

« Créer une filière innovante de production de gaz vert à l'horizon 2020 »

Université d'été – Association Sauvons le Climat

Lambda – 7 Septembre 2012

Dr. Ing. Olivier Guerrini – Direction Recherche Innovation CRIGEN GDF SUEZ

Présentation de GDF SUEZ et des activités de Recherche et Développement

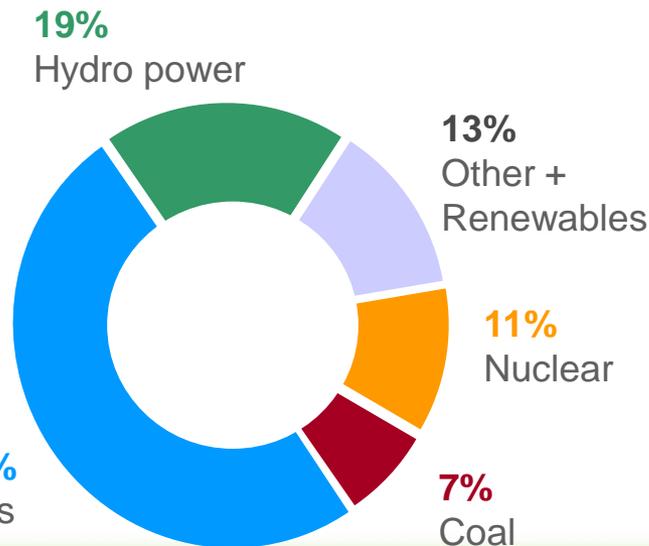


GDF SUEZ : A world leader in Energy and Environment

Key figures

- €90.7 billion in 2011 revenues
- 218 900 employees throughout the world
- 117 GW in total installed electricity capacity.

Thirty-eight percent (38%) of the electricity produced by GDF SUEZ is free of CO₂ emissions, derived from renewable or nuclear sources. The Group is committed to increasing this level to 50% by 2015.



Energy France

- Supply of natural gas and electricity in France.
- Power production in France.
- Energy services for individuals.

Energy Europe & International

Energy Benelux Germany

Energy Europe

Energy International

- Power production outside France.
- Supply of natural gas and electricity outside France.

Infrastructures

- Natural-gas transmission network.
- LNG terminals in France and Benelux.
- Storage activities in and outside France.
- Gas distribution networks in France.

Global Gas & LNG

- Exploration and production.
- Natural-gas supply.
- LNG arbitrage.
- Energy trading and supply of major clients in Europe.

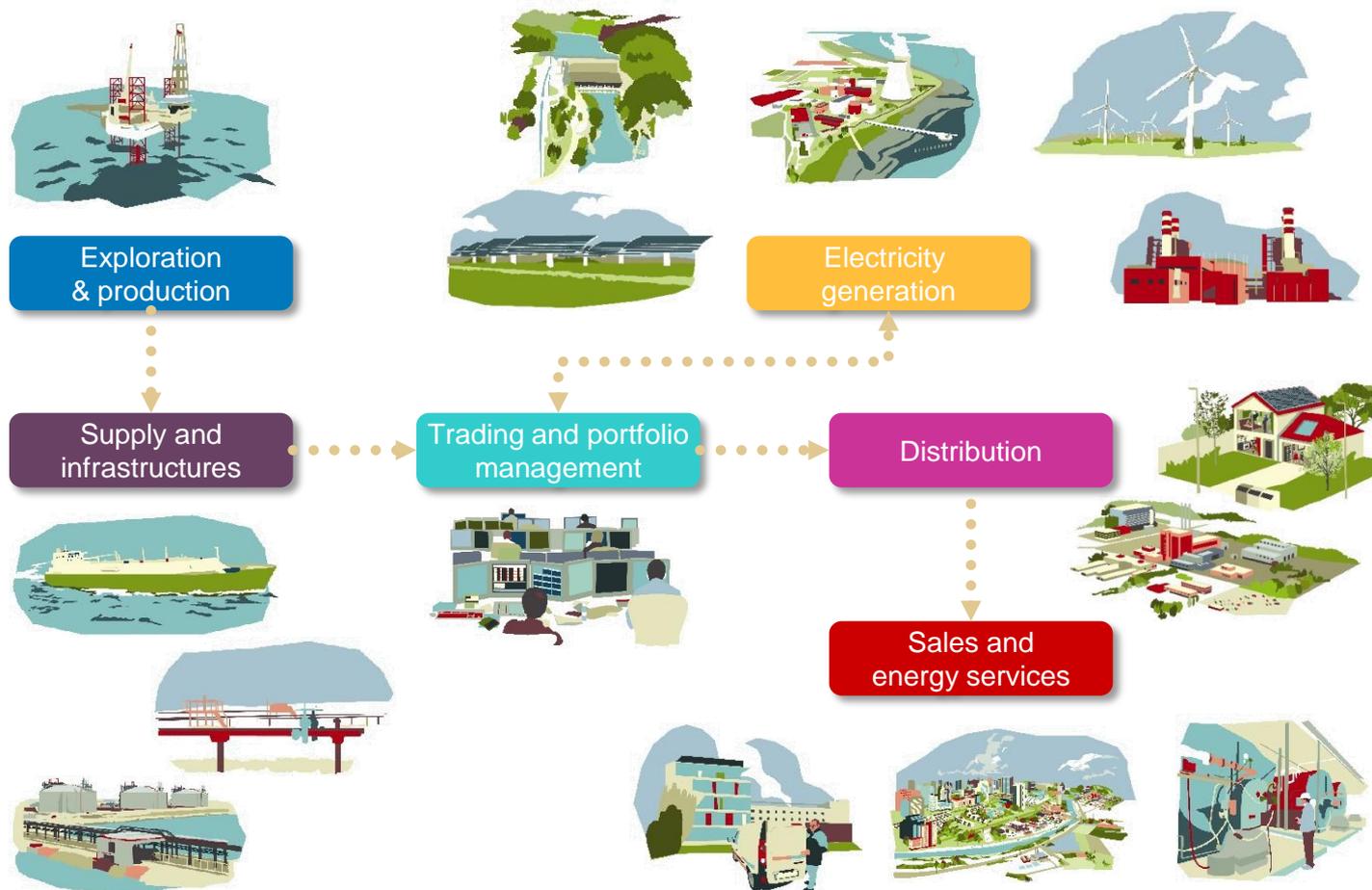
Energy Services

- Management of urban networks in and outside France.
- Management of industrial and tertiary electrical installations.
- Global multitechnical offers.

Environment

- Water and sanitation services.
- Water-treatment engineering.
- Waste management.

■ A presence across the whole energy value chain



■ GDF SUEZ Research and Innovation Division

➤ Key figures (2011)

- ✓ The skills of over 1,100 researchers and technicians
- ✓ 9 research centers
 - ➔ Centre for Research and Innovation in Natural Gas and New Energies
- ✓ A budget of €222 million
- ✓ A portfolio of 3,200 patents.

➤ 5 Corporate Programs

- ✓ Renewable energies
- ✓ CO₂ capture and storage (CCS)
- ✓ Offshore LNG and future gas supply chains
- ✓ Tomorrow's cities and buildings
- ✓ Smart energy and the environment

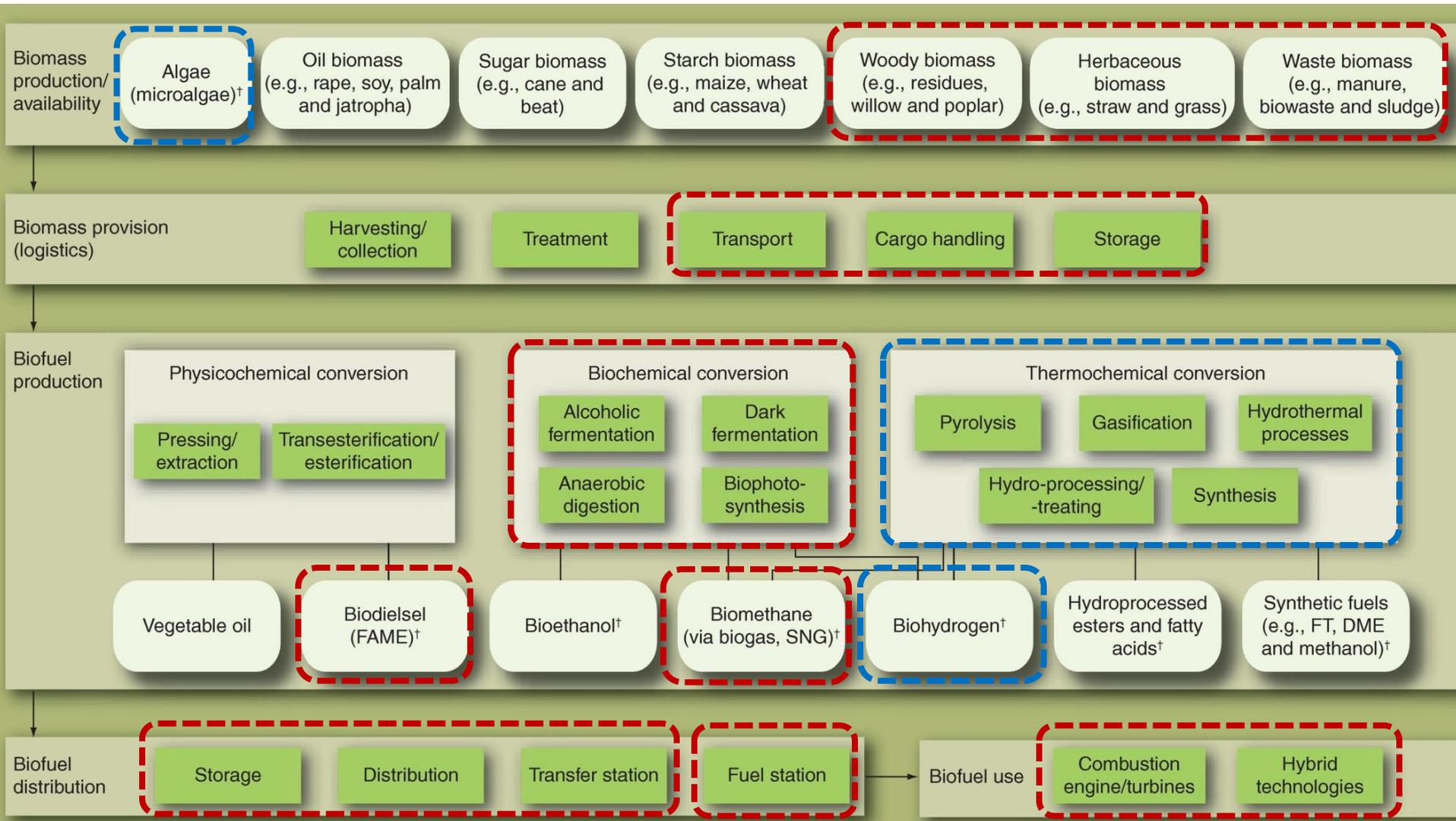


La Biomasse : une ressource énergétique renouvelable largement sous utilisée



La valorisation énergétique de la biomasse

Différentes chaînes de valeur



■ Qu'est-ce que la biomasse ?

Définition générale : Ensemble de la **matière vivante** à la surface de la Terre

D'après la Directive 2003/30/CE du Parlement Européen et du Conseil du 8 mai 2003 :

Fraction biodégradable des **produits, déchets** et **résidus** provenant de **l'agriculture**, de la **sylviculture** et de ses **industries connexes**, ainsi que la fraction biodégradable **des déchets industriels et municipaux**.

Pourquoi utiliser la biomasse ?

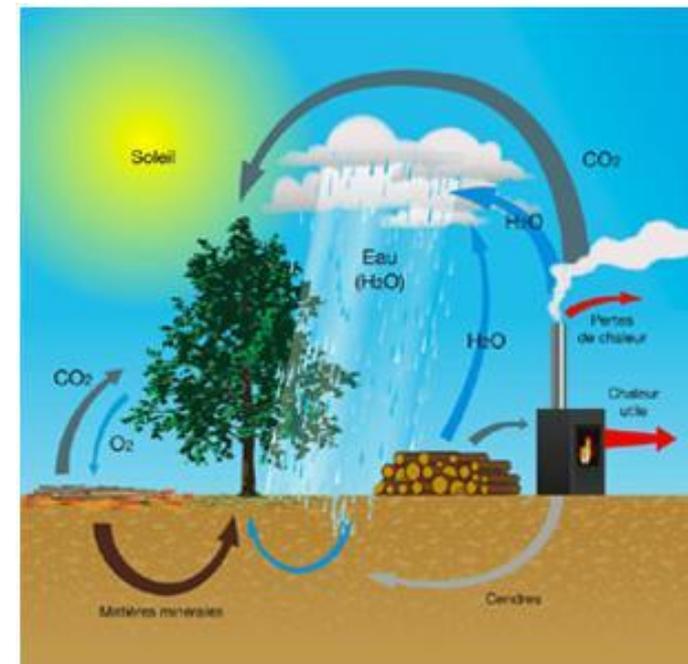
Production d'énergie pratiquement neutre en carbone :

CO₂ rejeté ≈ CO₂ capté par la plante

Dans le bilan global, les seules émissions de CO₂ proviennent d'étapes telles que le transport de la biomasse.

La biomasse représente actuellement ## % des énergies renouvelables

50 % de l'effort sur les EnR à horizon de 2020 est porté par la biomasse



■ Une ressource en biomasse abondante en France

■ Biomasse lignocellulosique ou biomasse sèche (siccité : 70 – 80 %) :

Bois non pollué
(bûches, granulés, plaquettes...)



Feuillus

Sous-produits du bois
(branches, écorces, sciures, palettes...)



Conifères

Résidus agricoles
(pailles...)



Plantations énergétiques
(miscanthus, peuplier...)



Biomasse humide
(siccité : 20 – 30 %) :

Produits de l'agriculture
(Céréales, betterave, canne à sucre, oléagineux...)

Sous-produits de l'industrie
(pulpes de raisin, boues issues de l'industrie papetière...)

Déchets organiques
(boues d'épuration, ordures ménagères, fumier...)

Caractéristiques : faible densité, humidité variable, formule moyenne : $C_6H_9O_4$

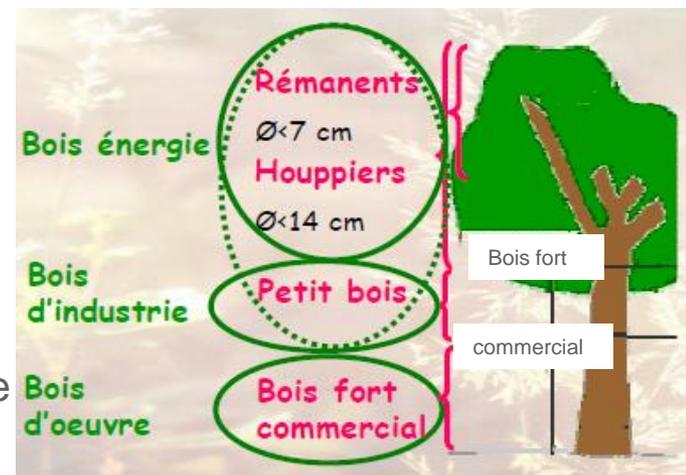
Ressources en biomasse

Bois et sous-produits du bois :

Lors de l'abattage du bois commercial :

1 m³ de bois récolté ≈ 1 m³ de bois laissé

➔ Bois laissé = biomasse en partie récupérable pour une utilisation énergétique (une fraction doit tout de même être laissée pour enrichir le sol)



Source : Présentation de Capucine Dupont, CEA

Cultures énergétiques :



Plantes pérennes (miscanthus...)

++ : Rendements élevés : de 10 à 30 t/ha

Fort potentiel sur les terres en jachère et peu cultivables

-- : Espèces encore mal connues (risques d'invasivité, appauvrissement des sols)

Problèmes dans les procédés en aval (cendres, humidité...)



Taillis (peuplier, saule, eucalyptus...)

++ : Bon rendement (10 t/ha)

Qualité similaire au bois forêt

Entretien limité

Fort potentiel sur les terres en jachère et peu cultivables

-- : Revenus non immédiats (temps de rotation d'au moins 3-4 ans)

La gazéification de la Biomasse : une technologie flexible aux multiples vecteurs de conversion



■ Pourquoi gazéifier au lieu de brûler ?

• CHP Case

- Enhance electricity production compare to conventional technology (HP Steam boiler + Steam Turbine): +30 to + 75%
- Keep independent power and heat production

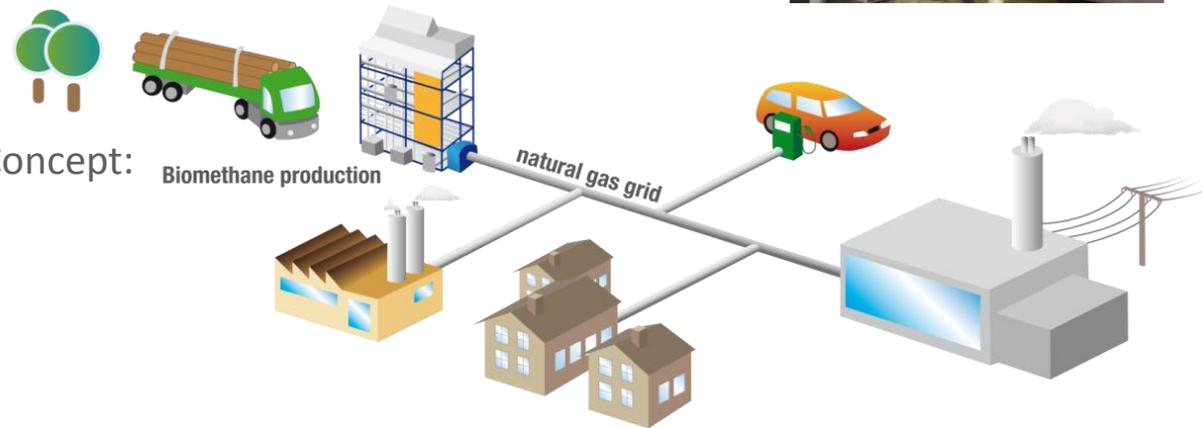


• Material Industry Case (glass, brick, metal, ...)

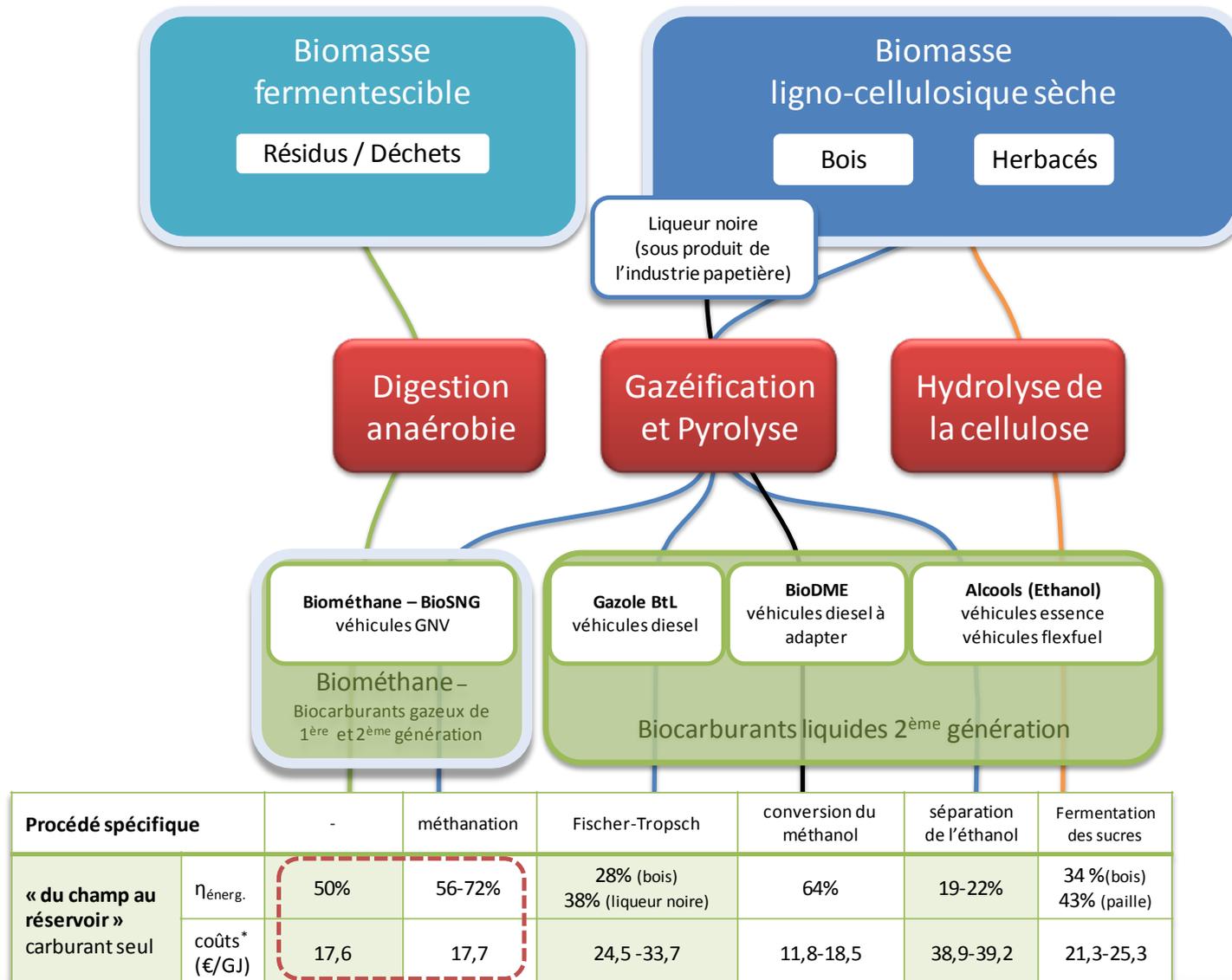
- Unique renewable solution for Direct Heating Furnaces (NG or oil)

• Tomorrow

- make NG « out of wood »
- Decentralized Energy Plant Concept:
 - Fuel for vehicles
 - Grid gas
 - Electricity
 - Heat
 - Cooling



Les filières biocarburants de 2^{ème} Génération



* un baril à 100\$ donne 17€/GJ pour le gazole – contenus énergétiques exprimés en Pouvoir Calorifique Inférieur

■ La production de Biométhane

Des filières basées sur la transformation de ressources biomasses

Biomasse « humide » et non ligneuse



Biomasse « sèche » et ligneuse



Voie biologique
Basses températures (35 – 55 °C)

Méthanisation

Voie thermique
Hautes températures (700 à >1500 °C)

Combustion

Gazéification/
méthanation

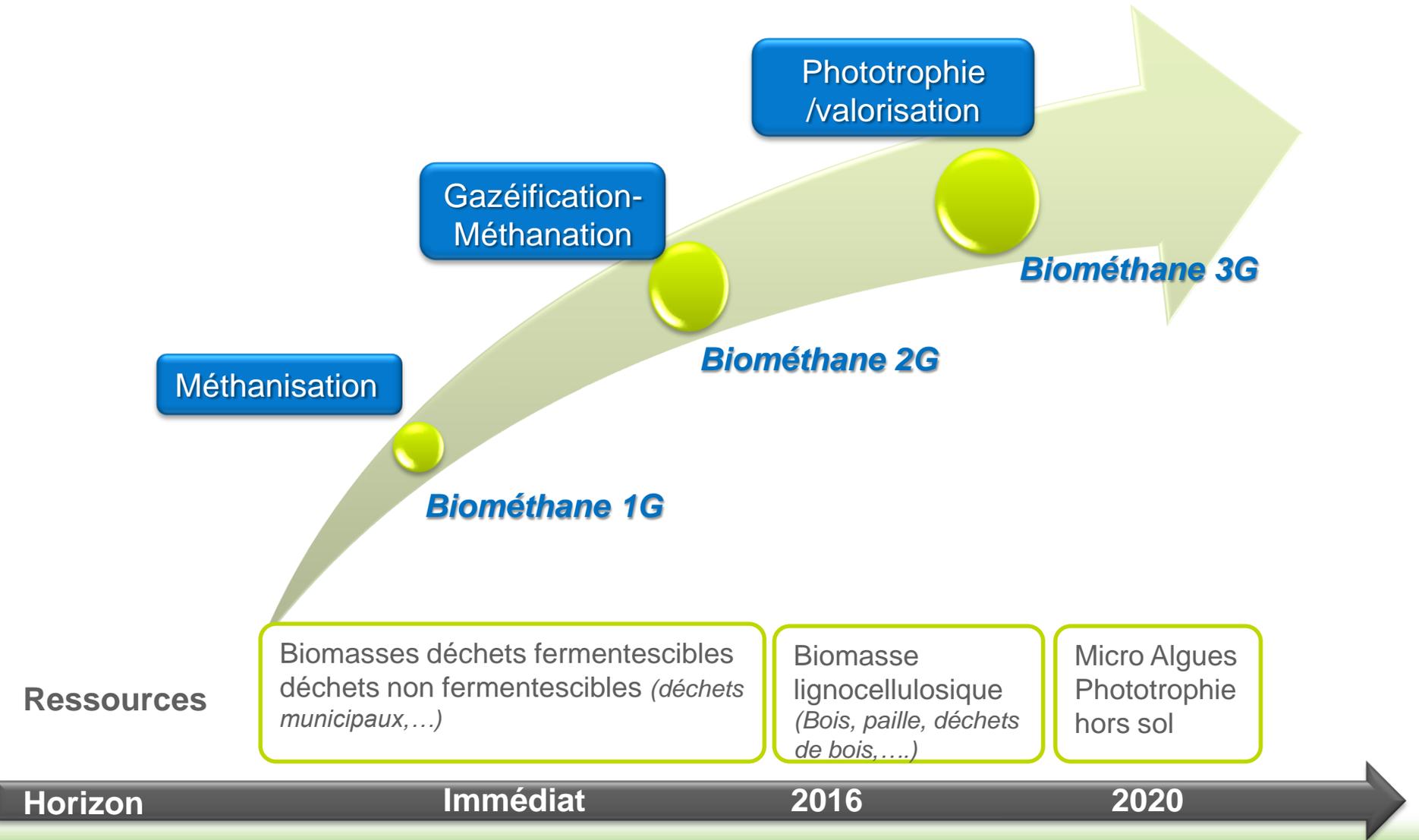
Technologies matures

*Chaleur
Cogénération
Biométhane*

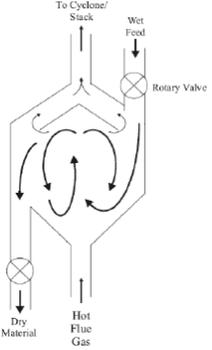
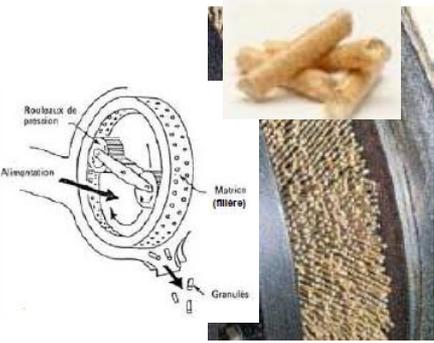
*Cogénération,
Biométhane,
Biocarburants liquides...*

■ Le biométhane de 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} génération

Des filières complémentaires à différents horizons

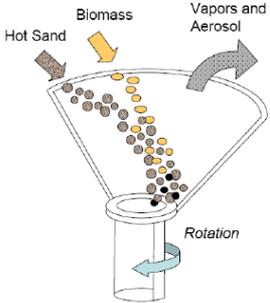
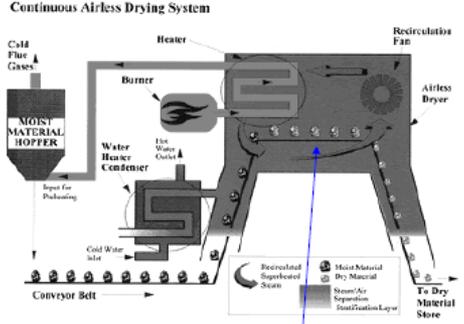


■ Pré-traitement et alimentation

| | Broyage | Séchage | Densification |
|--------------------------------|---|--|--|
| Buts | <ul style="list-style-type: none"> • Réduire la taille pour accroître les transferts de matière et de chaleur. | <ul style="list-style-type: none"> • Augmenter le pouvoir calorifique massique du combustible • Réduire la consommation énergétique du broyage | <ul style="list-style-type: none"> • Valoriser les biomasses difficiles (trop cendreuses...) • Diminuer le coût de transport • Faciliter l'alimentation du réacteur |
| |  |  |  |
| Technologies existantes | <ul style="list-style-type: none"> - Concassage - Broyeur à fléaux, centrifuge, à couteaux... | <ul style="list-style-type: none"> - Séchage direct (séchoir tournant, flash, cascades) - Séchage indirect (séchoir à disques) | <p>Rouleaux et couteaux pour la fabrication de granulés</p> |

Source : Présentation de J.M. Commandré - EMAC

■ Pré-traitement et alimentation

| | Pyrolyse (flash) | Torréfaction |
|--------------------------------|--|--|
| Buts | Convertir thermochimiquement de la biomasse sous atmosphère inerte pour produire de bio-huiles (majoritairement) | Traiter thermiquement du bois à des températures de 180 à 300 °C |
| Technologies existantes | <p>Réacteur à lit fluidisé bouillonnant, à lit fluidisé circulant, à cône rotatif, pyrolyseur ablatif, pyrolyseur sous vide, réacteur à vis...</p>  <p>Rotating cone reactor</p> | <p>Procédés BioWare, Airless Drying</p>  <p>Four à convoyeur (godets ou raclettes)</p> |
| Avantages | <ul style="list-style-type: none"> - Homogénéisation - Densification énergétique - Découplage possible entre production et valorisation | <ul style="list-style-type: none"> - Réduction du coût du broyage - Augmentation de la broyabilité - Permet une alimentation en produits finement divisés |
| Inconvénients | <ul style="list-style-type: none"> - Procédés au stade de R&D ou pré-industriel - Pertes matière (chars) | <ul style="list-style-type: none"> - Difficulté de garantie du gain sur les propriétés recherchées - Pb d'homogénéisation du traitement en tout point de la charge traitée |

Source : EMAC & CIRAD

La Gazéification : Principe Technique

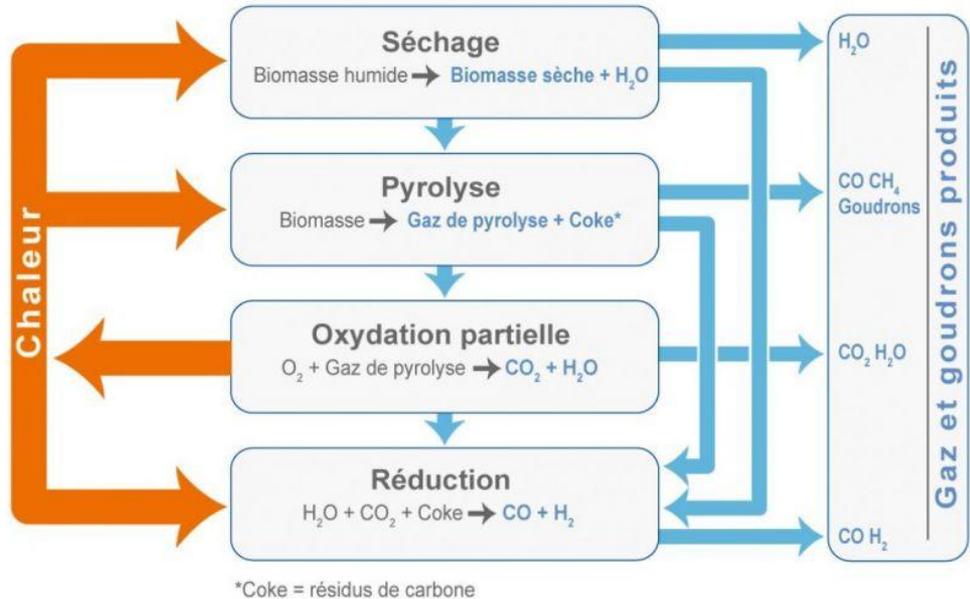
On transforme **thermiquement et chimiquement** la biomasse en présence d'un **réactif gazeux (oxygène, vapeur d'eau, hydrogène, CO₂)** pour obtenir un gaz de synthèse riche en **H₂, CH₄, CO₂, CO**.

Type de réacteur

- Lit fixe
- Lit fluidisé
- Lit entraîné

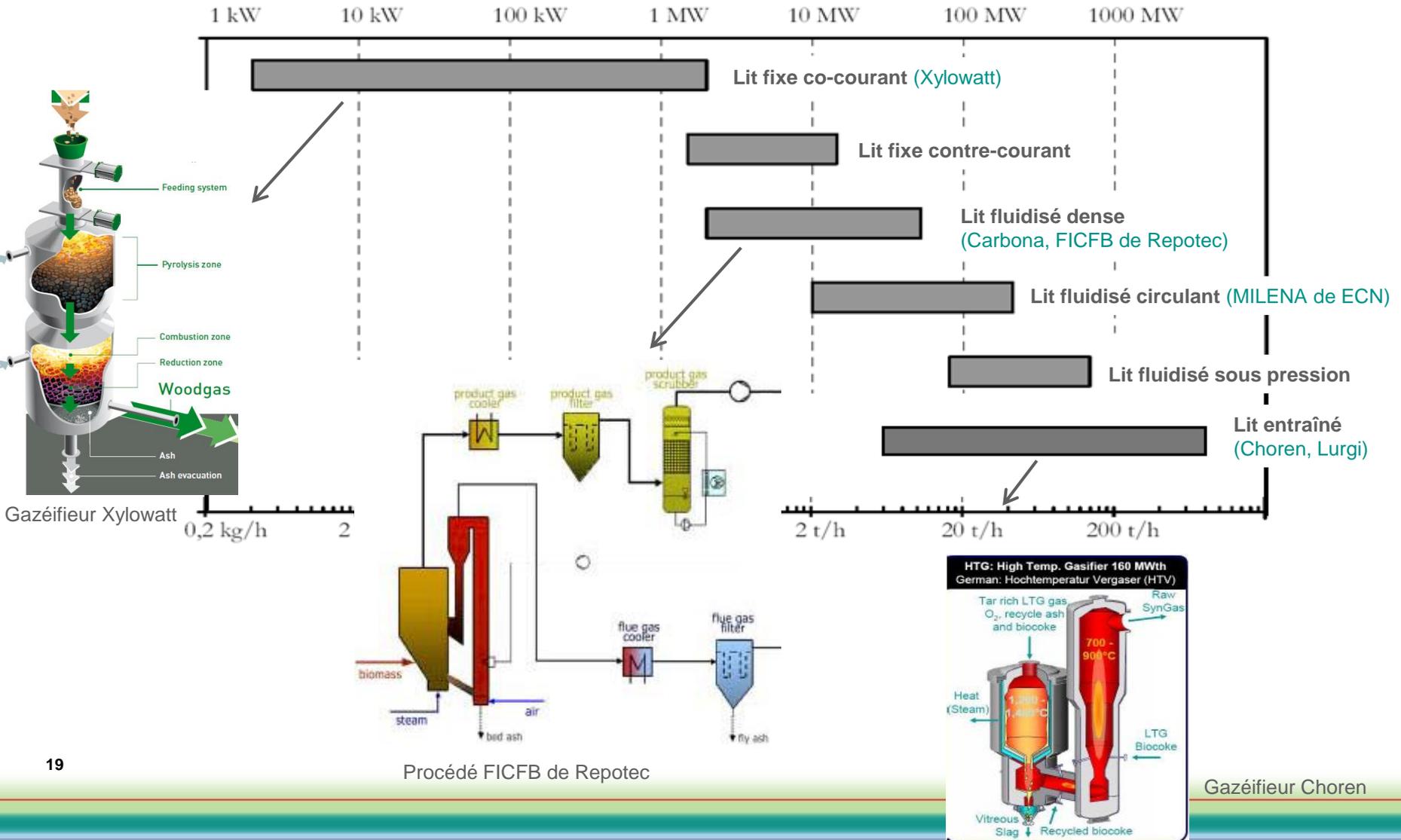
Caractéristiques principales des différentes technologies :

| Apport de chaleur | Pression de fonctionnement |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Direct : autothermique • Indirect (apport externe) : allothermique | <ul style="list-style-type: none"> • Réacteur à P_{atm} • Réacteur pressurisé |
| Agent de gazéification | Catalyseur |
| <ul style="list-style-type: none"> • Eau • Air • Oxygène • Hydrogène • CO₂ (faisabilité à démontrer) | Présence ou non d'un catalyseur |

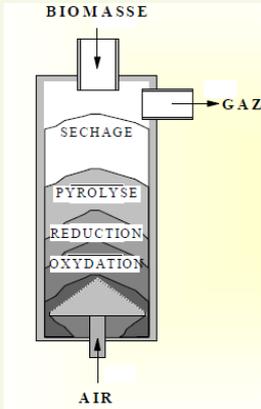
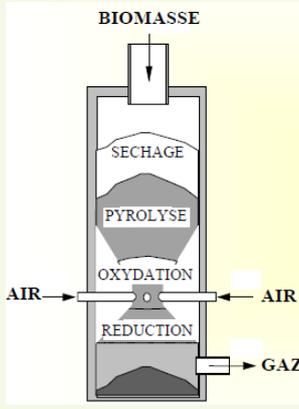


Le choix de la technologie de gazéification dépend du combustible (type de biomasse), de la taille de l'installation et du mode de valorisation du gaz de synthèse.

Gazéification : Plages de puissance

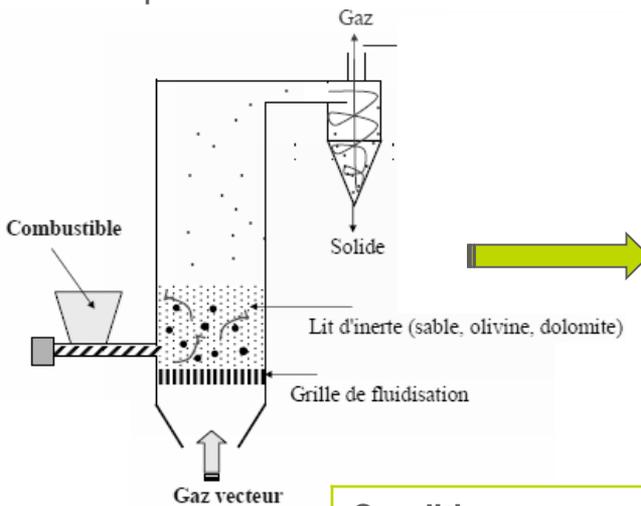


■ Gazéification : Les Réacteurs à lit fixe

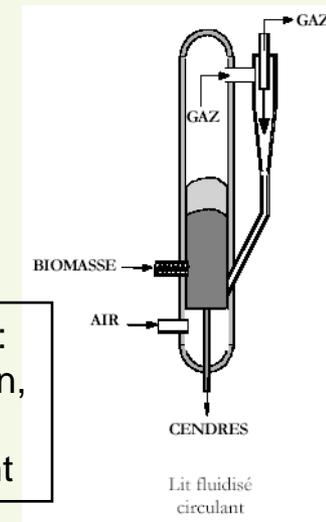
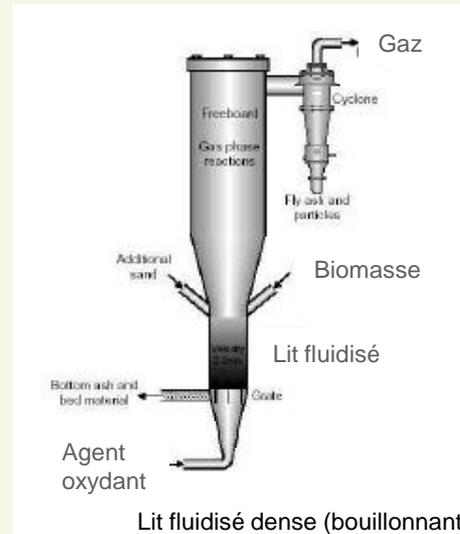
| Technologie | Contre-courant (« updraft ») | Co-courant (« downdraft ») |
|-------------------------------|--|--|
| |  <div data-bbox="705 456 1014 578" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>Application : thermique</p> </div> |  <div data-bbox="1516 456 1854 628" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>Application : Electricité (Cogénération)</p> </div> |
| Conditions opératoires | <ul style="list-style-type: none"> • Agent oxydant : Air, O₂ • T° gazéification : ~ 800-1000 °C • Temps séjour : ~ 2-3 h • Pression : 1 bar | <ul style="list-style-type: none"> • Agent oxydant : Air, Air/vapeur, O₂ • T° gazéification : ~ 800-1100 °C • Temps séjour : ~ 2-3 h • Pression : 1 bar |
| Avantages | <ul style="list-style-type: none"> • Technologie simple et robuste • Biomasse humide et hétérogène utilisable • Rendement chimique élevé : récup de chaleur directe | <ul style="list-style-type: none"> • Technologie simple et robuste • Teneur en goudrons plus faible que le contre-courant |
| Inconvénients | <ul style="list-style-type: none"> • Teneur en goudrons très élevée • Condensation des gaz en sortie • Application pour des faibles puissances • Influence importante de la granulométrie | <ul style="list-style-type: none"> • Application pour des faibles puissances • Combustible homogène requis |
| Maturité/ Acteurs | <ul style="list-style-type: none"> • Technologie mature, références industrielles • Constructeurs : Nexterra, Volund, Bioneer... | <ul style="list-style-type: none"> • Technologie mature, références industrielles • Constructeurs : Xylowatt, Fluidyne, DTU... |

■ Gazéification : Les Réacteurs à lit fluidisé

Principe :



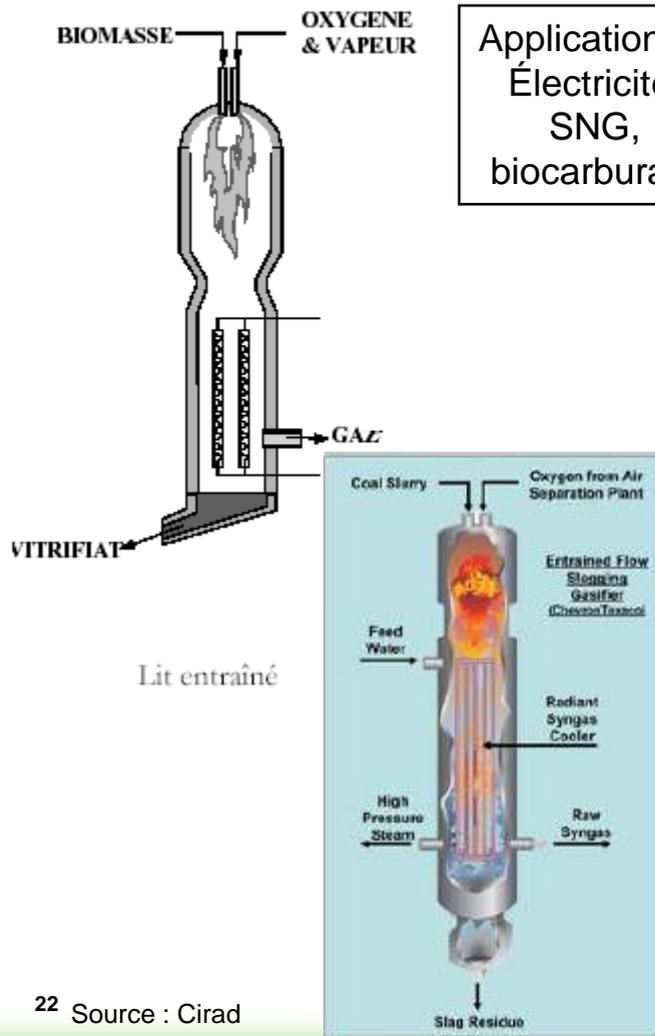
Lit fluidisé dense (bouillonnant) ou circulant



Applications :
Cogénération,
SNG,
biocarburant

| | |
|-------------------------------|--|
| Conditions opératoires | <ul style="list-style-type: none"> • Agent oxydant : Air, vapeur, O₂ • T° gazéification : ~ 900 °C • Temps de séjour : qq s (gaz), qq min (char) • Pression : 1-20 bar |
| Avantages | <ul style="list-style-type: none"> • Extrapolation possible • Homogénéité température (pas de point chaud) |
| Inconvénients | <ul style="list-style-type: none"> • Complexité • Particules dans les gaz (cendres, lit...) • Teneur en goudrons élevée (mais moins que pour le lit fixe) • Taille minimale de rentabilité • Risques liés à la fusion des cendres |
| Acteurs | <ul style="list-style-type: none"> • Repotec (FICFB), Carbona, Lurgi, Foster Wheeler |

■ Gazéification : Les Réacteurs à lit entraîné



Applications :
Électricité,
SNG,
biocarburant

Conditions opératoires

- Agent oxydant : O_2 , vapeur
- T° gazéification : $> 1400^\circ C$
- Temps de séjour : qq s
- Pression : > 20 bar

Avantages

- Compacité (T° et P élevées)
- Taux de goudrons très faible
- Pour de très grosses puissances

Inconvénients

- Complexité et coûts (matériaux...)
- Taille minimale de rentabilité
- Reformage CH_4 (pb pour la prod de SNG)
- Biomasse très fine requise
- Fusion des cendres

Acteurs

- **Choren**, Texaco, Shell, Lurgi MPG

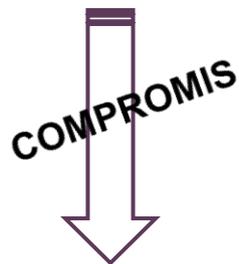
■ Gazéification : Solution adaptée à la production de Biomethane 2G

Lits fixes

- Peu de méthane produit dans le cas du co-courant
- Gaz de mauvaise qualité (besoin d'un traitement lourd)
- Puissance peu extrapolable : taille théorique limitée à 10 MW_{th}

Lit entraîné

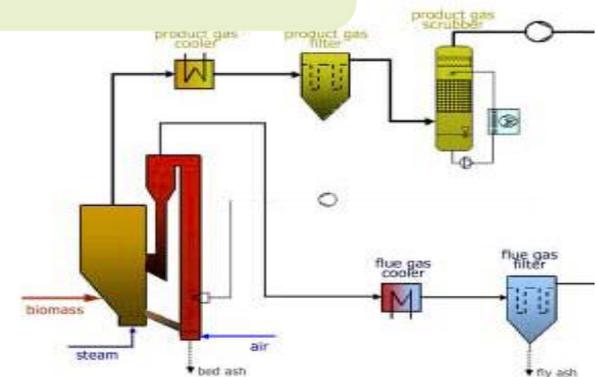
- Pas de méthane produit
- Taille minimale d'un réacteur : 50 MW



Réacteur à lit fluidisé

Ex : procédé à lit fluidisé circulant FICFB

Gazéification **indirecte**, à P_{atm}, en **lit fluidisé dense (olivine)** à la **vapeur (T° = 850 – 900 °C)**

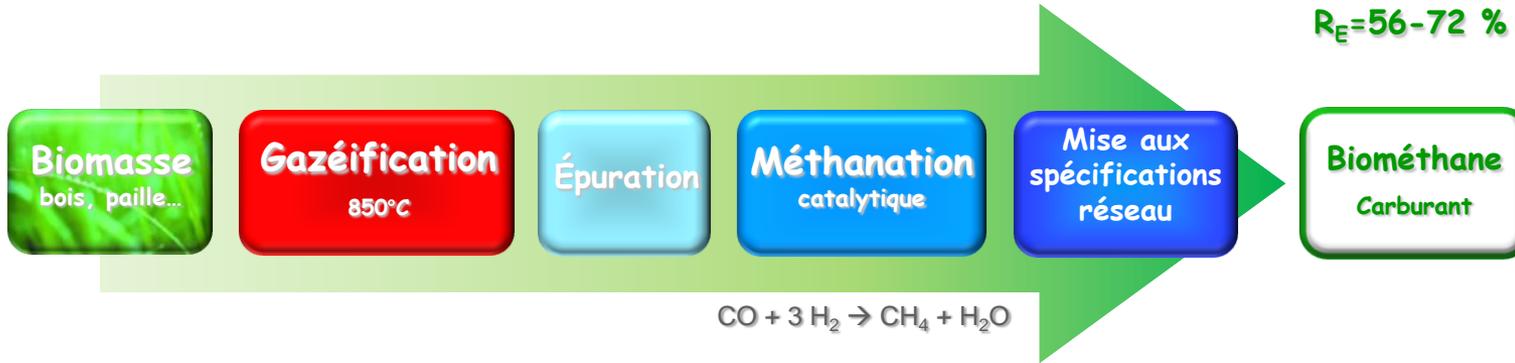


Procédé FICFB de Repotec

| Teneur en eau (% sur masse sèche) | Particules g/Nm ³ | Goudrons g/Nm ³ | H ₂ %vol. | CO %vol. | CO ₂ %vol. | CH ₄ %vol. | C _n H _m %vol. | N ₂ %vol. |
|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------|
| ~ 20 | 5-10 | 1,5-4,5 | 35-45 | 20-30 | 15-25 | 8-12 | 2-3 | 3-5 |

Données du constructeur Repotec

Qualité des gaz sur l'installation



| | |
|-------------------------------------|------|
| PCI <i>kWh/Nm³</i> | 10,8 |
| Wi <i>kWh/Nm³</i> | 14,3 |
| Dr | 0,61 |
| $[S]_T$ <i>mg/Nm³</i> | <1 |



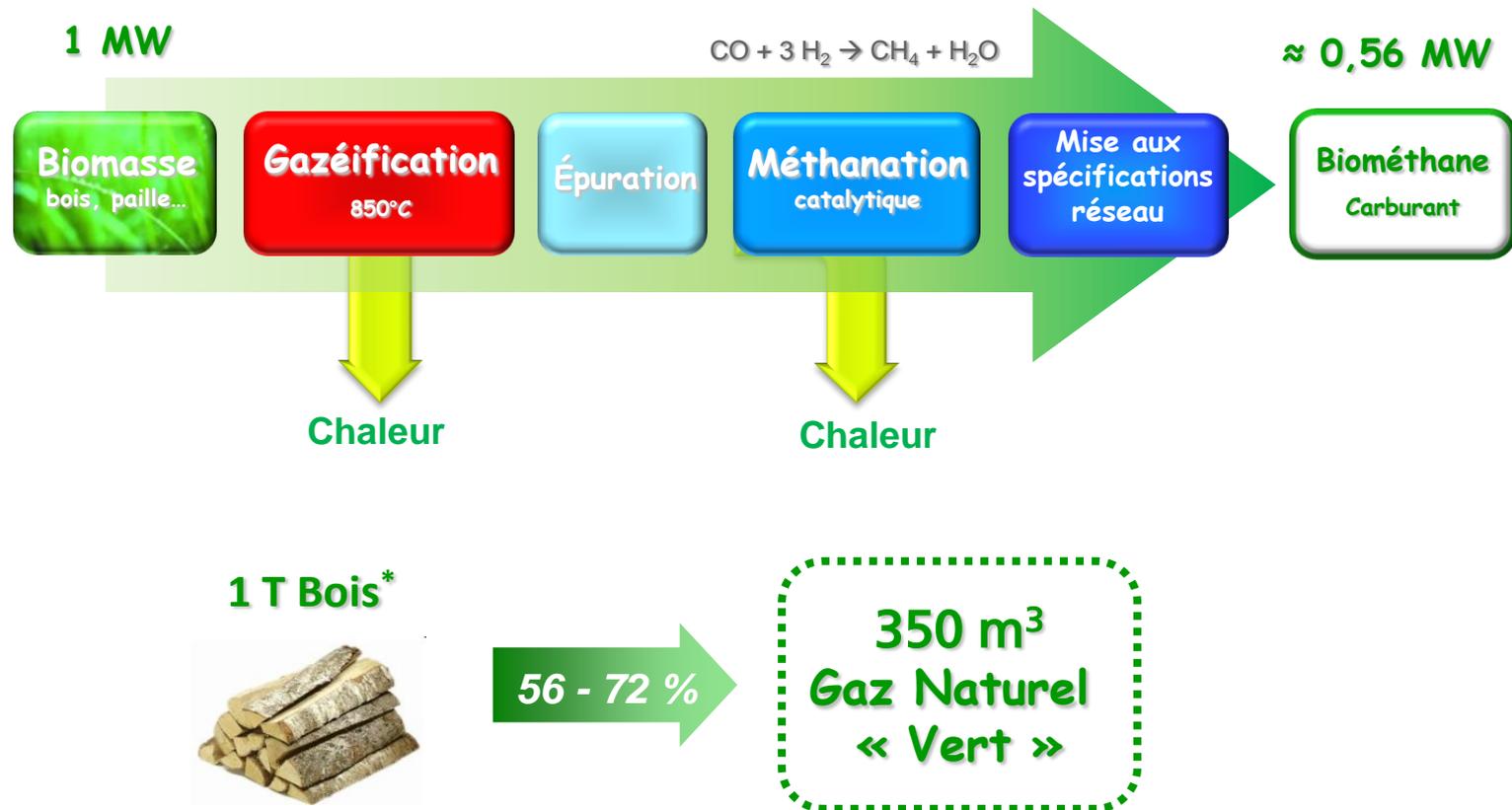
Exprimés
en % vol

| | | | | | |
|-------------------------------|----------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-----------|
| CH₄ | 9 | CH₄ | 12,5 | CH₄ | 36 |
| C ₂ H ₄ | 2,9 | C ₂ H ₄ | 2 | C ₂ H ₄ | 0 |
| CO | 25 | CO | 20 | C ₂ H ₆ | 0,3 |
| H ₂ | 36 | H ₂ | 30 | CO | 0,1 |
| CO ₂ | 19 | CO ₂ | 15,3 | H ₂ | 2 |
| N ₂ | 0,5 | N ₂ | 0,6 | CO ₂ | 31,6 |
| H ₂ O | 7.5 | H ₂ O | 20 | N ₂ | 0,9 |
| Traces | 1 | Traces | 0 | H ₂ O | 29,4 |
| | | | | Traces | 0 |

| | |
|-------------------------------|-----------|
| CH₄ | 96 |
| C ₂ H ₄ | 0 |
| C ₂ H ₆ | 0,3 |
| CO | 0,1 |
| H ₂ | 0,68 |
| CO ₂ | 0,23 |
| N ₂ | 2 |
| H ₂ O | 0,01 |
| Traces | 0 |

■ La filière Biométhane 2G

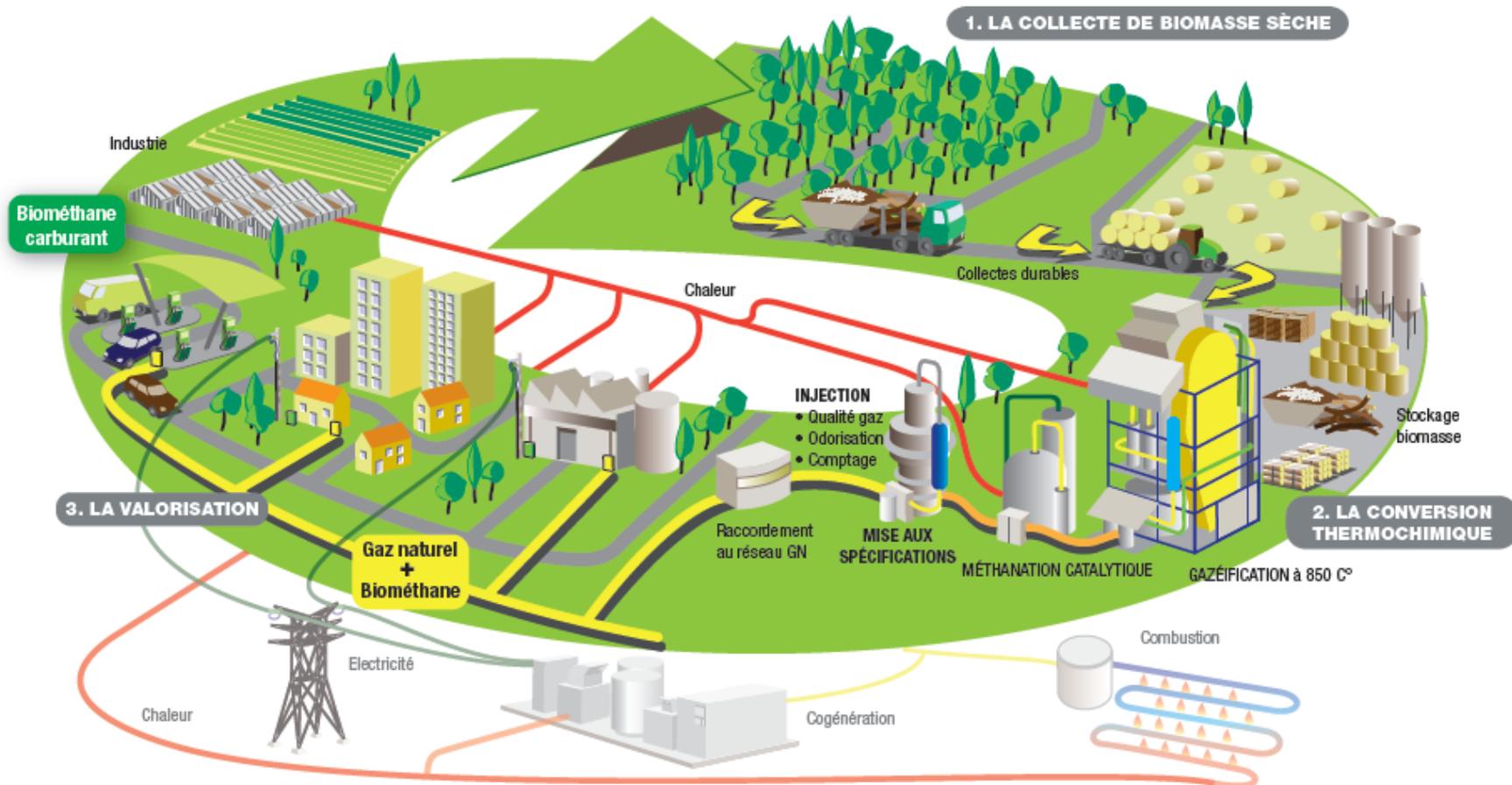
Une filière technologique décentralisée très performante avec un rendement énergétique de 56 à 70 %



*3.5 KWh PCI/kg à 25 % d'humidité

■ Une filière industrielle durable

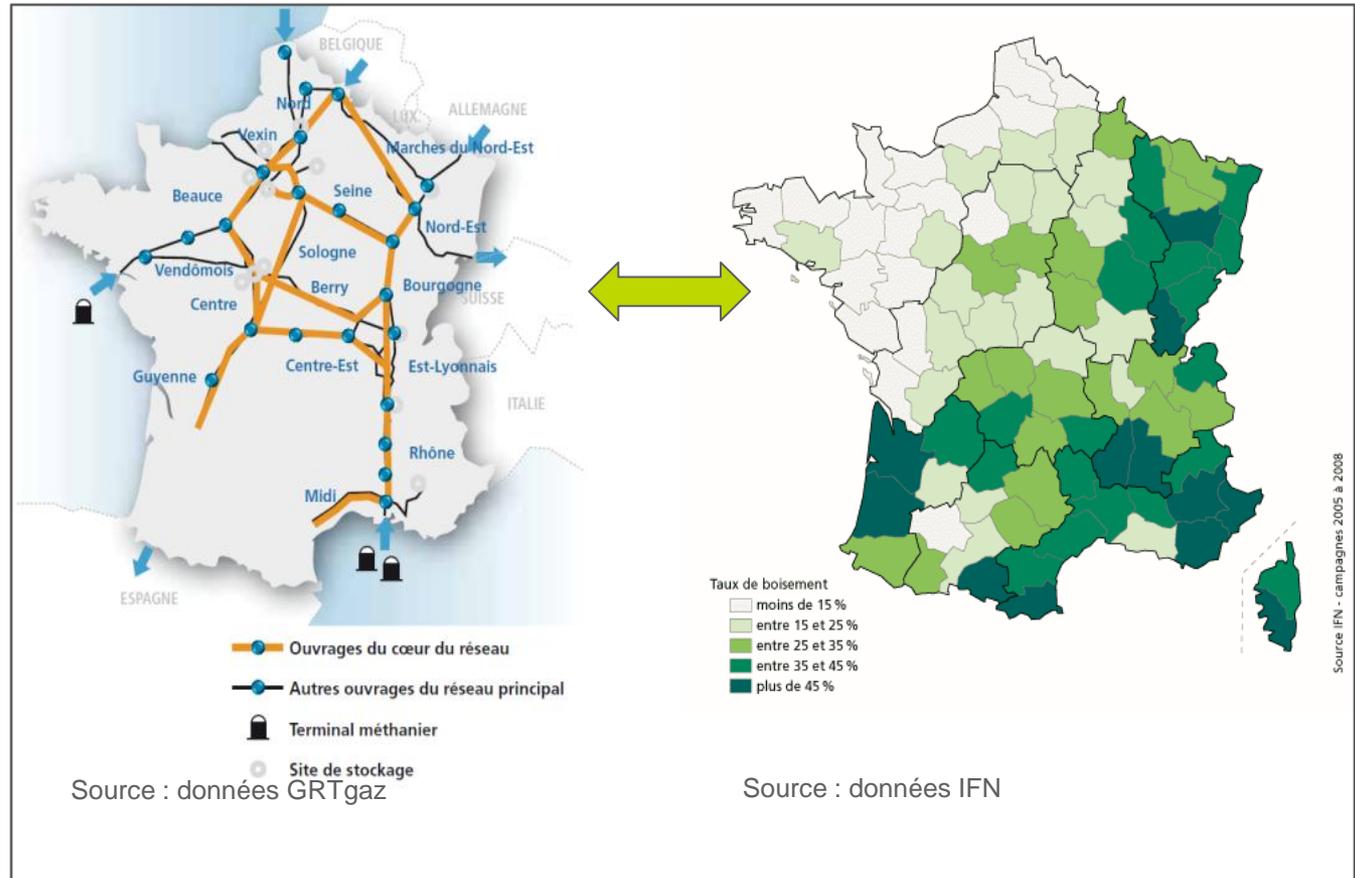
Des unités décentralisées de moyenne puissance au plus près du gisement



- Des unités de moyenne puissance : 20 à 60 MW_{Biométhane} - 100 à 300 000 T de biomasse
- Une opportunité **d'améliorer le rendement global de 4 à 7%** en valorisant la chaleur excédentaire

■ Une production décentralisée réduisant les émissions de GES et favorisant le développement local

- **Transport propre et facile :**
grâce au réseau de transport de gaz naturel (très faibles émissions)



■ Le Biométhane 2G

Une filière technologique bien positionnée face à ses concurrents

| Biocarburant 2G | Niveau de développement | | Effort R&D nécessaire ¹ | Taille d'installation visée [MW _{in biomasse}] 10.....100.....1000 | Efficacité énergétique globale [%] 0.....40..50..60..70.....100 | Distribution | Utilisation |
|------------------------|-------------------------|-------------|------------------------------------|--|--|--------------|-------------|
| | Concept/Labo | Pilote/Démo | | | | | |
| <i>Liquide</i> | | | | | | | |
| Bioéthanol | → | | +++ | 100-1000 | 40-70 | +++ | +++ |
| Gazole Fischer-Tropsch | → | | ++++ | 100-1000 | 40-70 | ++++ | ++++ |
| Méthanol | → | | +++ | 100-1000 | 40-70 | ++ | ++ |
| <i>Gazeux</i> | | | | | | | |
| Biogaz | → | | + | 10-100 | 40-70 | +++ | ++++ |
| BioSNG | → | | ++ | 100-1000 | 40-70 | +++ | ++++ |
| DME | → | | +++ | 100-1000 | 40-70 | ++ | + |
| Hydrogène | → | | +(+) | 100-1000 | 40-70 | + | + |

¹ au regard de la complexité de la technologie

² au regard des circuits de distribution et des applications existantes

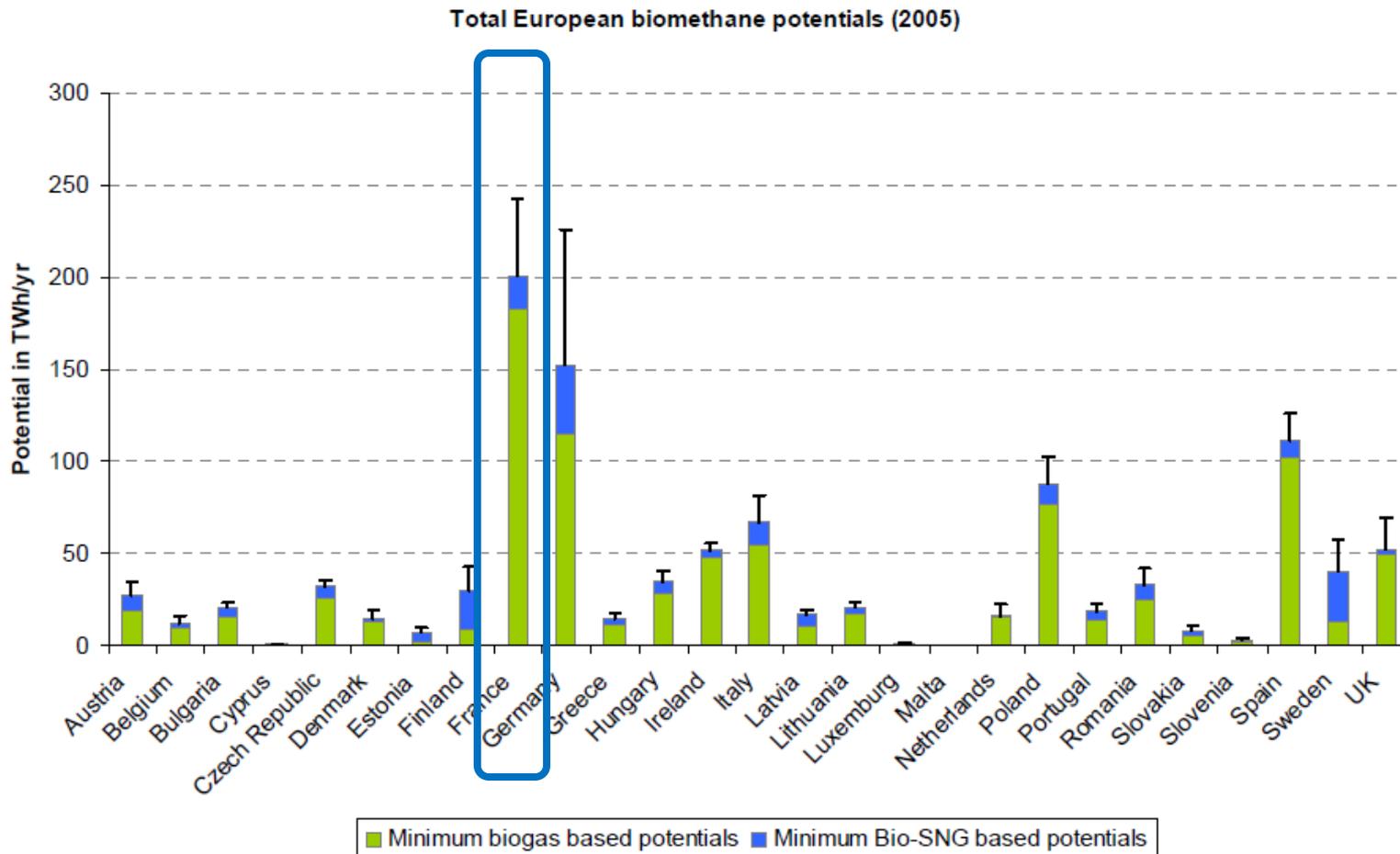


Unité pilote Biométhane 2G de Güssing (Autriche)



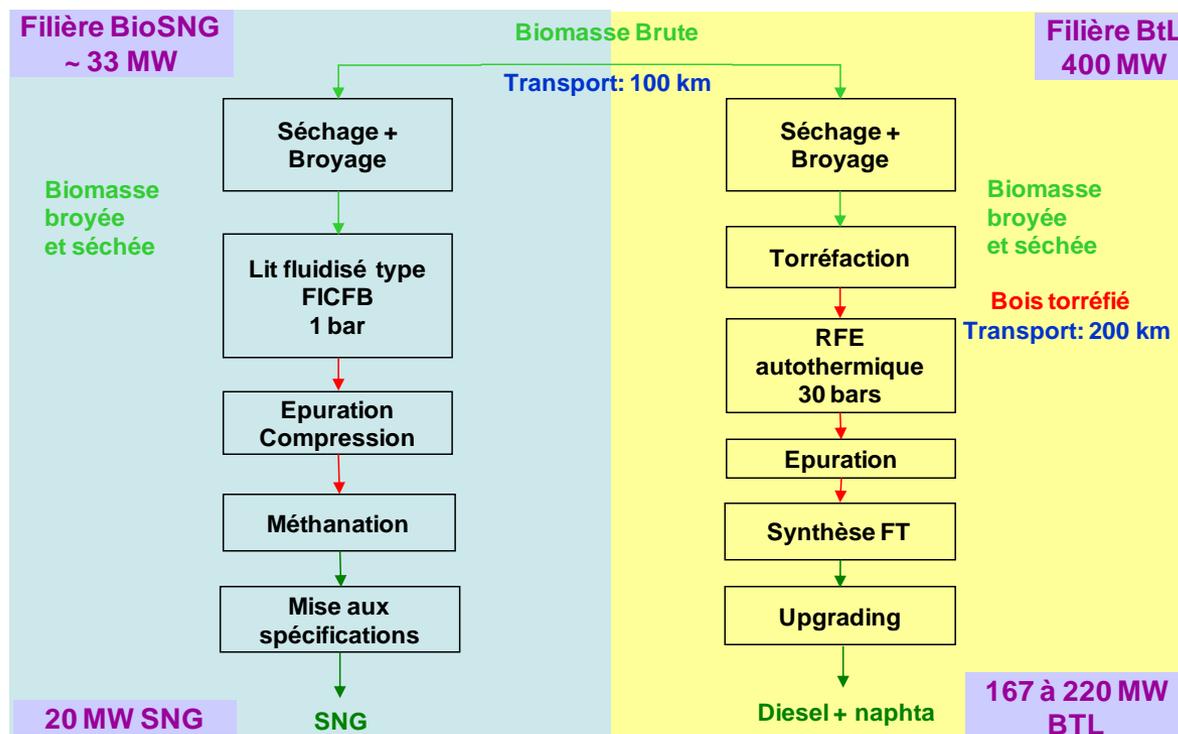
■ Quel potentiel pour le Biométhane ?

Un potentiel considérable pour la 1G et la 2G en France et en Europe, avec une filière de 3^{ème} génération prometteuse en perspective



■ Un premier bilan économique prometteur

Une étude collaborative menée dans le cadre du projet ANR VEGAZ



- **Filière BioSNG:** unités ~33 MW (PCI entrée gazéifieur – 6T/h) – rendement 56 %

- CAPEX : ~ 57 M€ soit 1,72 €/MWh_{biomasse}
- Intensité capitalistique à 3 €/MWh_{bioSNG}

- **Filière BtL:** unités ~400 MW (PCI en entrée gazéifieur 90 t/h) – rendement 35 %

- CAPEX global ~ 530 M€ soit 1,32 €/MWh_{biomasse}, unités de torréfaction incluses
- Intensité capitalistique à 3,8 €/MWh_{biodiesel}

Le Projet GAYA : vers l'industrialisation de la 2G

Un programme R&D collaboratif centré autour d'une plateforme de démonstration technologique

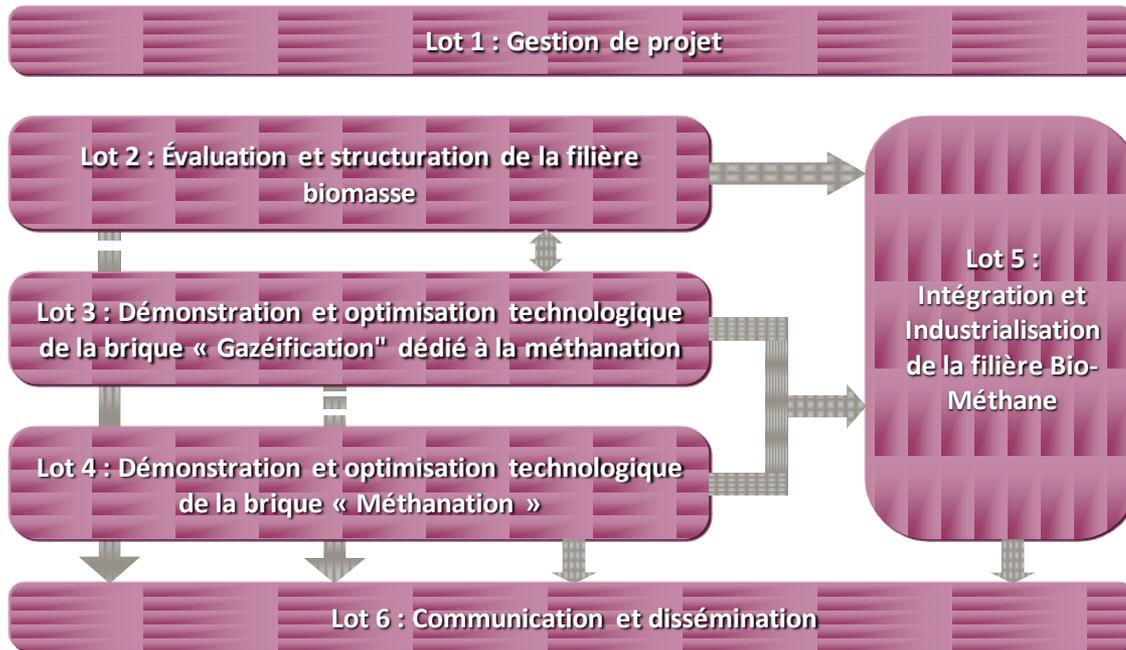


- ▶ Valider la pertinence technique pour un déploiement industriel, d'une filière « biométhane »
- ▶ **47 M€ de budget – 18 M€ Subventions ADEME**
 - ▶ Lancé en Juin 2010 - Lancement plateforme en 2013 – Fin en 2016

- ▶ Garantir que ces nouvelles activités s'inscrivent dans une perspective de valorisation durable de la biomasse, dans les meilleures conditions environnementales
- ▶ Construction d'une plate-forme technologique intégrant des démonstrateurs industriels :
- ▶ Adossée à un **programme de R&D ambitieux sur 7 ans**, ouvert et associant 11 partenaires
 - ▶ Sur **l'ensemble de la filière** intégrant tous les aspects connexes (déchets, etc.)



■ The GAYA Project – focus on the R&D program



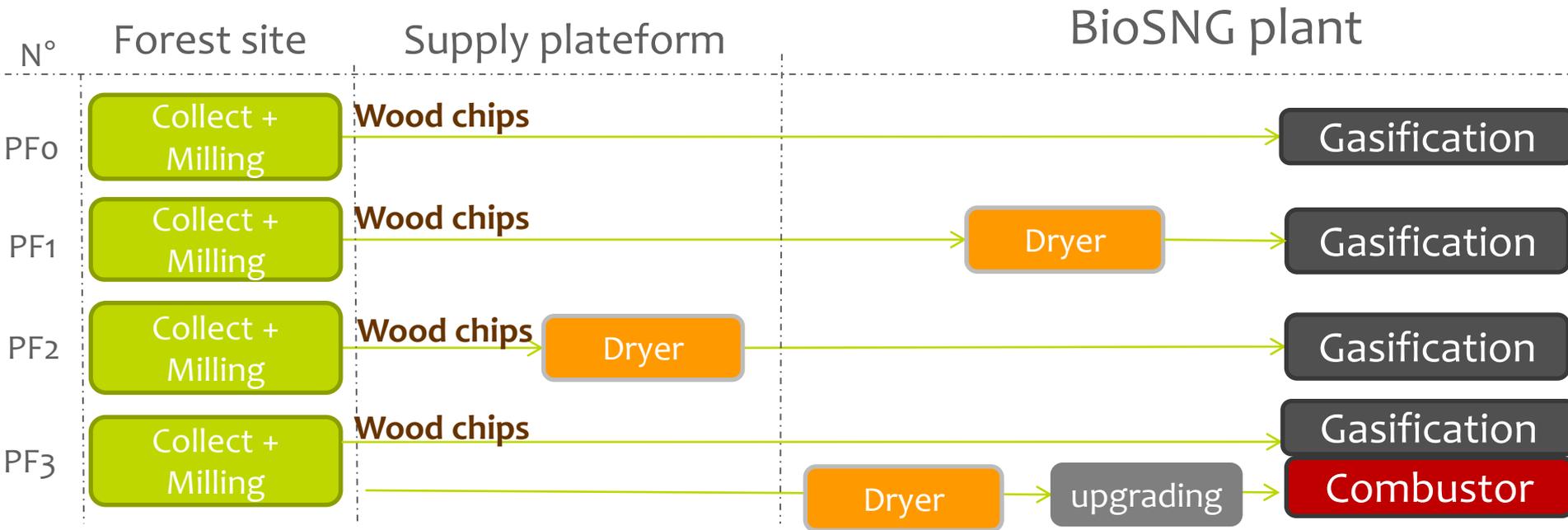
R&D status

- ▶ R&D on Biomass part is in progress (feedstocks, volumes, optimized supply chain,...)
- ▶ Modelization of the gasification and methanation process are in progress and will provide innovations that will be tested on the platform
- ▶ LCA and exergy integration studies are undergoing

Major topics

- ▶ Technological development of process block suited to an efficient and decentralized pathway
 - ▶ Biomass pretreatment
 - ▶ Gas cleaning processes at low T°
 - ▶ Methanation (catalysts handling and optimization of formulae)
 - ▶ Upgrading gas process with low electric consumption
 - ▶ Exergy analysis
- ▶ Gas and trace compounds analysis
- ▶ Exergy analysis
- ▶ Overall LCA analysis
- ▶ Injection conditions in low or high pressure grid
- ▶ Collaboration in the field of the GAYA demonstration platform

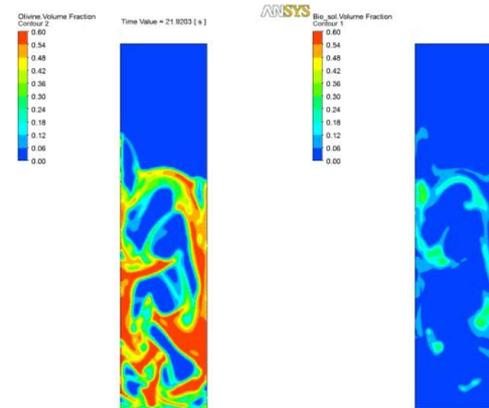
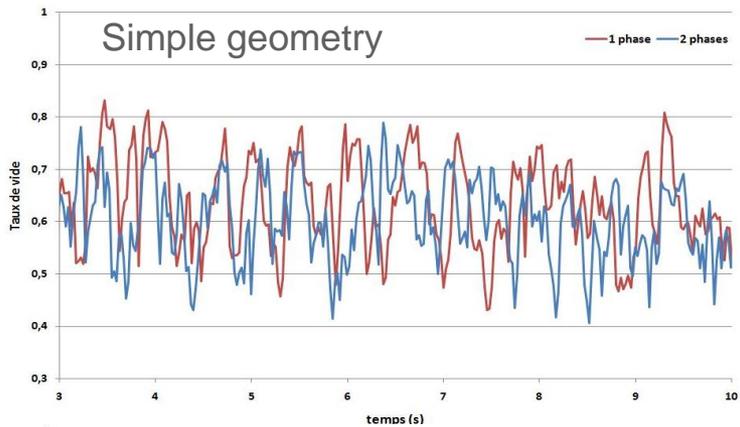
Biomass feedstocks assessment and supply chain optimization
Provide a better energy efficiency and cost reduction



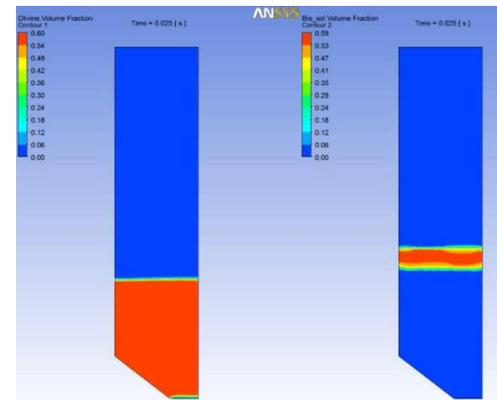
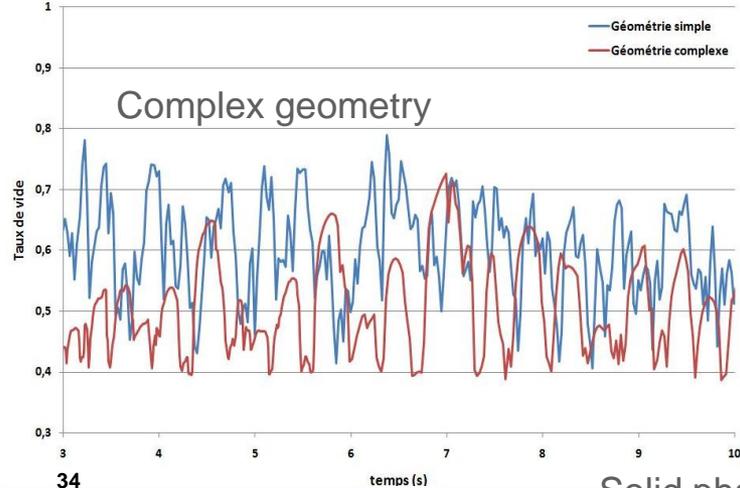
Modelization and CFD studies on gasification process

Strong tools to improve conception and reliability of the process

- Example : influence of biomass injection position on the hydrodynamics



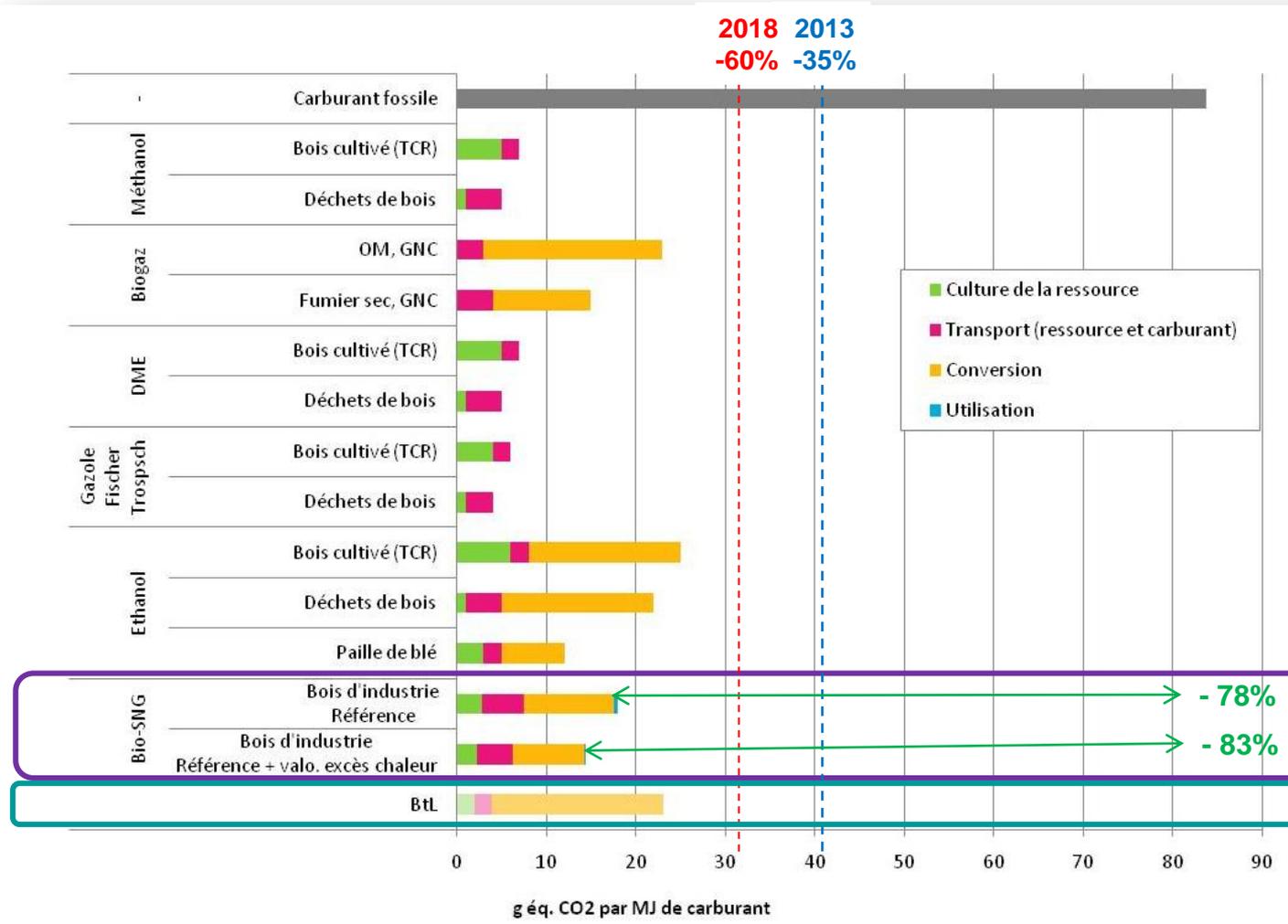
- Objective : optimize the gasification for methane production, high quality syngas and high reliability
- Strong tools to improve the gasification reactor conception
- 3D simulations are the next steps to study the hydrodynamic behaviour of reacting FICFB at semi-industrial scale



Solid phases: sand biomass

Le Biométhane 2G

Un premier bilan environnemental très positif : - 83% de CO_{2eq} / Gaz Naturel, parmi les meilleurs pour le 2^{ème} génération



Données par défaut : Directive 2009/28/CE

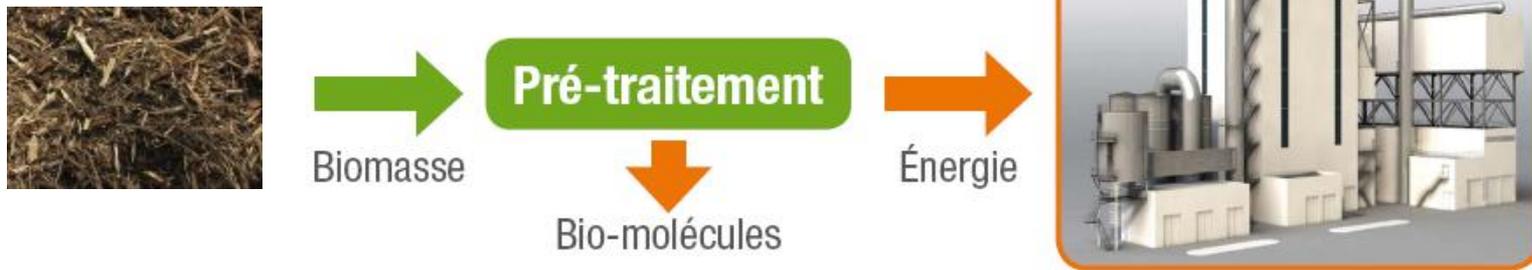
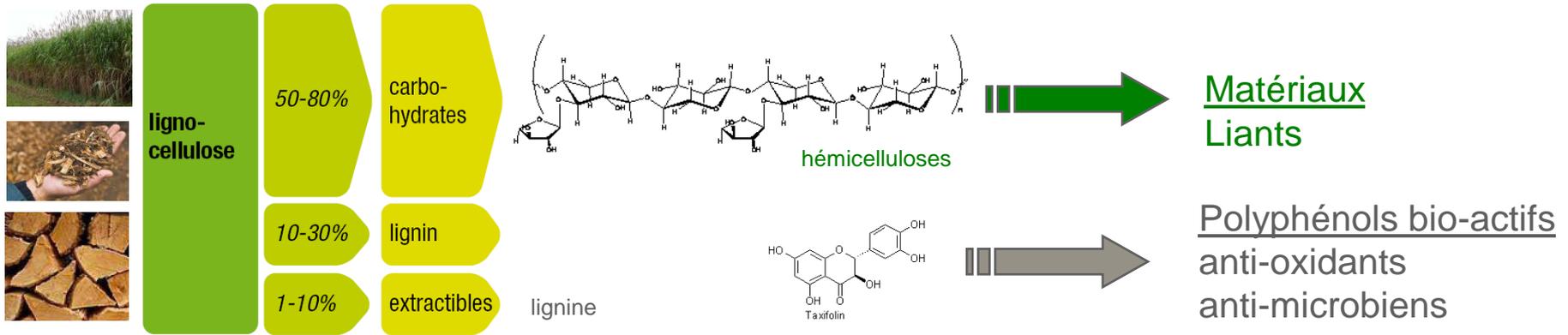
Résultats Projet ANR VEGAZ

Estimation CEA LITEN

Le Projet GAYA : vers un concept de BioRaffinerie

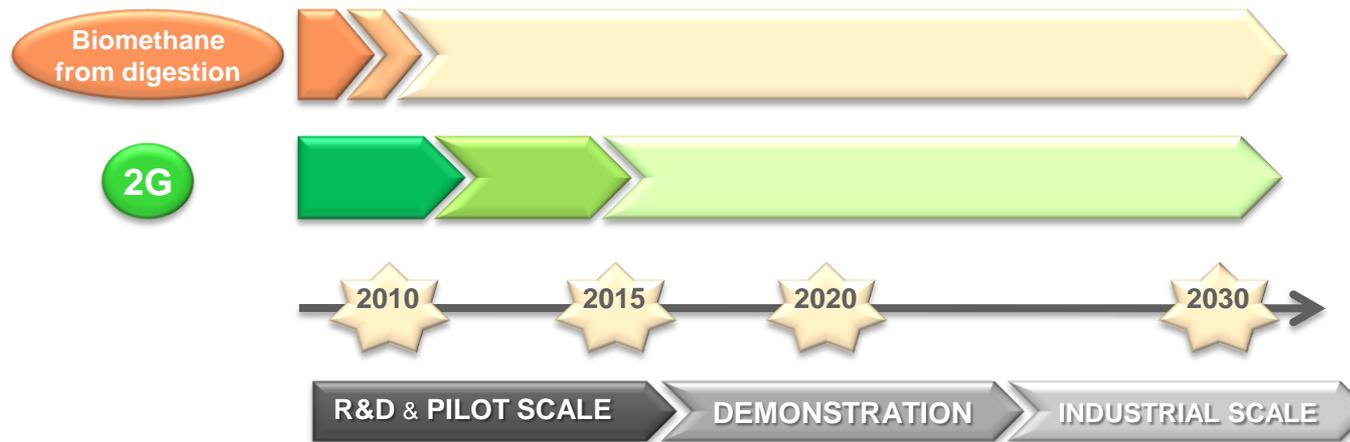
Pré-traitement des biomasses avant Gazeification

➤ Plus value sur la filière méthanation/gazeification



■ Des perspectives prometteuses pour le Biométhane 2G

Un potentiel considérable, des facteurs économiques et environnementaux favorables,



- ➔ Un potentiel considérable et une position favorable par rapport aux filières concurrentes
- ➔ Un premier bilan environnemental et économique prometteur
- ➔ Des besoins de R&D encore nécessaires afin d'améliorer et optimiser au mieux les technologies
- ➔ Un objectif d'industrialiser la filière à l'horizon 2016 au travers du projet de démonstration GAYA et de sa plate-forme pilote implantée à St Fons au sud de Lyon, (disponibilité 1^{er} semestre 2013)
- ➔ Mais un cadre réglementaire à construire et des verrous structurels sur les filières amont à lever

Merci de votre attention !!

