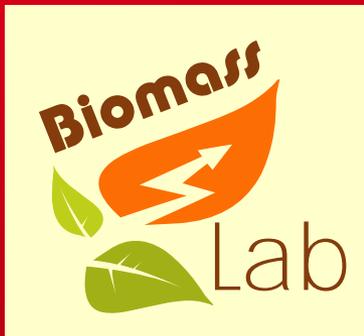


DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



**liten**

# **ANALYSE TECHNIQUE ET ECONOMIQUE DE FILIERES DE PREPARATION DE LA BIOMASSE PAR PYROLYSE ET TORREFACTION DANS UNE CHAINE BTL**

**Guillaume BOISSONNET**

**Equipe Biomasse CEA Grenoble**

[guillaume.boissonnet@cea.fr](mailto:guillaume.boissonnet@cea.fr)

*Journées thématiques « Combustion de biocarburants, de la biomasse et de ses dérivés » - Lille - 7 et 8 novembre 2017*



# PLATEFORME EXPÉRIMENTALE CEA GRENOBLE

Zone hydrothermale, Chaudière à grille,  
Pyrolyse, Analyses

Zone GENEPI : Broyage, Séchage,  
Torréfacteur, Réacteur à Flux  
Entrainé, Pyrolyse, Analyses

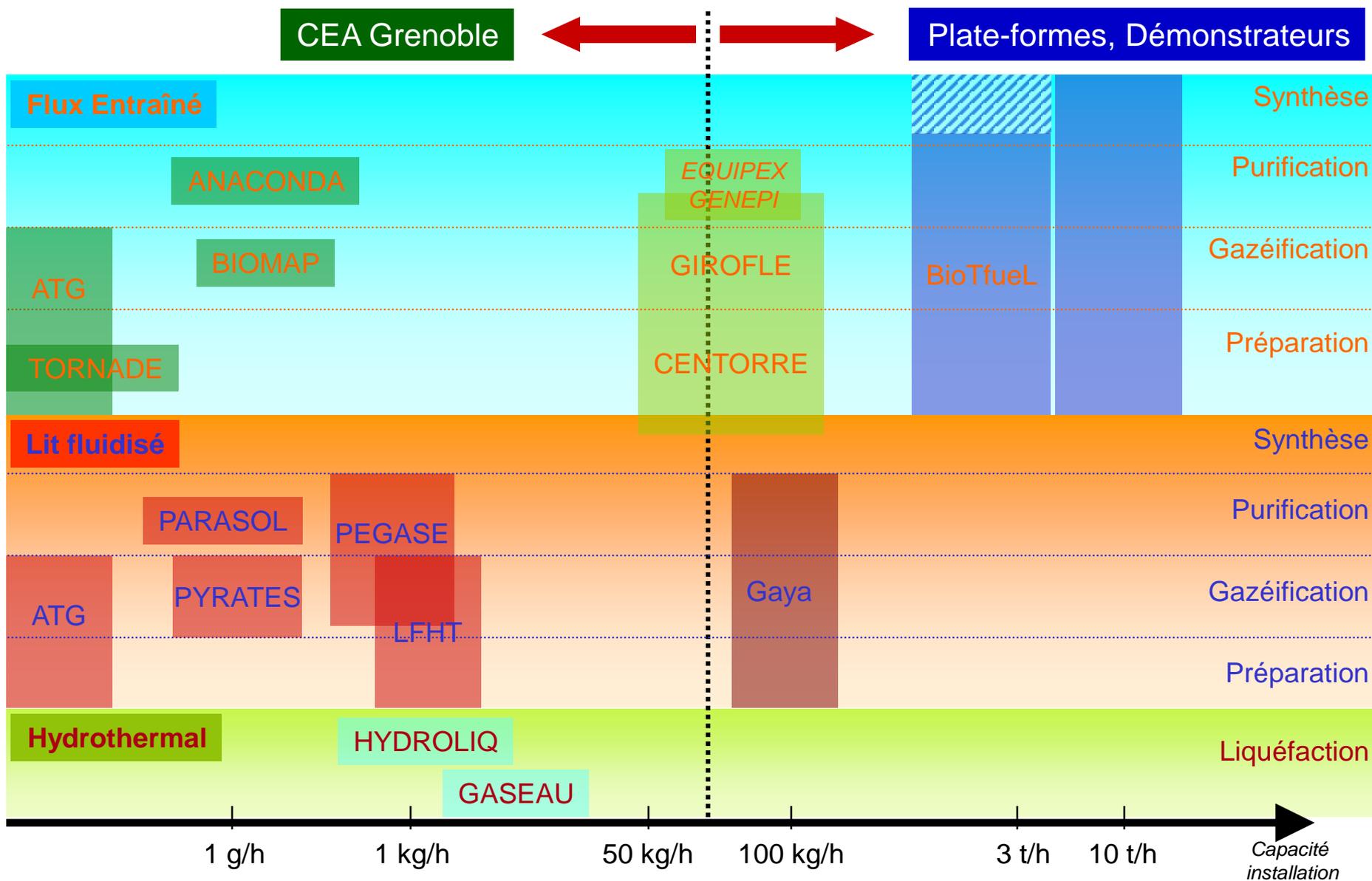
Environ 30 personnes dont 20 permanents



Zone  
Pyrolyse &  
Torréfaction

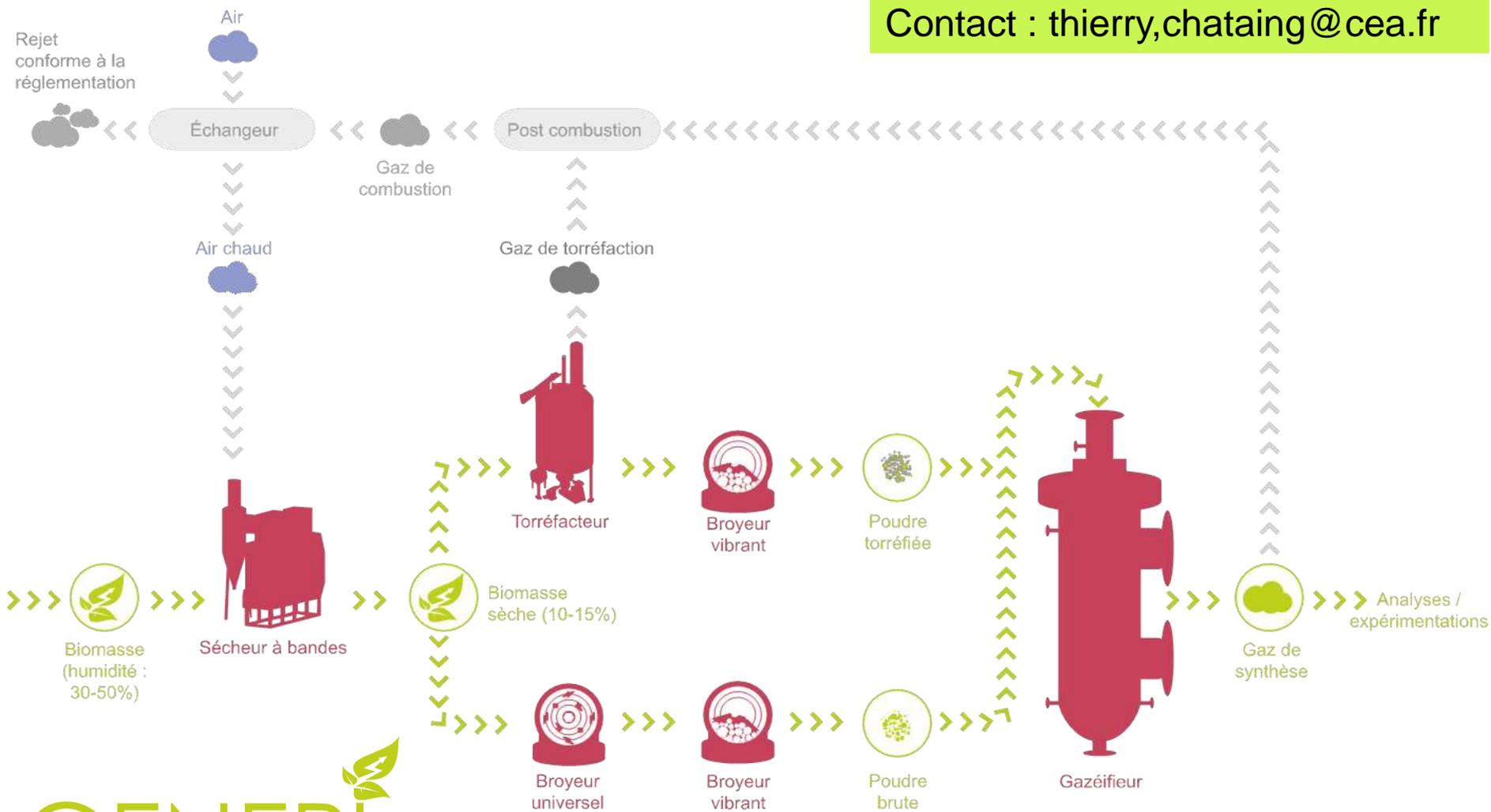
Lit Fluidisé  
dense

# INSTALLATIONS AU CEA GRENOBLE



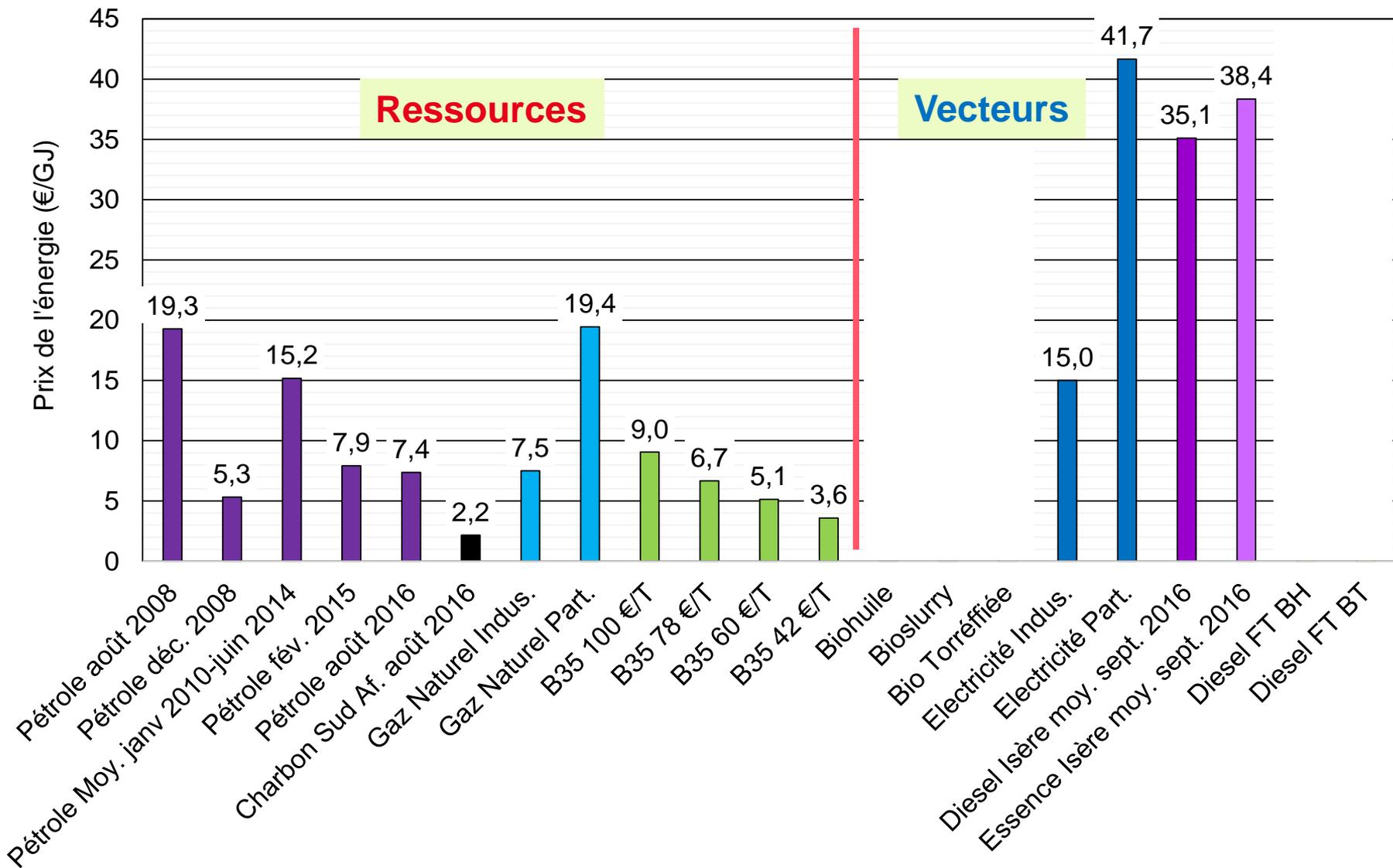
# PLATEFORME GENEPI : TRANSFORMATION BIOMASSES SÈCHES (HUMIDITÉ < À 50%)

EQUIPEX 2011  
 Contact : [thierry.chataing@cea.fr](mailto:thierry.chataing@cea.fr)



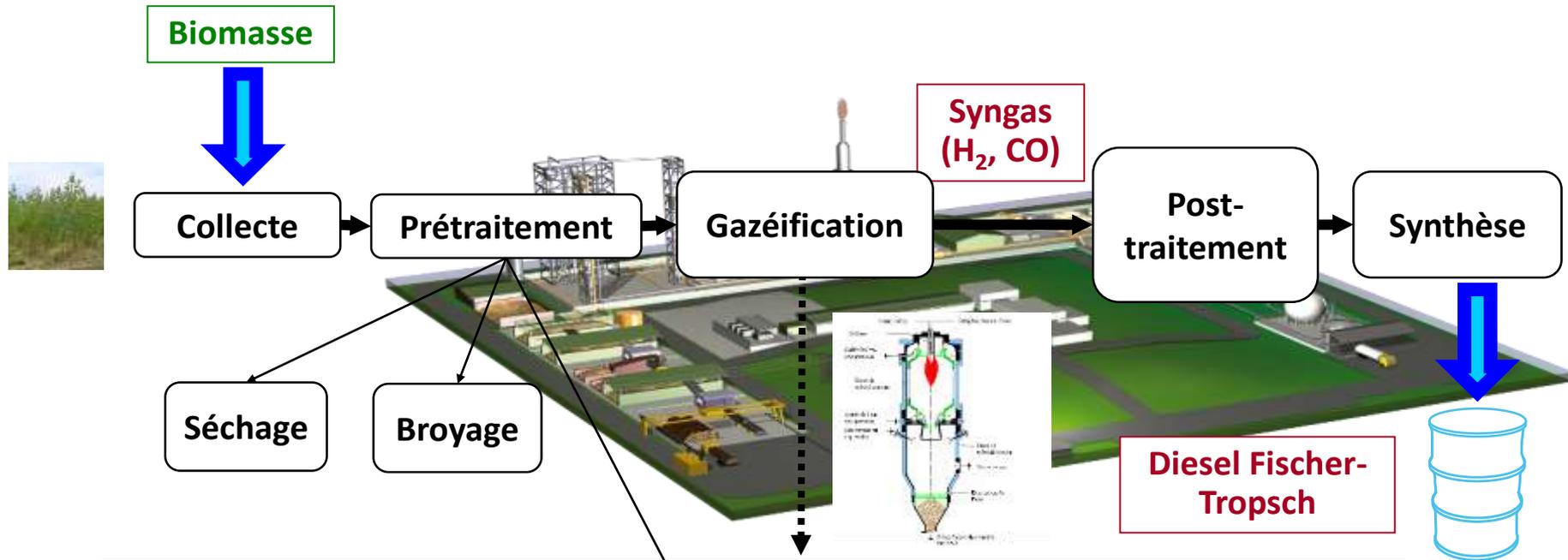
GENEPI

# QUEL EST LE PRIX DE L'ÉNERGIE AUJOURD'HUI ? (SEPT 2016)



- **Quel mode de transformation de la biomasse vers quel combustible ?**
  - Torréfaction → solide
  - Pyrolyse rapide → huile, slurry
  
- **Quel intermédiaire dans une chaîne carburant 2G Biomass to Liquid (BtL) ?**
  
- **Dans tous les cas, on produit un combustible : les applications sont différentes**

# PROCÉDÉ BIOMASS-TO-LIQUID (BTL)



**Injection de la biomasse → un point dur en Réacteur à Flux Entraîné**

**Prétraitement Thermique**

Température	1200-1500°C
Pressure	30-80bars
Taille particule	<0.2mm

**Torréfaction**

**Pyrolyse rapide**

➤ 250- 300°C

➤ 500-600°C

➤ Solide plus proche du charbon

➤ Liquide (huile) or mix liquide/solide (slurry)

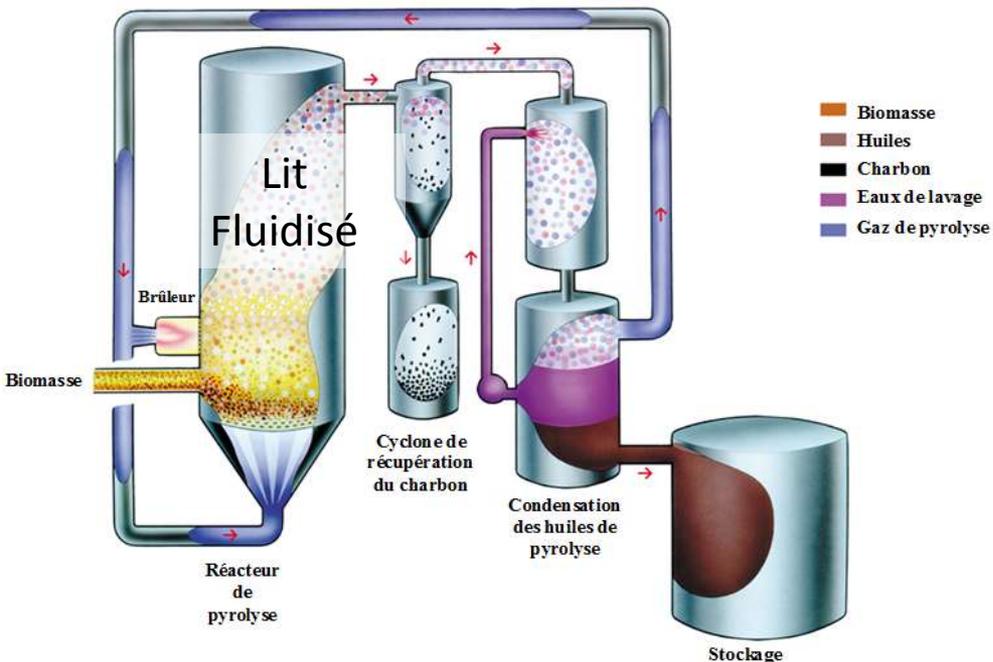
↪ Broyage et transport pneumatique facilités

↪ Pulvérisation facilitée

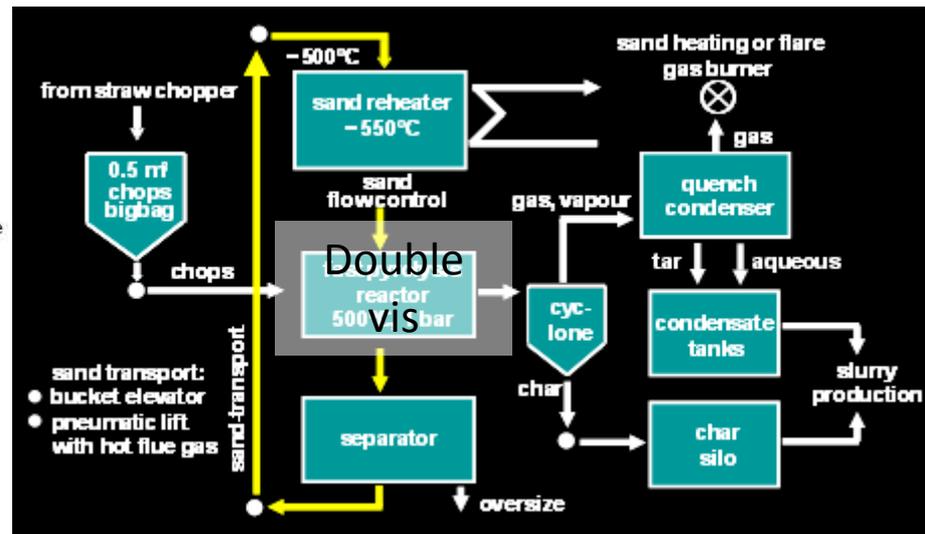
- **Performances et comparaison des procédés de prétraitement ?**
  - ✓ Bilans de masse et d'énergie
  - ✓ Coûts de production
  
- **Existe-t-il une voie plus efficace dans un procédé BtL ?**
  
- **Moyens d'évaluation :**
  - Simulation (ProsimPlus) des options de prétraitement
    - ✓ Pyrolyse rapide
    - ✓ Torréfaction
  
  - Simulation du procédé BtL entier

# PYROLYSE RAPIDE : 2 OPTIONS

## Dynamotive

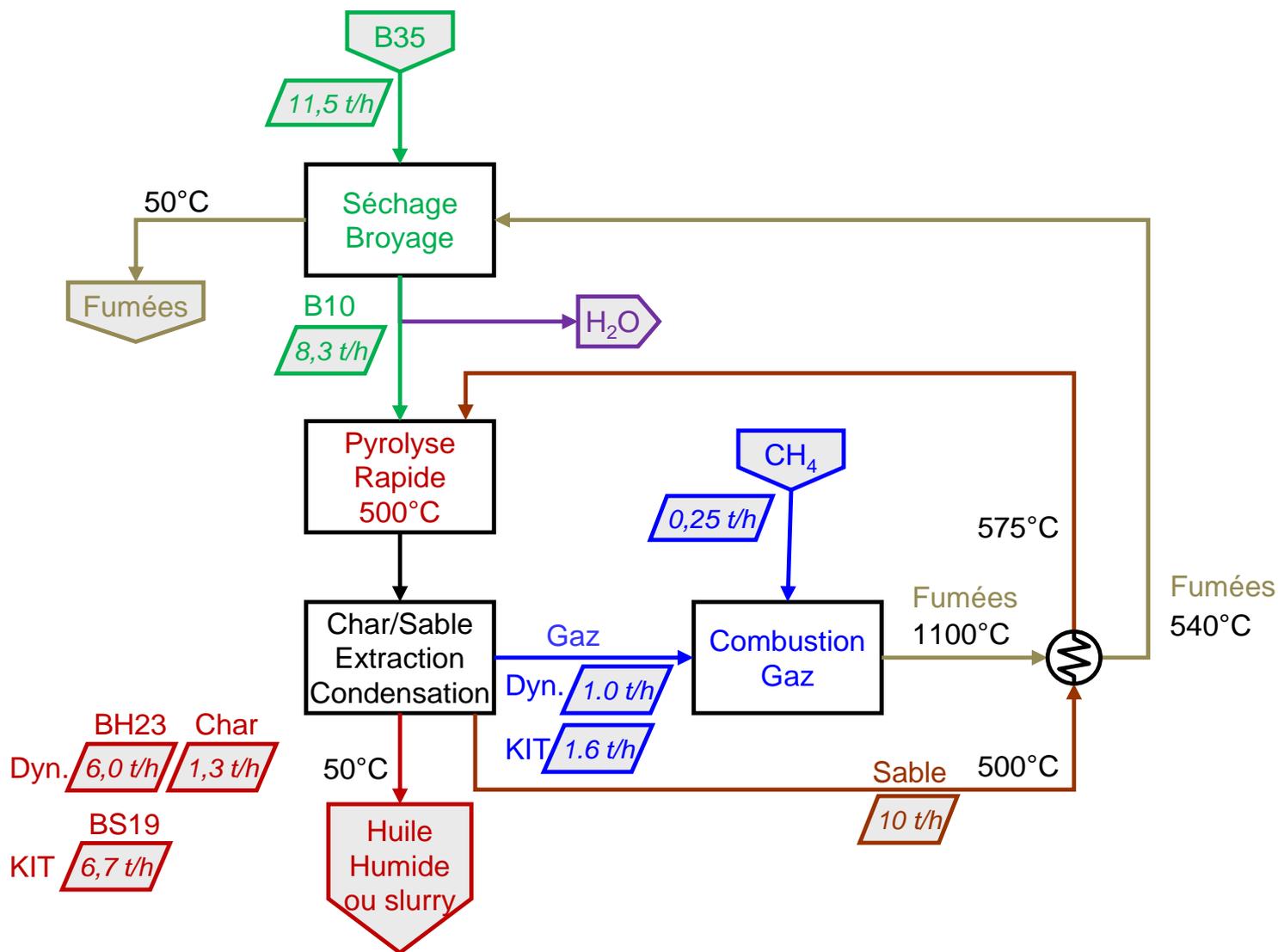


## KIT



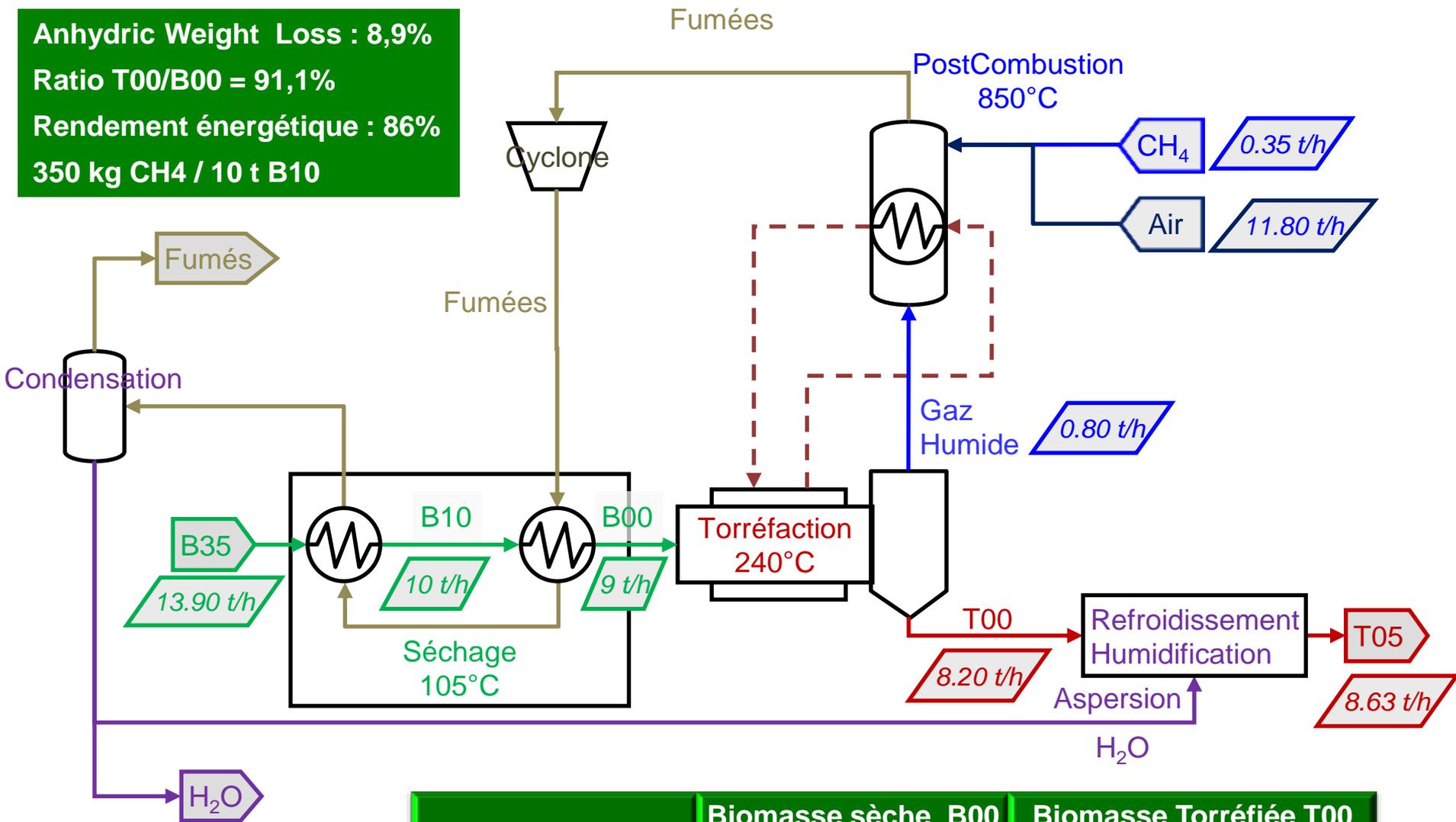
	Biomasse Sèche B00	Huile (avec eau)	Gaz	Char
PCI (MJ/kg)	17.8	14.5	7.0	27.3

# PROCÉDÉ DE PYROLYSE RAPIDE



# PROCÉDÉ DE TORRÉFACTION

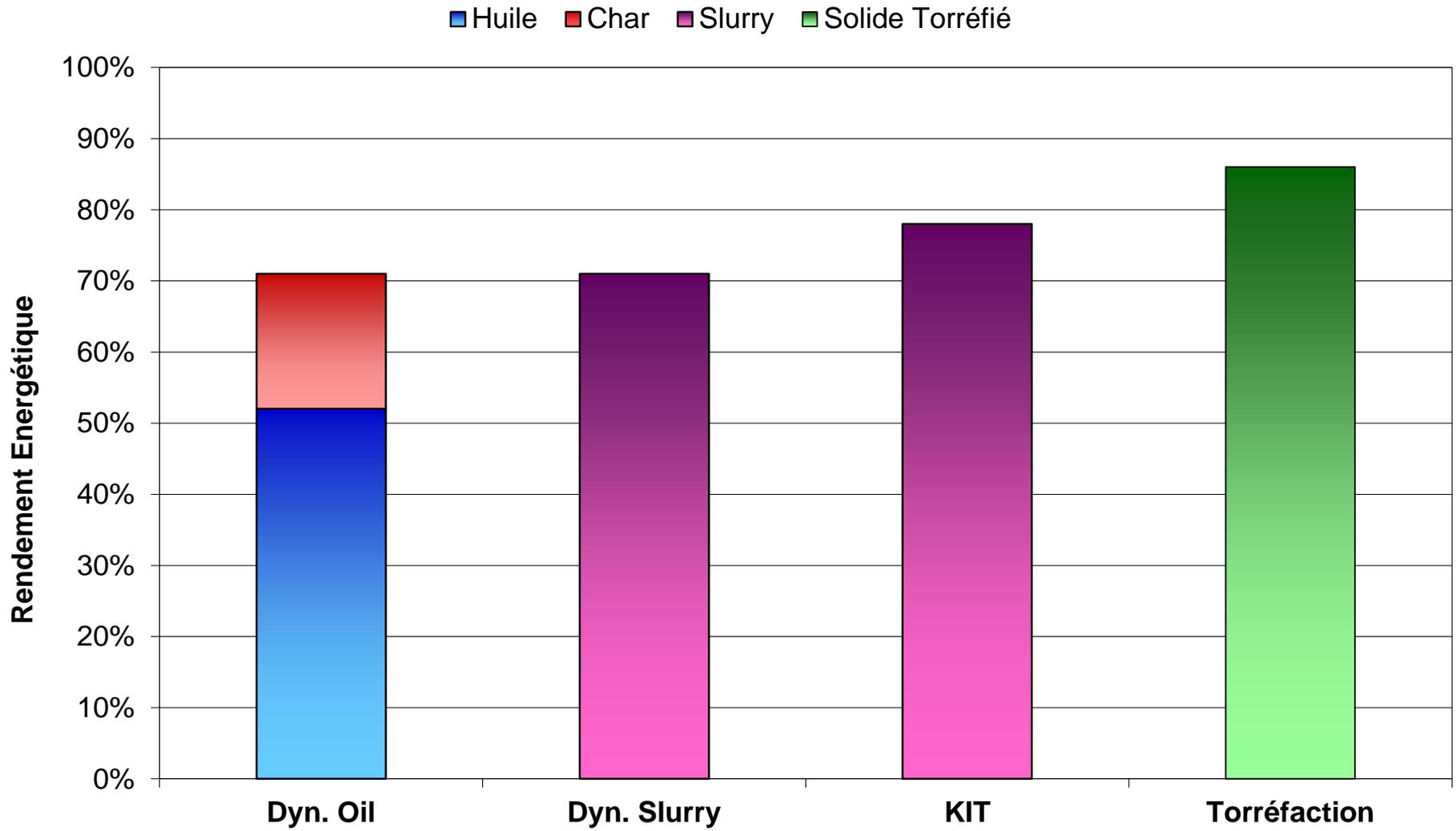
Anhydric Weight Loss : 8,9%  
 Ratio T00/B00 = 91,1%  
 Rendement énergétique : 86%  
 350 kg CH<sub>4</sub> / 10 t B10



Etia, CMI, TKIS...

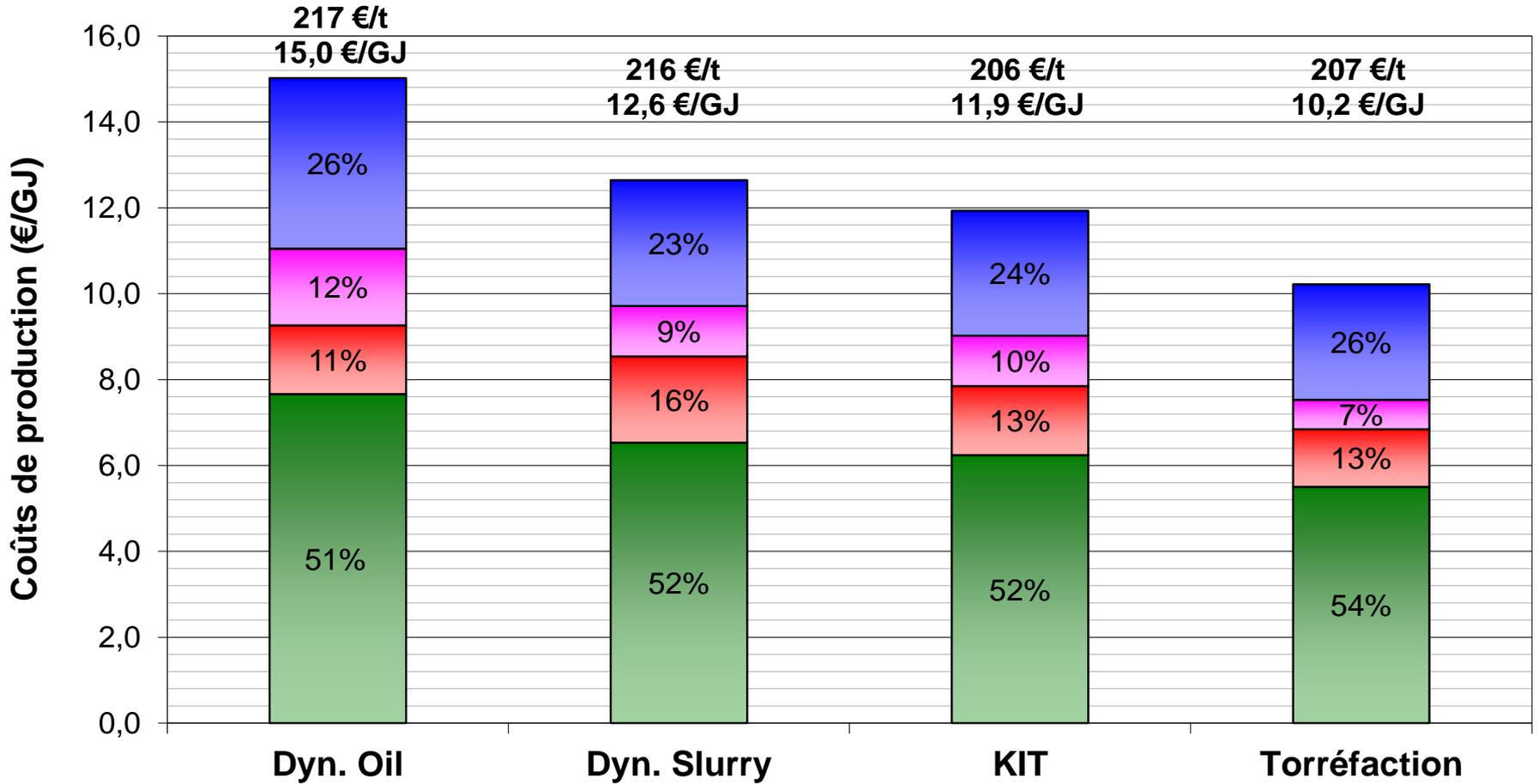
	Biomasse sèche B00	Biomasse Torréfiée T00
composition	C <sub>6</sub> H <sub>9.1</sub> O <sub>4.0</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>8.5</sub> O <sub>3.8</sub>
PCI (MJ/kg)	19,4	20,2

# RENDEMENTS ÉNERGÉTIQUES

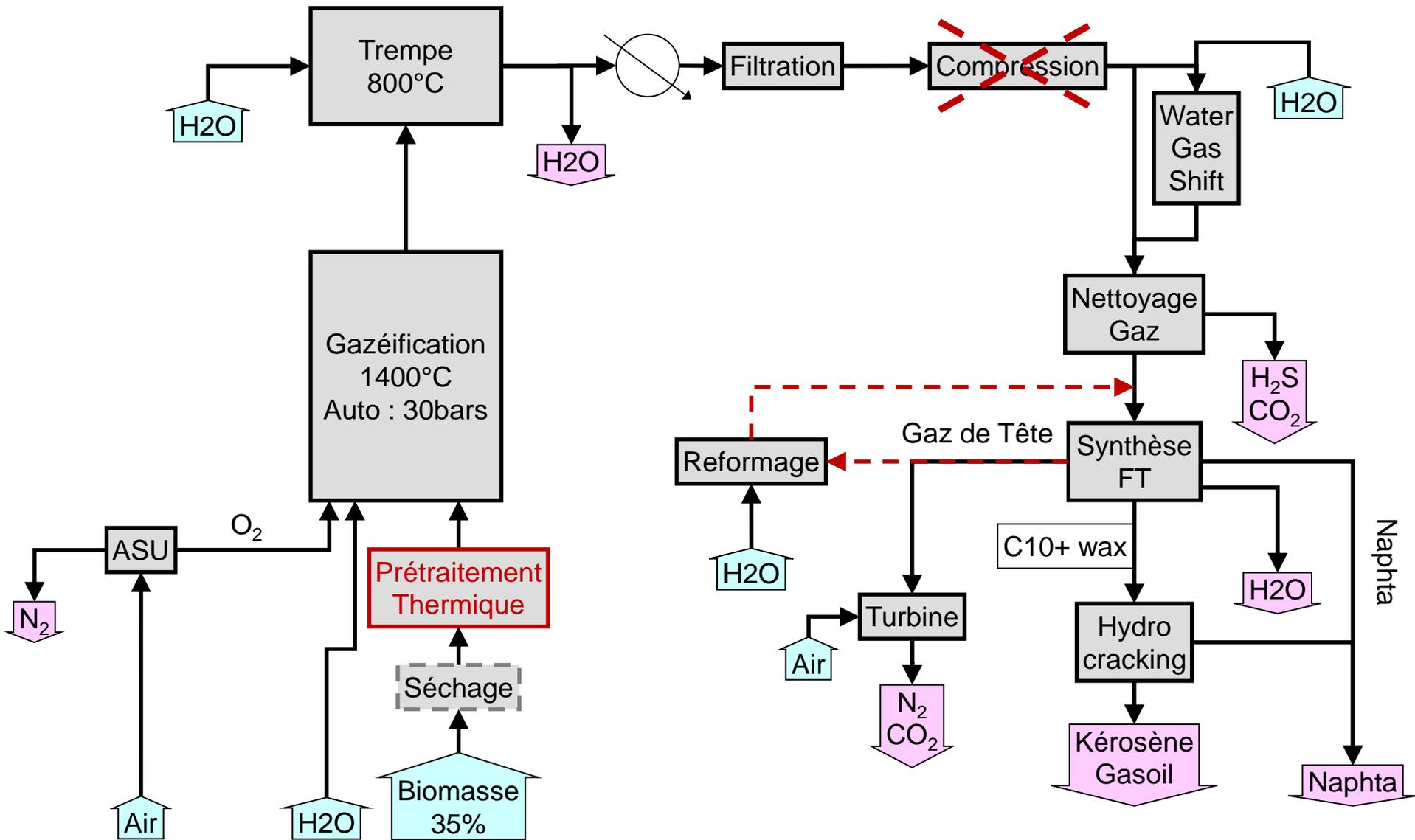


# COÛT DE PRODUCTION

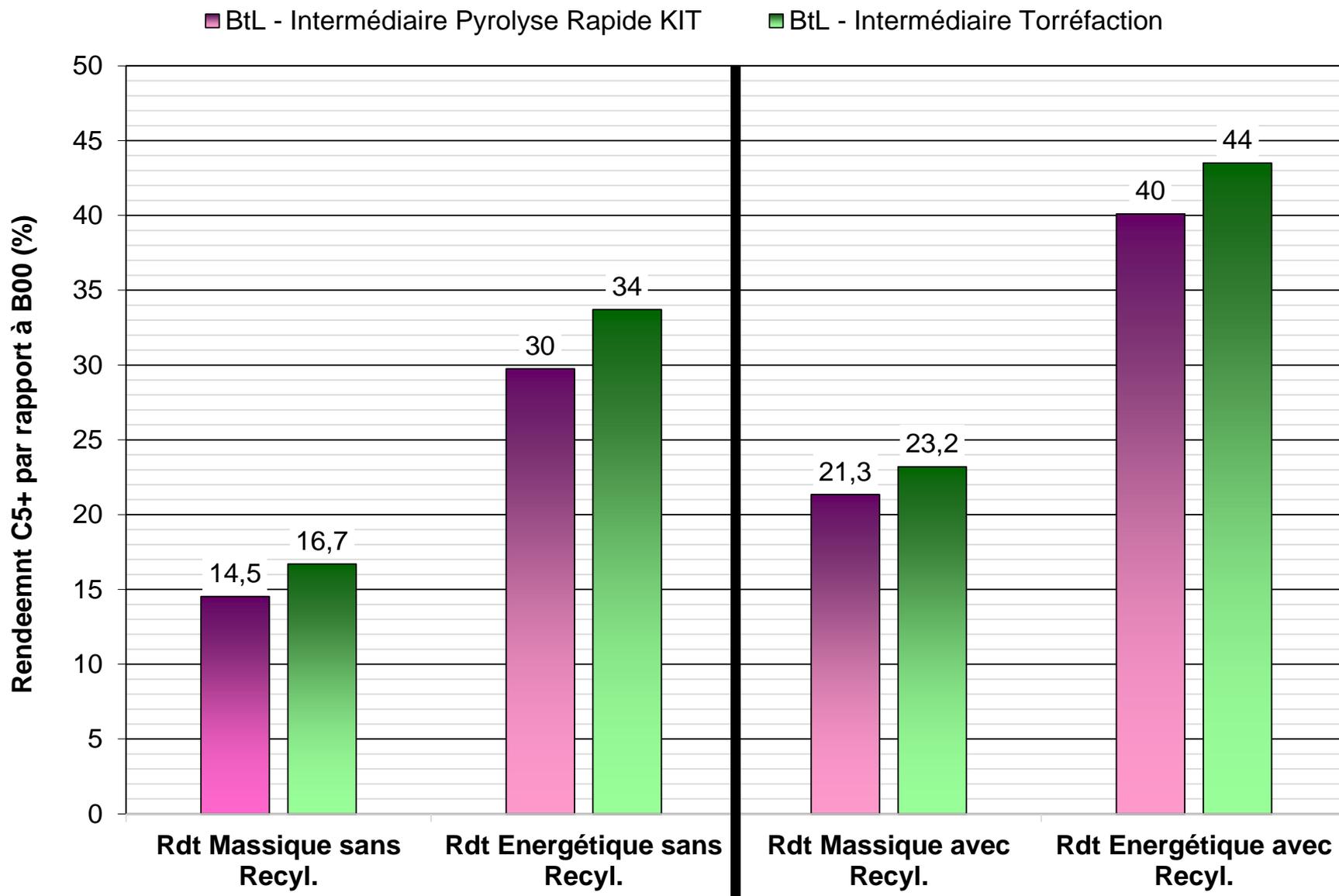
- Frais Fixes : Charges Financières (Investissement)   ■ Autres frais Fixes (Assurances, Taxes, Entretien)
- Autres Frais Variables : M.O., Electricity, Gaz Nat.   ■ Frais Variables : Biomasse



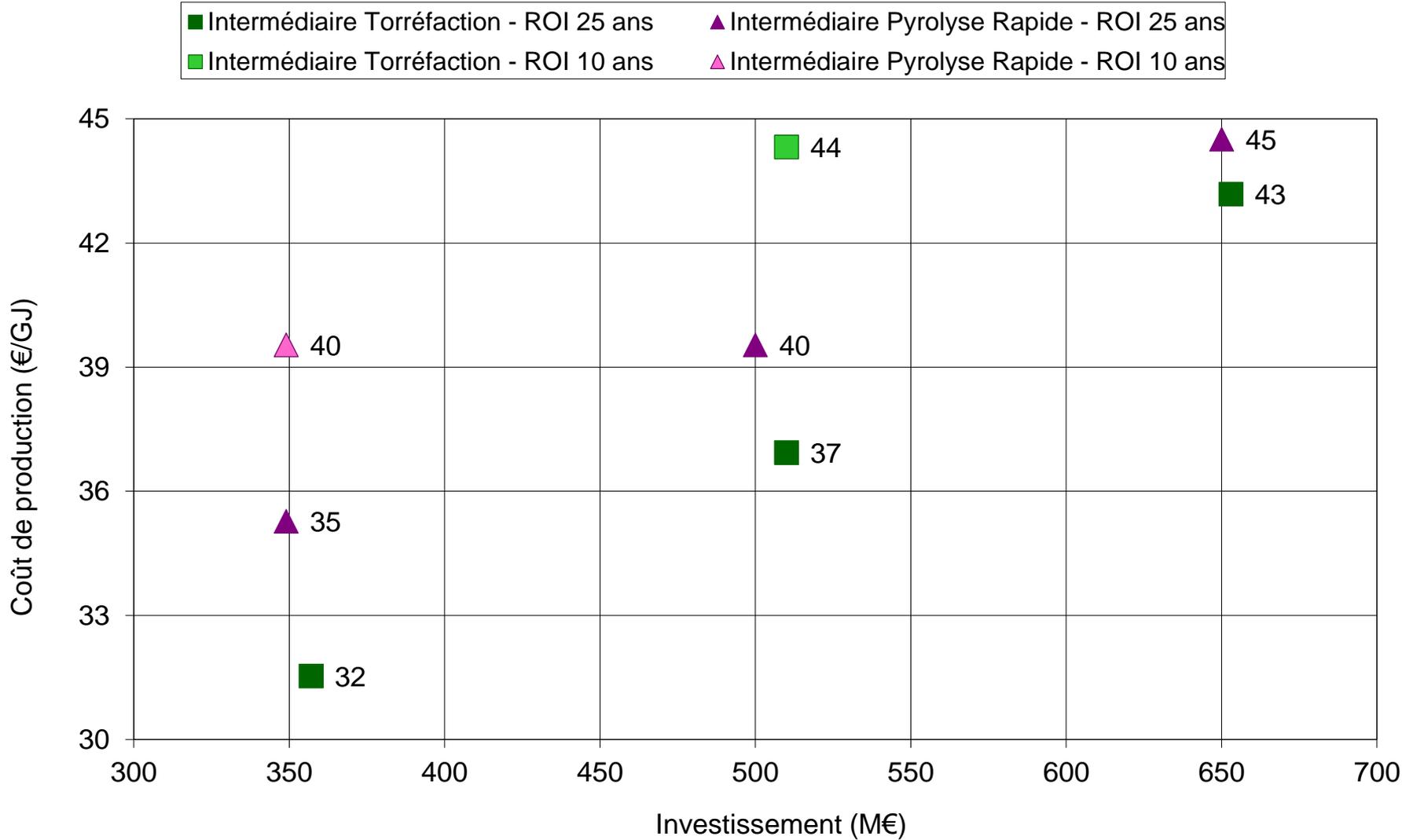
# PROCÉDÉ BTL



# RENDEMENTS DU PROCÉDÉ BTL



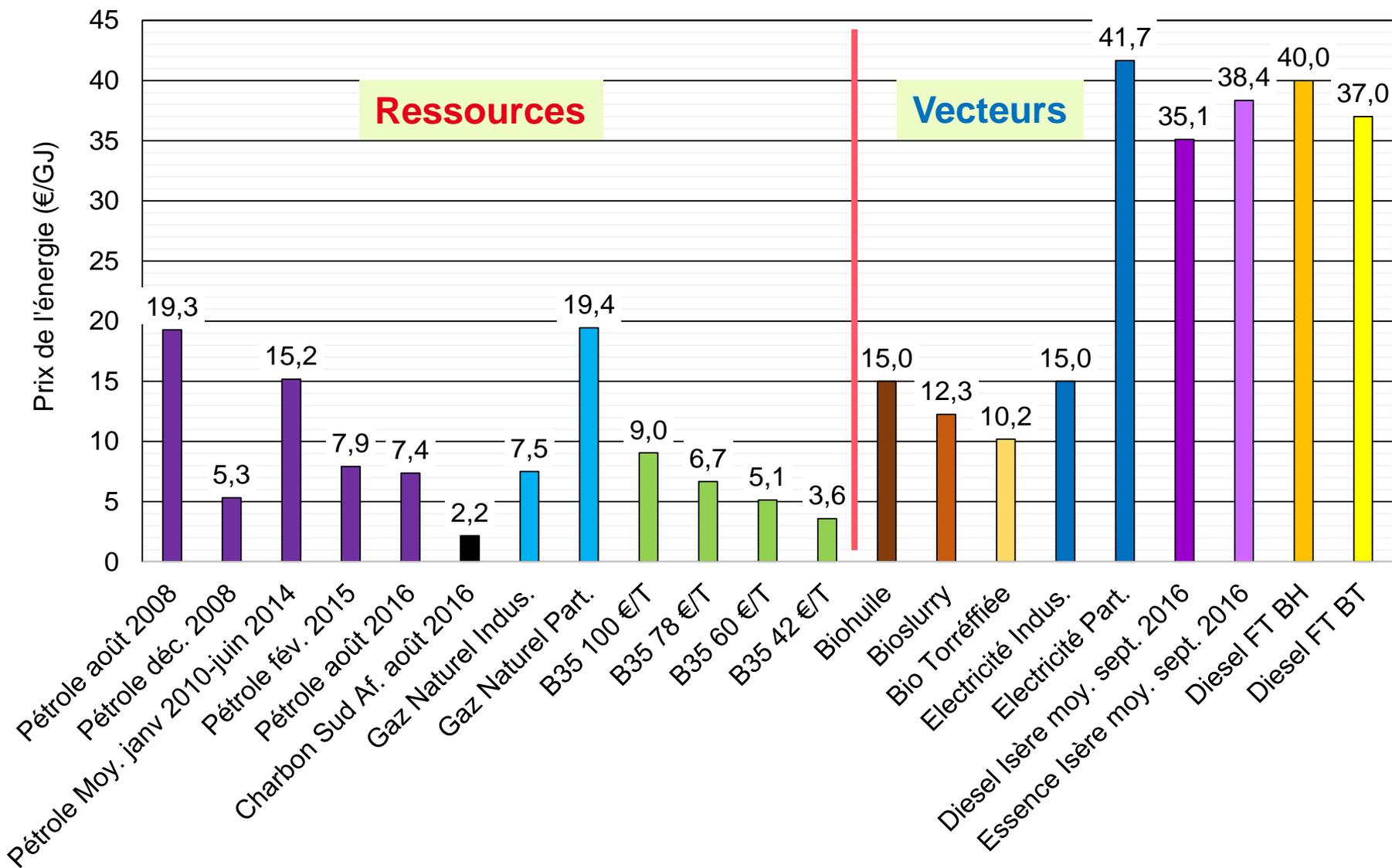
# COÛT DE PRODUCTION - 3



## QUEL EST LE MEILLEUR PRÉTRAITEMENT ?

- **Meilleures performances de procédé seul : torréfaction**
  - Cout de la biomasse → 50% du coût de production
- **Meilleures performances dans un procédé BtL : torréfaction**
- **Torréfaction : semble le meilleur compromis**
  - Stockage
  - Stabilité du produit
  - Techno charbon
- **Pyrolyse : performances moindres et produits plus complexes, mais ne peut pas être éliminée d'après les critères de l'étude**
  - Contexte technique, économique variable (temps et géographie)
  - Autre type de ressources
- **Incertitudes**
  - Rendement énergie
  - Prix de la biomasse
  - Investissements
- **Question : centralisation ou décentralisation ?**

# PRIX DE L'ÉNERGIE ?



- **Bio-raffinerie, Chimie verte et Bio-économie.** *Récents Progrès en Génie des Procédés, Numéro 110 – 2017 ISSN: 1775-335X ; ISBN: 978-2-910239-85-5, Ed. SFGP, Paris, France*
- **Etude de systèmes énergétiques complexes : moyens et enjeux.** Enseignements tirés de l'évaluation de procédés biomasse, *La lettre de l'été (CEA) – N° 30 Printemps 2017*
- **Mémoire HDR : “de l'APPORT et des CONTRAINTES d'une DEMARCHE MULTI-ECHELLE et MULTICRITERE dans l'EVALUATION des PROCÉDES Application aux procédés et filières énergétiques de transformation des BIOMASSES”.** *Grenoble: Université Grenoble Alpes- Grenoble INP. Ecole Doctorale : I-MEP2.*

---

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives  
Centre de Grenoble | 38054 GRENOBLE Cedex 09  
T. +33 (0)438 78 30 62 | F. +33 (0)4 38 78 52 51  
Email : [guillaume.boissonnet@cea.fr](mailto:guillaume.boissonnet@cea.fr)

Etablissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019

Direction de la Recherche Technologique  
Laboratoire d'innovation pour les  
technologies des énergies nouvelles et les  
nanomatériaux  
Département Thermique Biomasse  
Hydrogène