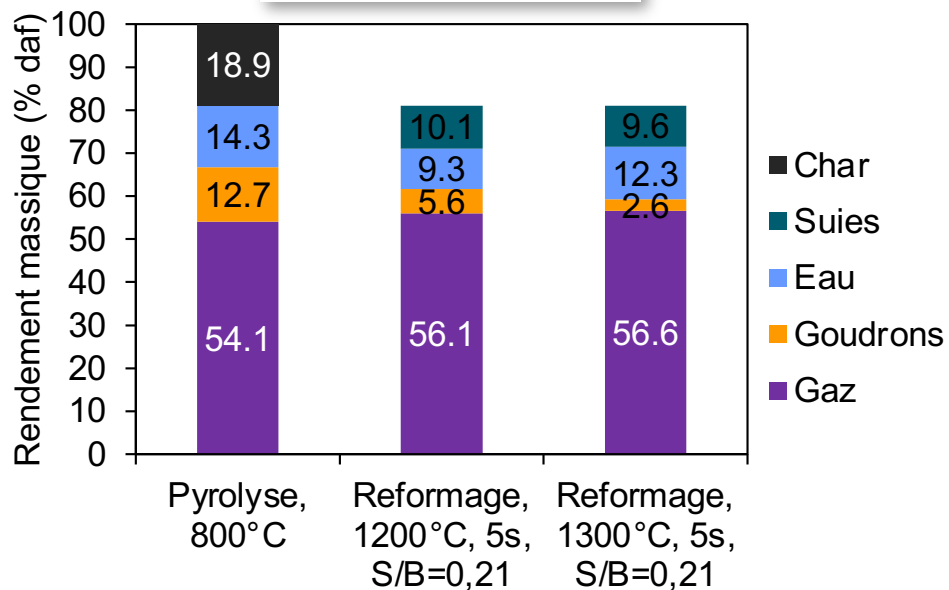
L : 2,3 m, D : 7,5 cm

T = 1200-1300°C

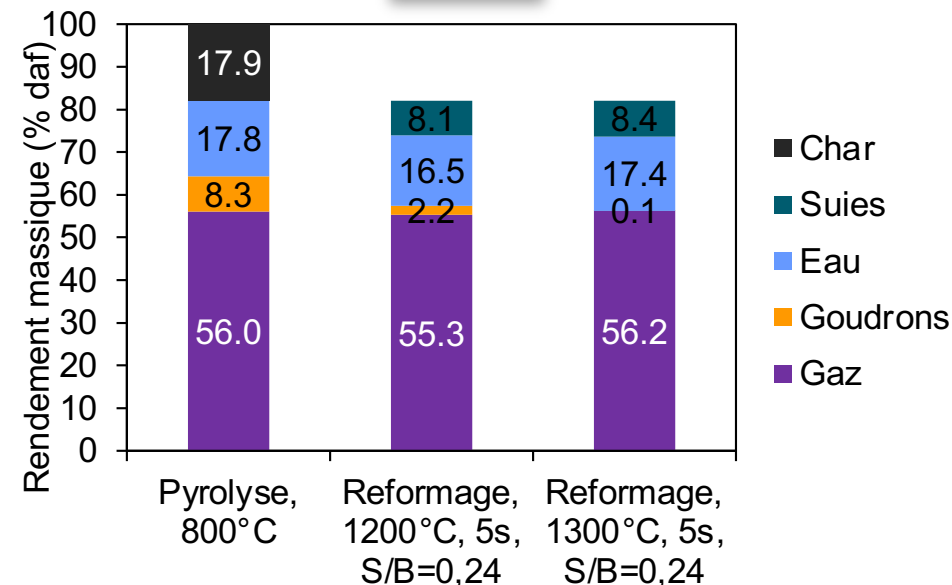
$\theta_{gaz} = 5-10 \text{ s}$

Bilans du procédé intégré

Déchets verts



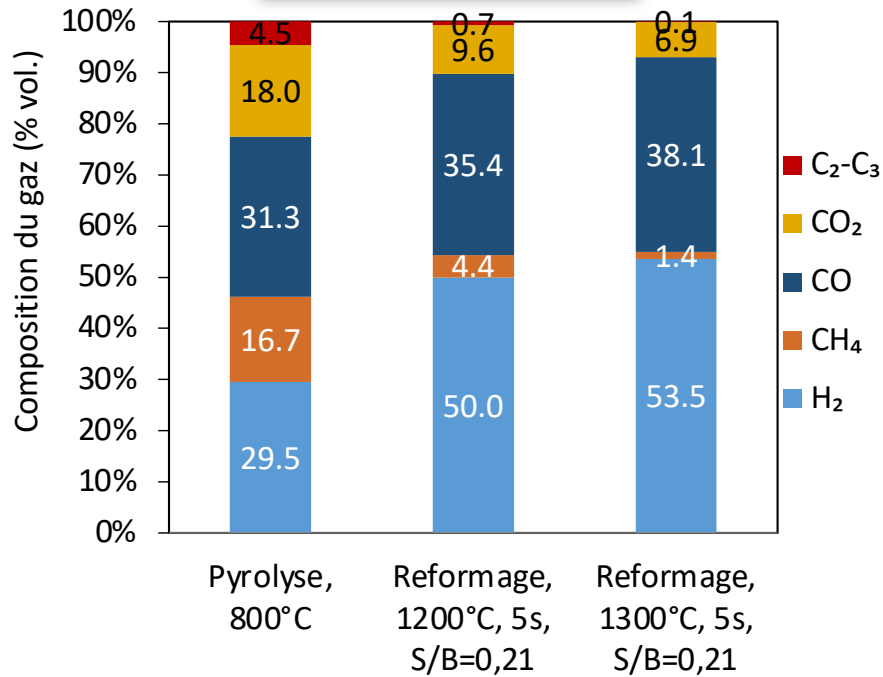
Bois



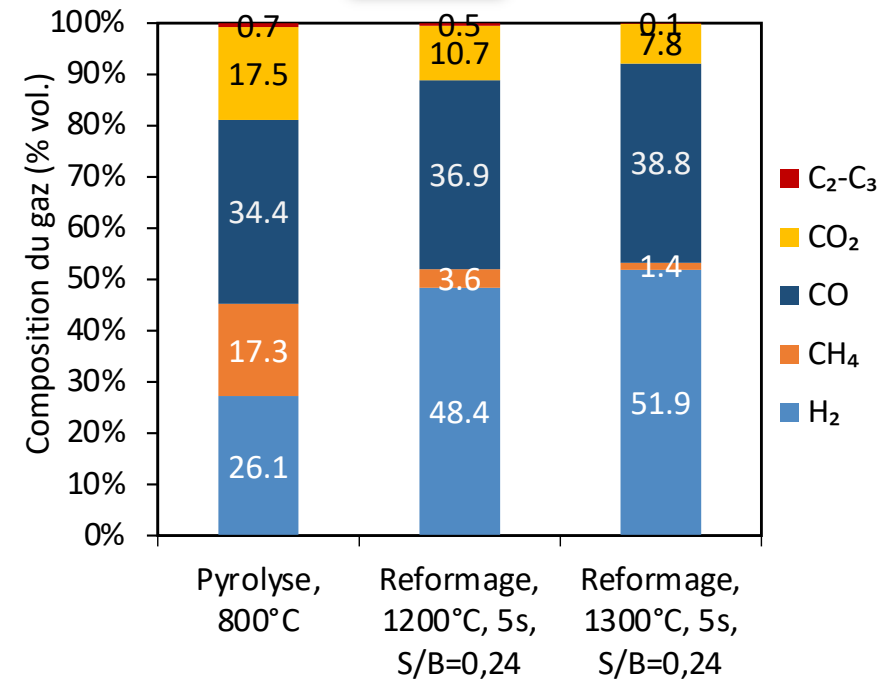
- Taux de conversion de goudrons de **56%** à 1200°C et **80%** à 1300°C
- Rendement massique en gaz ~ **56 %**
- Concentration de goudrons ~ **0,11-0,24 g/Nm³**
- Rendement en suies ~**10%** (Déchets verts) et ~**8%** (Bois)
- Taux de conversion de goudrons de **73%** à 1200°C et **99%** à 1300°C

Composition du gaz de synthèse

Déchets verts



Bois



- $V=0,74-0,85 \text{ Nm}^3/\text{kg daf}$
- $\text{PCI}_{\text{gaz}} = 10-12 \text{ MJ/Nm}^3$

$$\left. \begin{array}{l} \text{H}_2/\text{CO} = 1,3-1,4 \\ \text{H}_2/\text{CO}_2 = 4,5-8,3 \end{array} \right\} \text{Biométhanation}$$

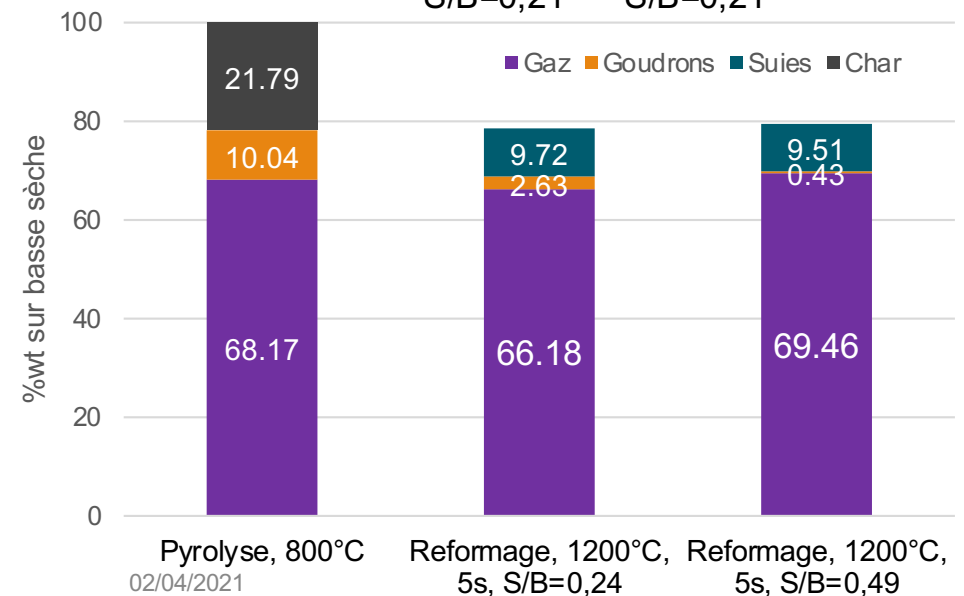
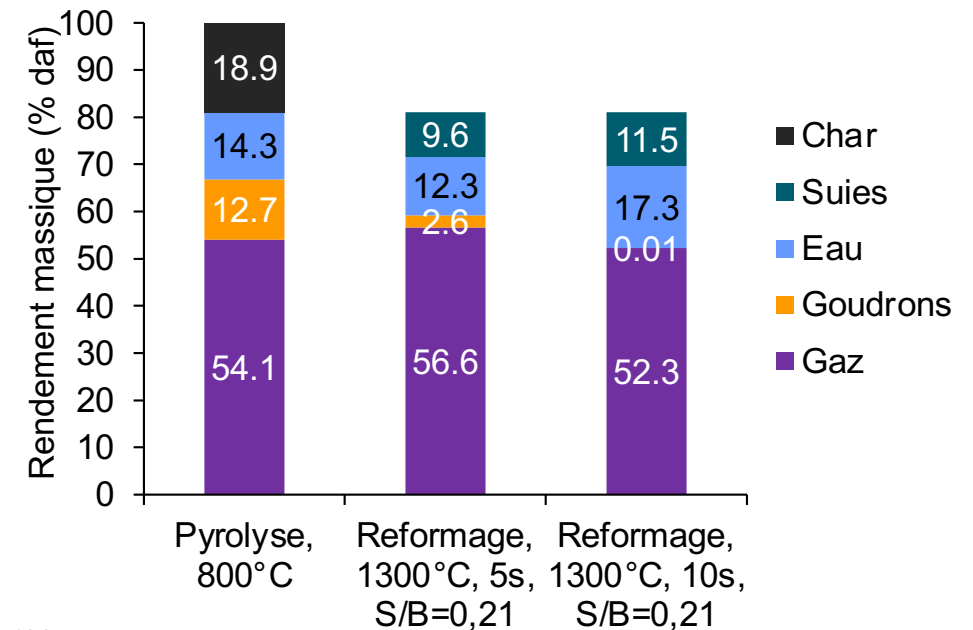
Comment réduire la production de suies

Augmenter le temps de séjour

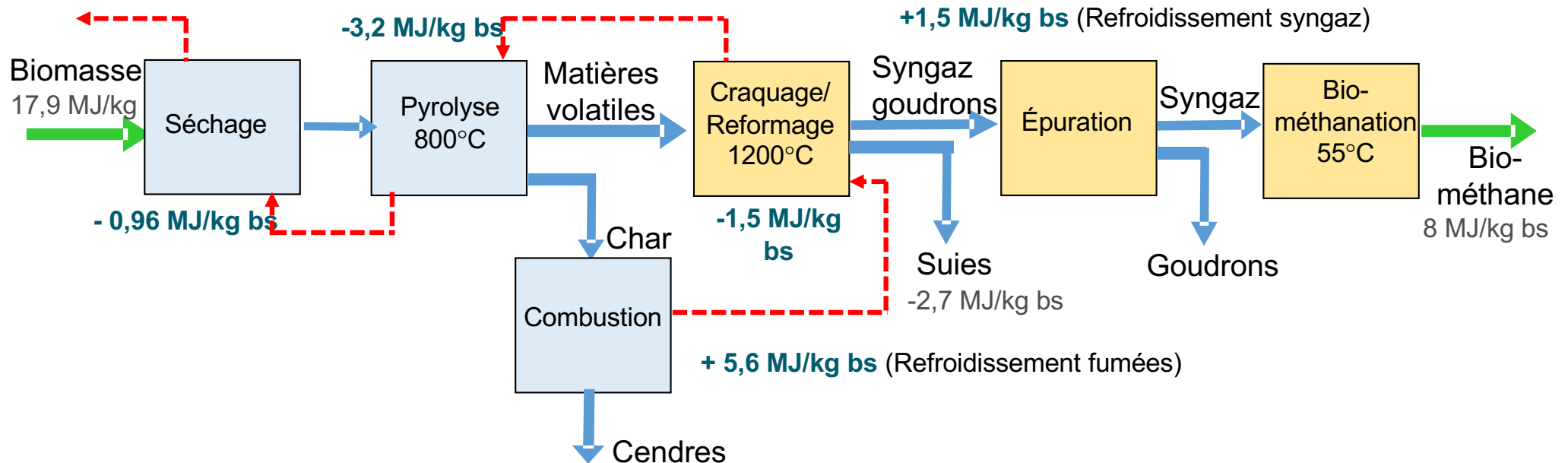
- Conversion quasi totale des goudrons ($0,15 \text{ g/Nm}^3$)
- Augmentation du taux de suies
- Pas d'effet sur la composition des gaz

Ajout de vapeur d'eau

- Augmentation de la production de gaz
- Conversion quasi totale des goudrons
- Améliore H_2 / CO (de 1,4 à 1,6)



Modélisation du procédé complet sous ASPEN



Rendement énergétique en méthane

$$\eta_{CH_4} = \frac{\dot{m}_{CH_4} \times PCI_{CH_4}}{\dot{m}_{Biomasse_s\grave{e}che} \times PCI_{Biomasse}} \times 100 = 44\%$$

Rendement en carbone

$$\eta_C = \frac{\dot{m}_{C,sor}}{\dot{m}_{C,ent}} = 24\%$$

Conclusion

- Procédé originale autotherme
- Rendement sur PCI ~ 44%
- Rapports H_2/CO ~1,4-1,6
- Syngas compatible avec la biométhanation
- Reformage non catalytique à HT des matières volatiles → suies
- ~ 8-10% suies (%wt daf)



Institut Mines-Télécom

HYBRIDATION DE PROCÉDÉS THERMOCHIMIQUES ET BIOLOGIQUES POUR LA PRODUCTION DE BIOMÉTHANE.

TCHINI SÉVERIN TANO
AMINA AIT OUMEZIANE
JÉRÔME LEMONON
F. JAVIER ESCUDERO SANZ
SYLVAIN SALVADOR