

EDF Energies Nouvelles

La gazéification

Guillaume Bourtourault



- Généralités
- Principe
- Familles de gazogène
- Epuration du gaz
- Historique
- Stade de développement
- Acteurs et marchés
- Perspectives industrielles et économiques

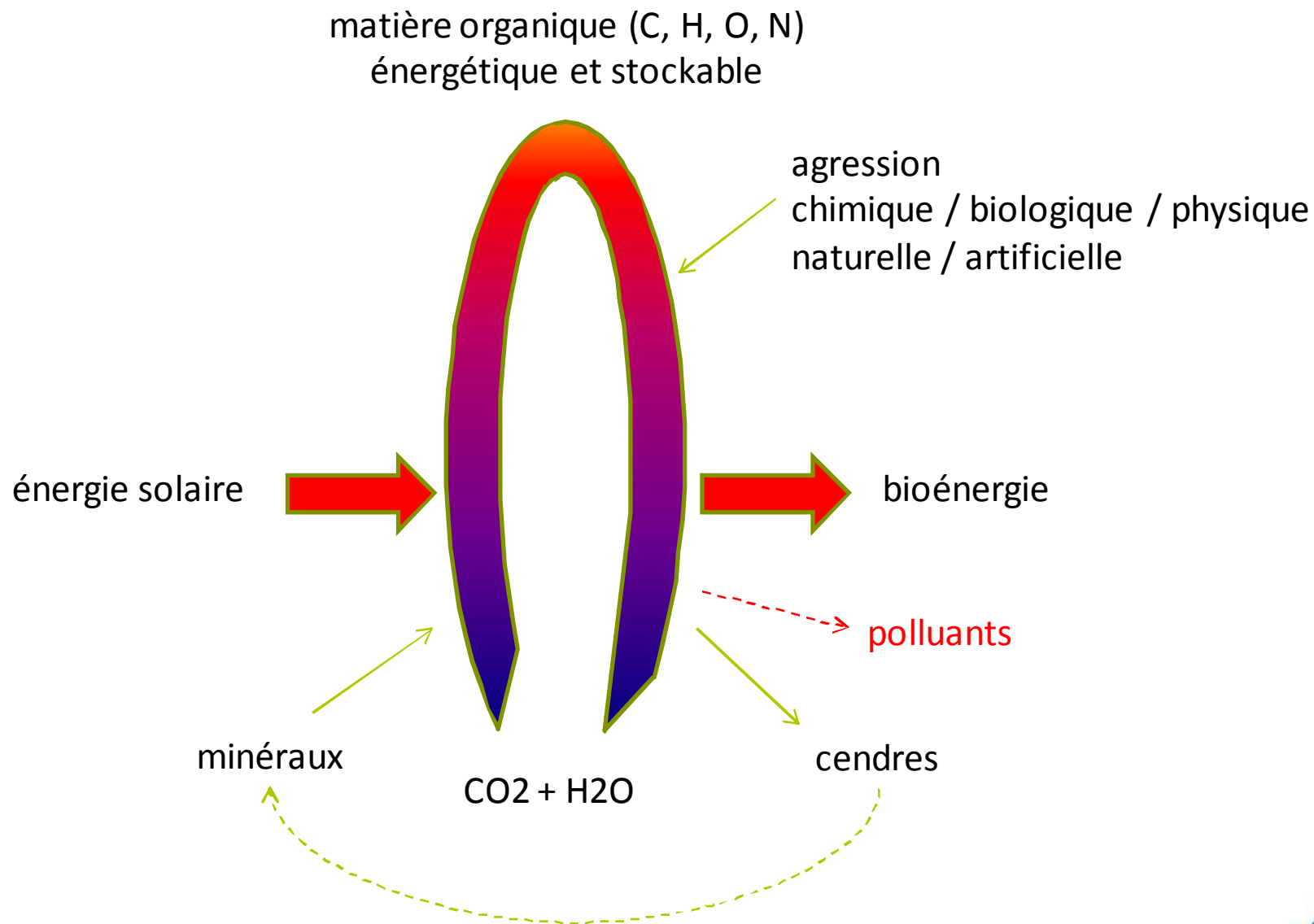
Une technologie vieille comme le monde

- étape intermédiaire de toute combustion
- utilisation empirique séculaire : cigarette, gazogène automobile

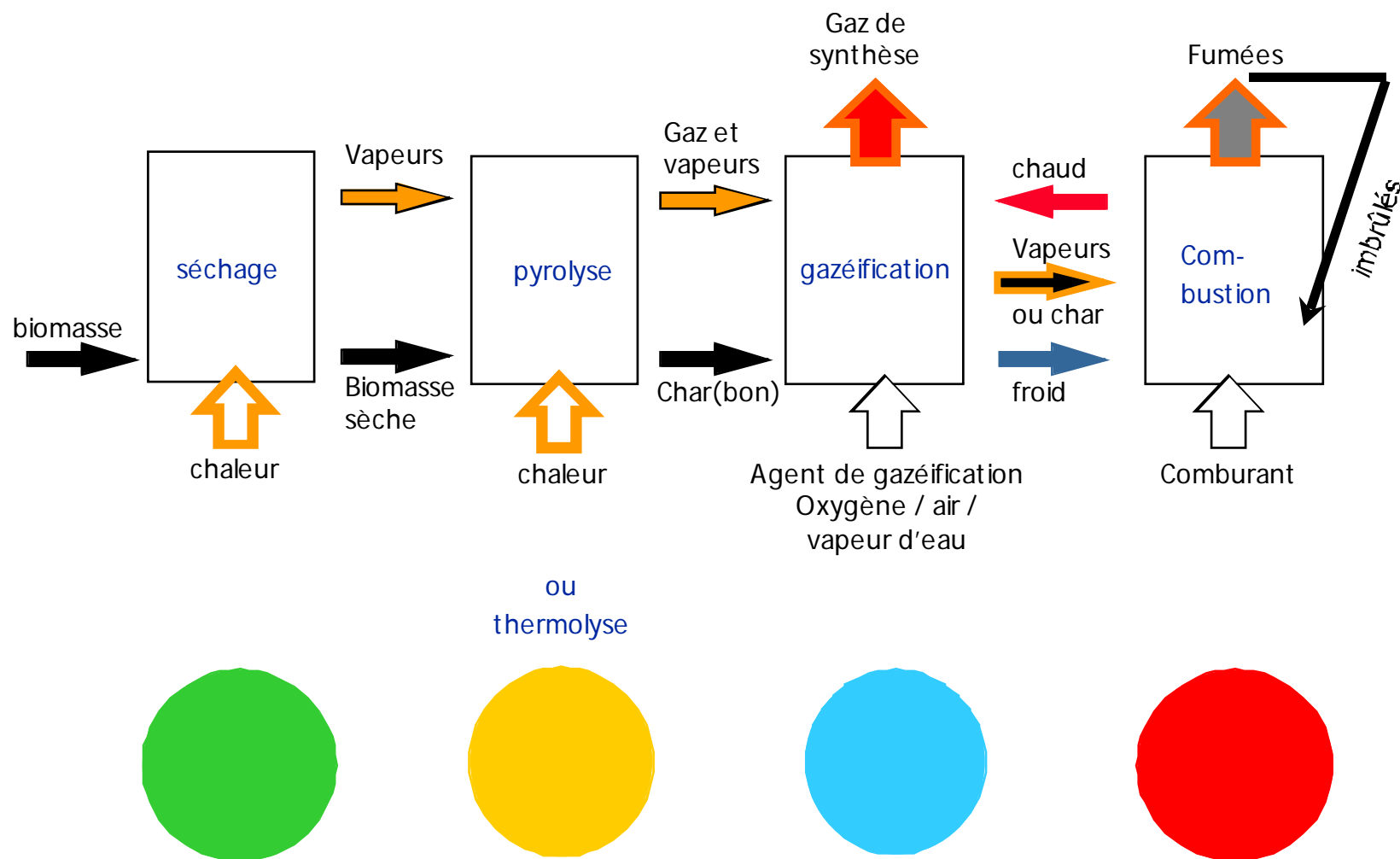


- utilisation industrielle limitée géographiquement (Afrique du Sud) ou dans le temps (gaz de ville)

Une étape de la dégradation thermo-chimique



Une étape de la dégradation thermo-chimique



- □ □ **Gazéification**

- $C + 1/2 O_2 \Rightarrow CO$ $C + O_2 \Rightarrow CO_2$
- $C + H_2O \Rightarrow CO + H_2$

- □ □ **Equilibres**

- $CO + H_2O \Rightarrow CO_2 + H_2$
- $CO + 3 H_2 \Rightarrow CH_4 + H_2O$

- □ □ **Et synthèses**

- $CO + 2 H_2 \Rightarrow CH_3OH$
- $CO + 2 H_2 \Rightarrow \text{-- } CH_2 \text{ --} + H_2O$

Le gazogène automobile

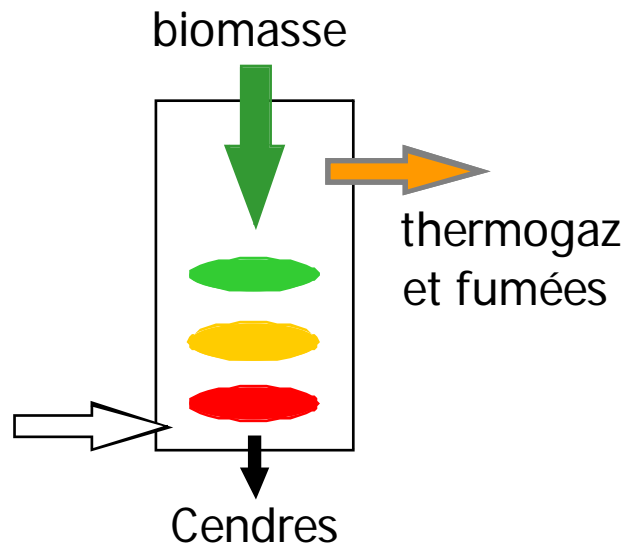
lit fixe

contre-courant

autotherme

up-draft

Comburant et agent gazéifiant



goudrons

poussière

vapeur d'eau

capacité moyenne

robuste

simple

- PRME, Voelund

Le petit gazogène de cogénération

- lit fixe
- co-courant
- autotherme
- à tirage inversé
- down-draft

moins de goudrons

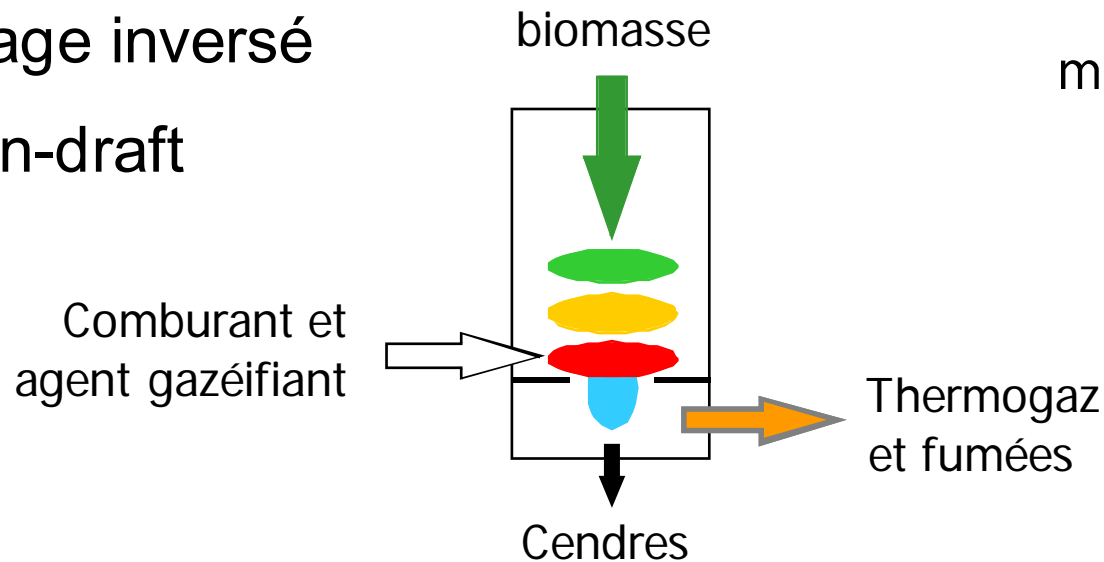
cendres

moins de vapeur d'eau

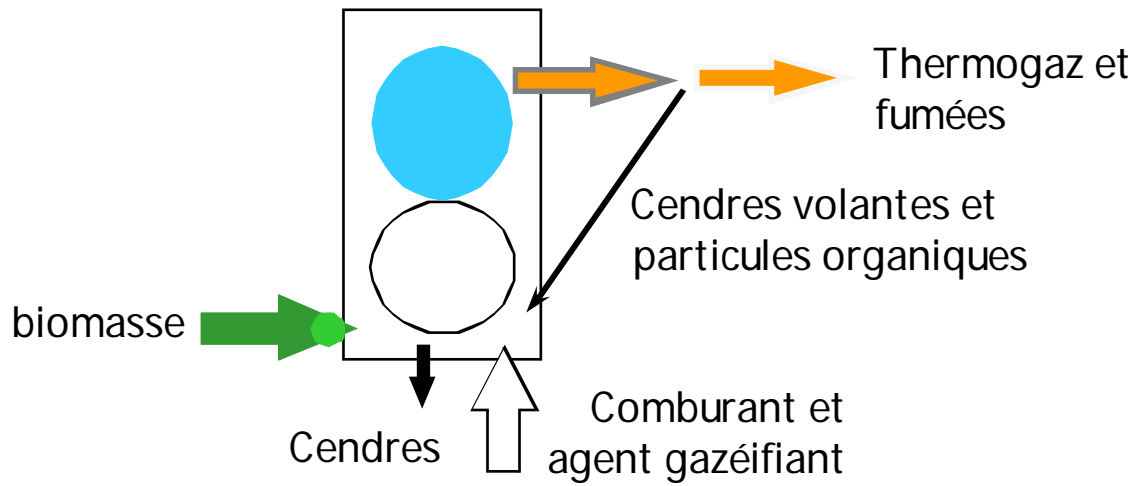
capacité faible

robuste

moins simple

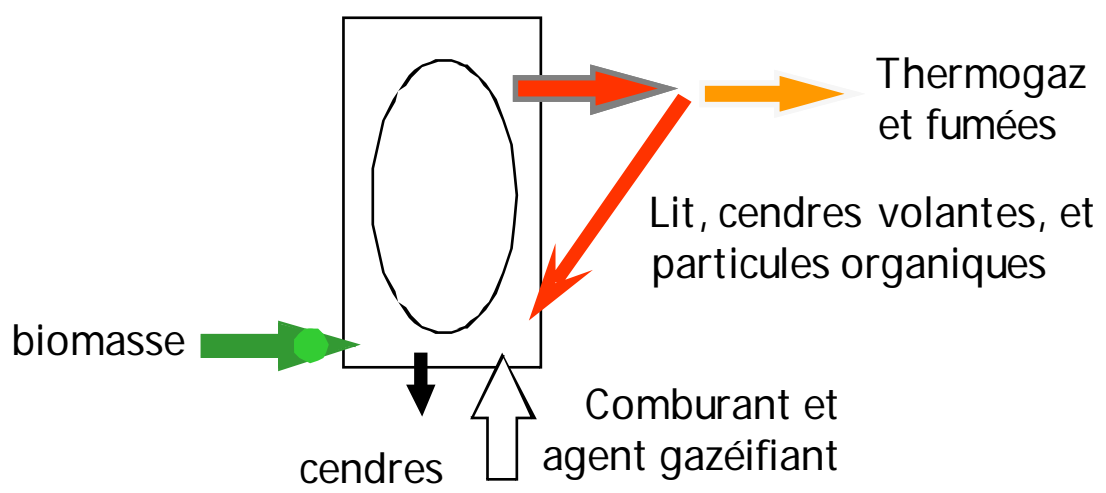


- martezo, xylowatt



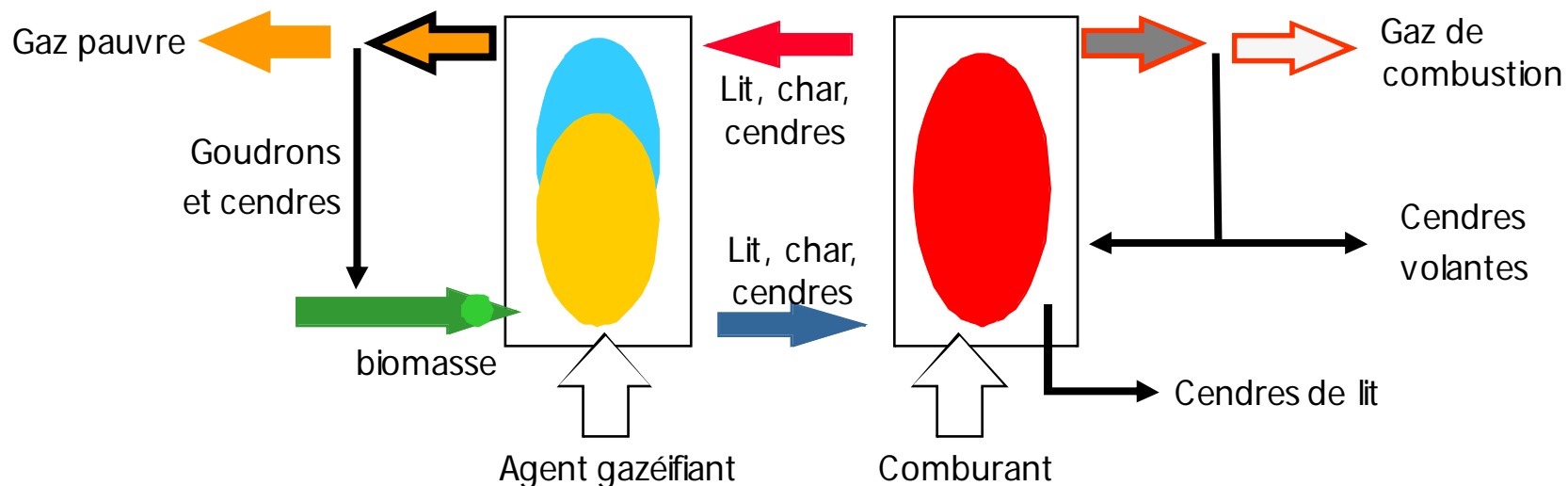
Lit fluidisé bouillonnant

- lit
- produits ⇔ réactifs
- bonne répartition de la chaleur
- temps de séjour individualisé



Lit fluidisé circulant

Les gazogènes "2G"



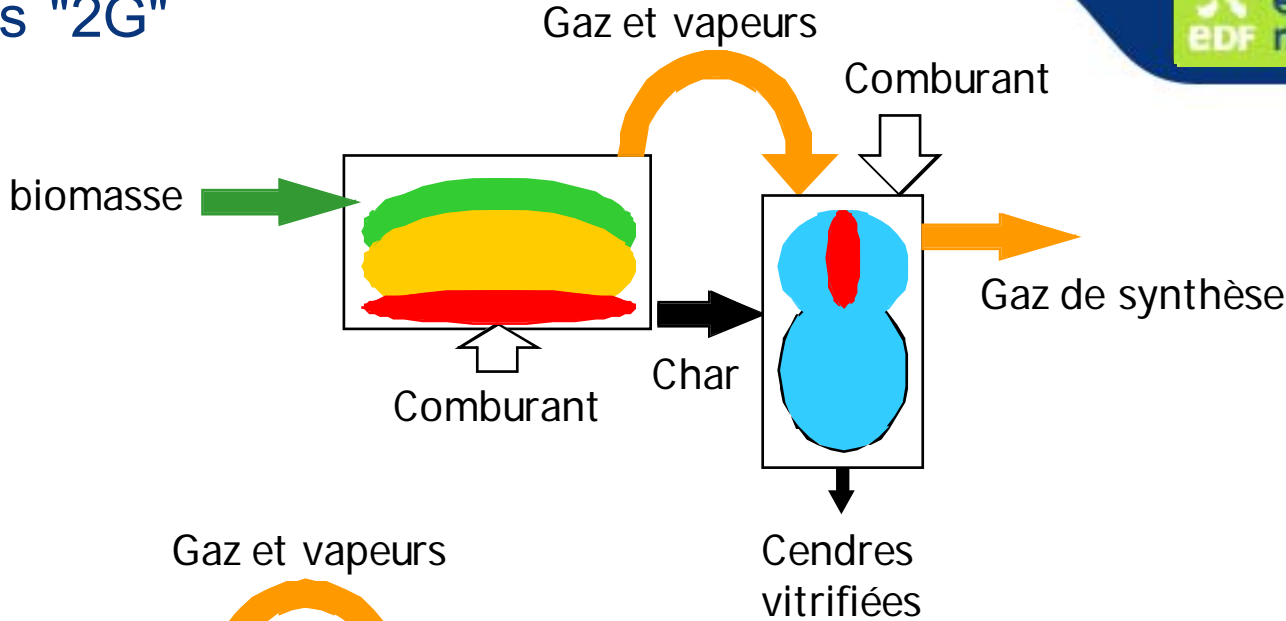
- lits fluidisés
- allotherme
- à tirages séparés
- 2 chambres
- combustion du char

moins de goudrons
cendres et lit
moins de vapeur d'eau
extrapolable
adaptable
complexe

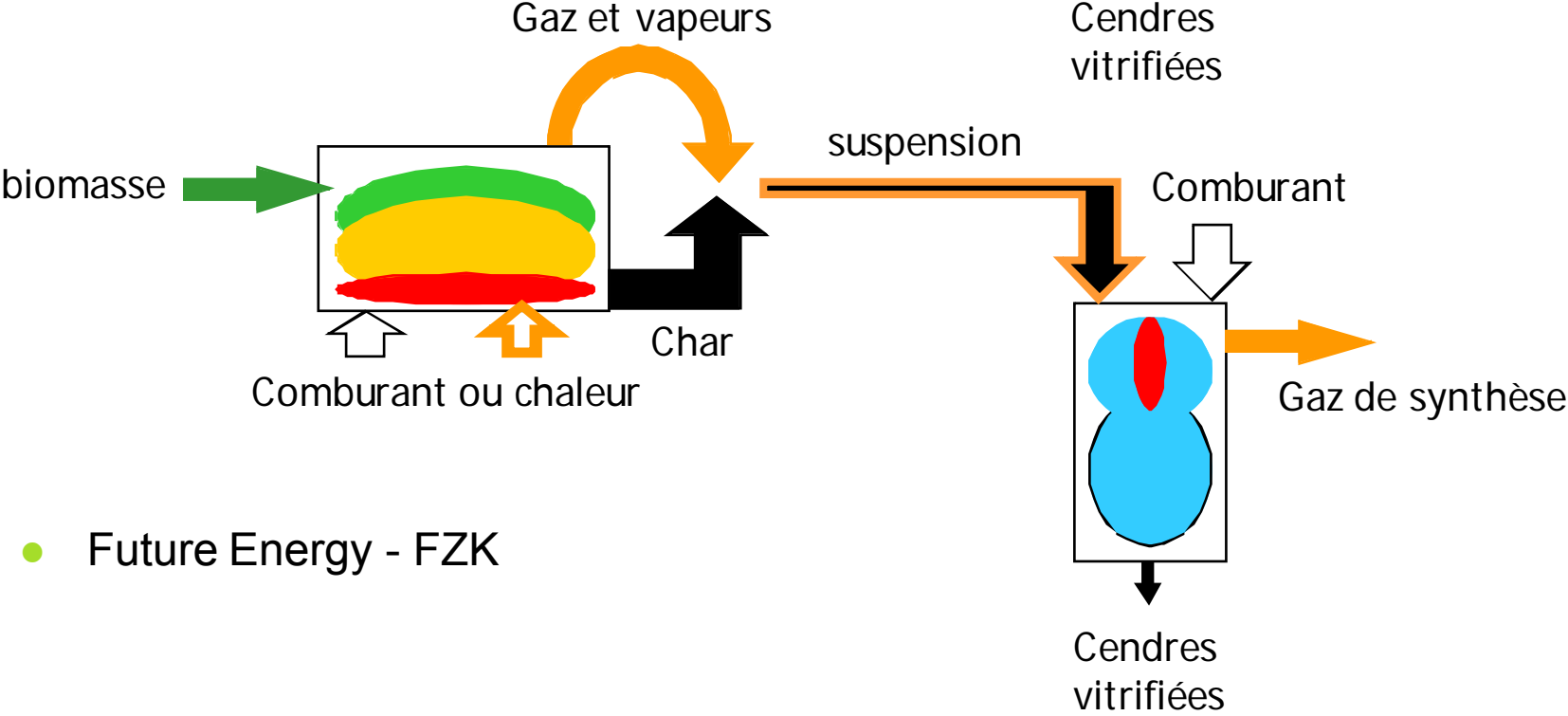
- Batelle, FICFB

Les gazogènes "2G"

- Choren

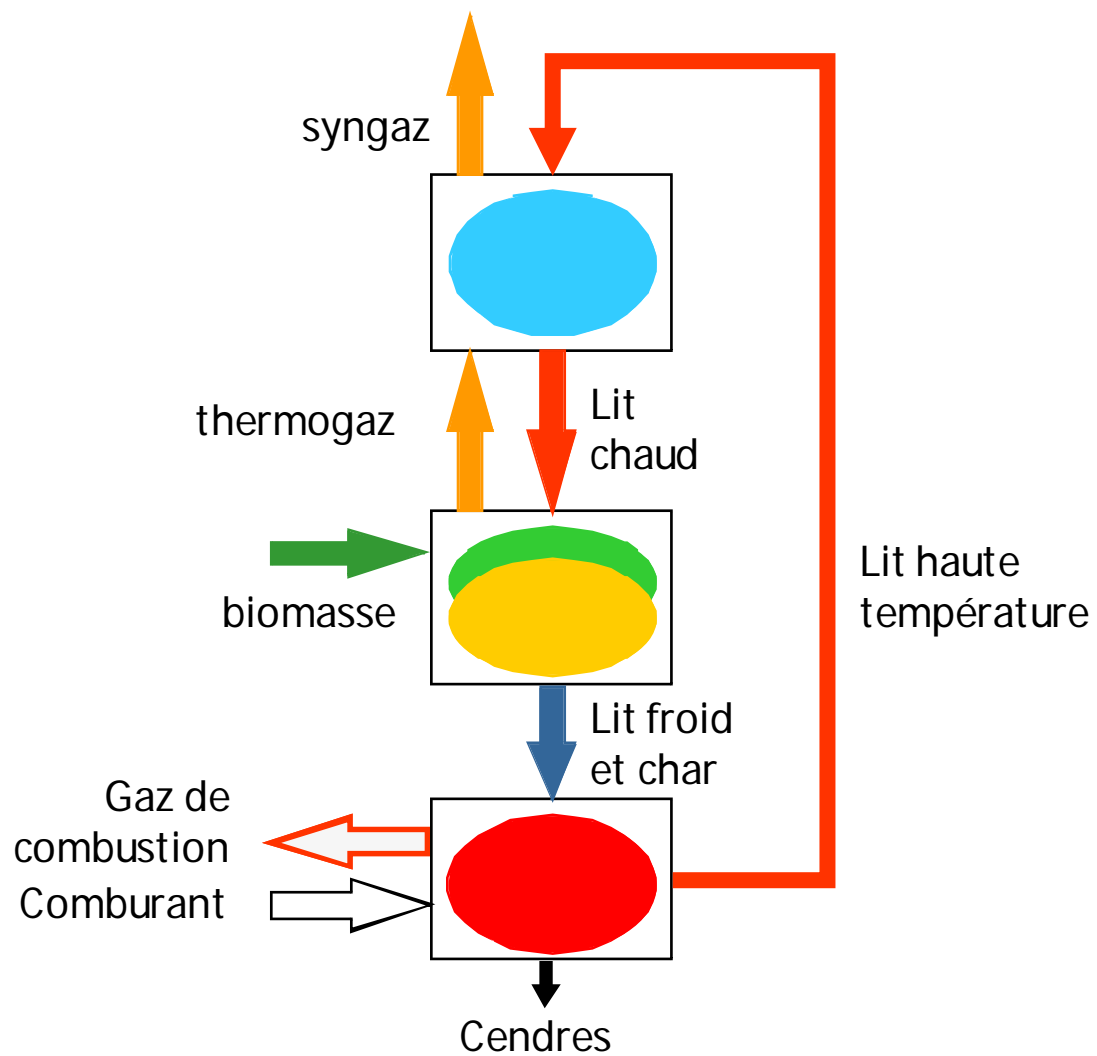


- Future Energy - FZK



- haute température
- pyrolyse préalable
- flux entraîné
- autotherme
- gazéification étagée
 - consommation d'oxygène
 - matériaux haute température
 - gaz propre
 - pyrolyse délocalisée
- manutention des produits de pyrolyse
 - capacité importante

Les gazogènes "2G"



- source de chaleur : externe, charbon, vapeurs
- allotherme / autotherme
- étagé
- lit de sable, caloporteur
- oxygène / air / vapeur d'eau comme agent gazéifiant
- température de gazéification et temps de séjour
- cendres : avec lit ou non, vitrifiées ou non, "rebrûlées" ou non

Epuration du gaz

- Haute ou basse température
- Traitement thermique
- Filtres : céramique, textile, électrostatique
- Lavages : organique ou aqueux
- Venturi et coalesceur
- Epuration fine : charbon actif, ZnO, ...
 - bilan chimique et thermique
 - efficacité
 - durabilité
 - consommables et rejets

La gazéification chez EDF

1982-1987 :
démonstration en Guyane
6,7 MWe Lit fluidisé dense
BIODEV (Canada)

Odeillo

1992 :
Charbon – bagasse 6 x 30 MWe
En cogénération avec la bagasse
Co-combustion en Réunion et Guadeloupe

1999 :
Appel d'offre biogaz
22 projets de 0,6 à 6 MWe
De 47 à 65 €/MWh

1998-2000 :
démonstration en Suède IGCC 6 MWe + 9 MWth
Lit fluidisé circulant, Foster Wheeler (USA)

2000 : Koudia 50 MWe

R&D 2001-2002 :
cogénération
biomasse +
Biomass Interest
Group

R&D 2003-2004 :
gazéification
Güssing + offre
biomasse
+ RENEW

R&D 2005-2006 :
opérationnel
suivi EBV +
dévt techno +
PNRB +
JARIX + Bure

suivi du FICFB à Vienne et Güssing

- Gazogène : lit bouillonnant, 5 bars, 800 °C, conçu et construit par BIODEV (Canada), issu de travaux universitaires
- Lavage du gaz : cyclone + laveur à eau
- Valorisation : moteur à gaz de 6,7 MWe
- Problèmes : alimentation, fusion des cendres, stabilité
- Projet interrompu en 1987 avec le contre-choc pétrolier

- Gazogène : LFC, 18 bars, 950 °C conçu et construit par Foster Wheeler
- Épuration du gaz : filtres céramiques puis métalliques
- Valorisation du gaz : CC de (4+2) MWe + 9 MWth
- L'installation a atteint un niveau de fiabilité satisfaisant au bout des 3 ans et de 8500 h d'essais. Elle permet de traiter différents combustibles.
- Cependant, certains points restaient à améliorer pour atteindre la rentabilité.
- Installation aujourd'hui relancée dans le projet Chrisgas

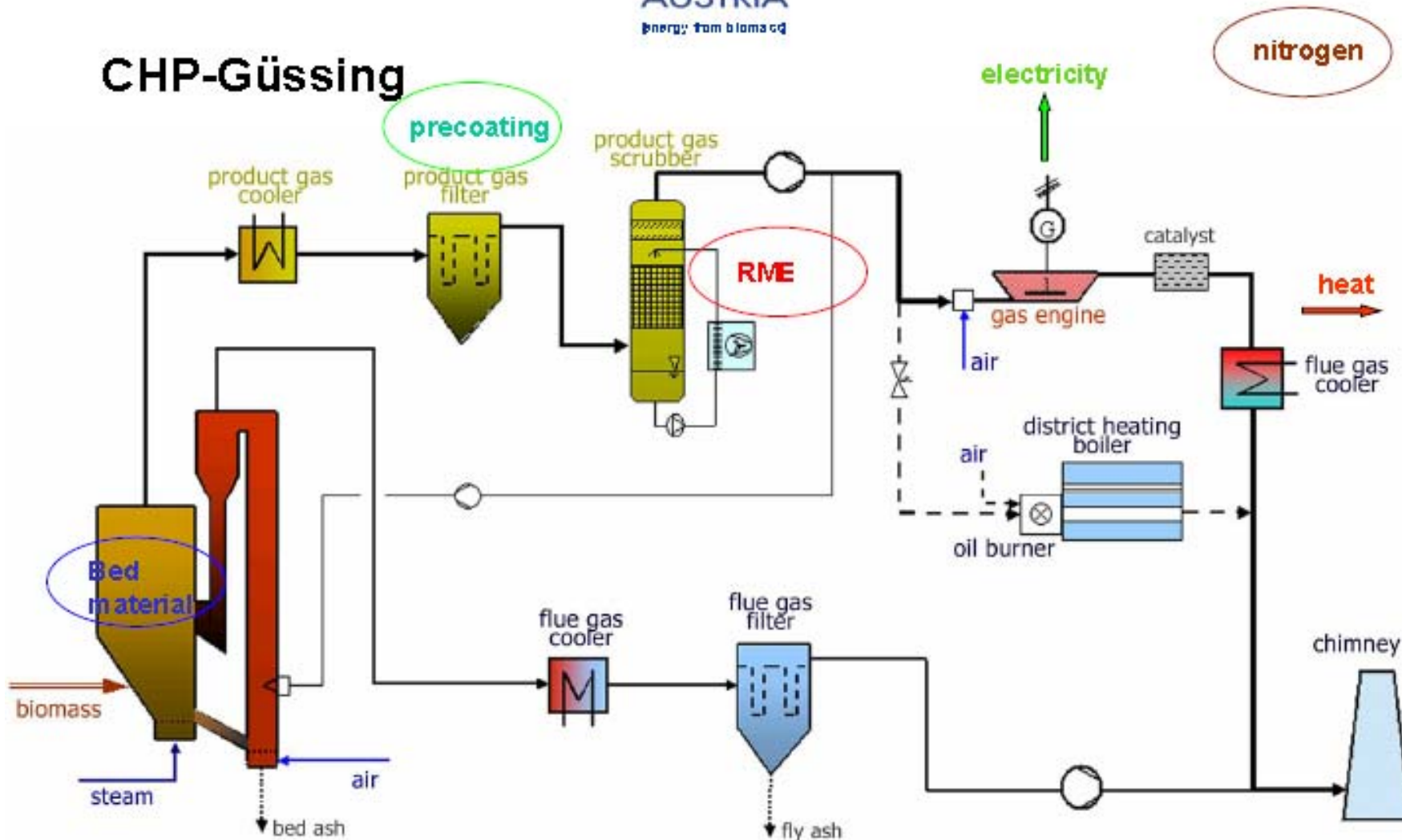
- Installation conçue au départ chez Austrian Energy
- Portée après essaimage par REPOTEC
- née du mariage entre TUV, la ville de Güssing, et REPOTEC
- construction essentiellement locale
- exploitation par les services techniques de la ville
- amélioration permanente par TUV et REPOTEC

CHP-PLANT GÜSSING, design data

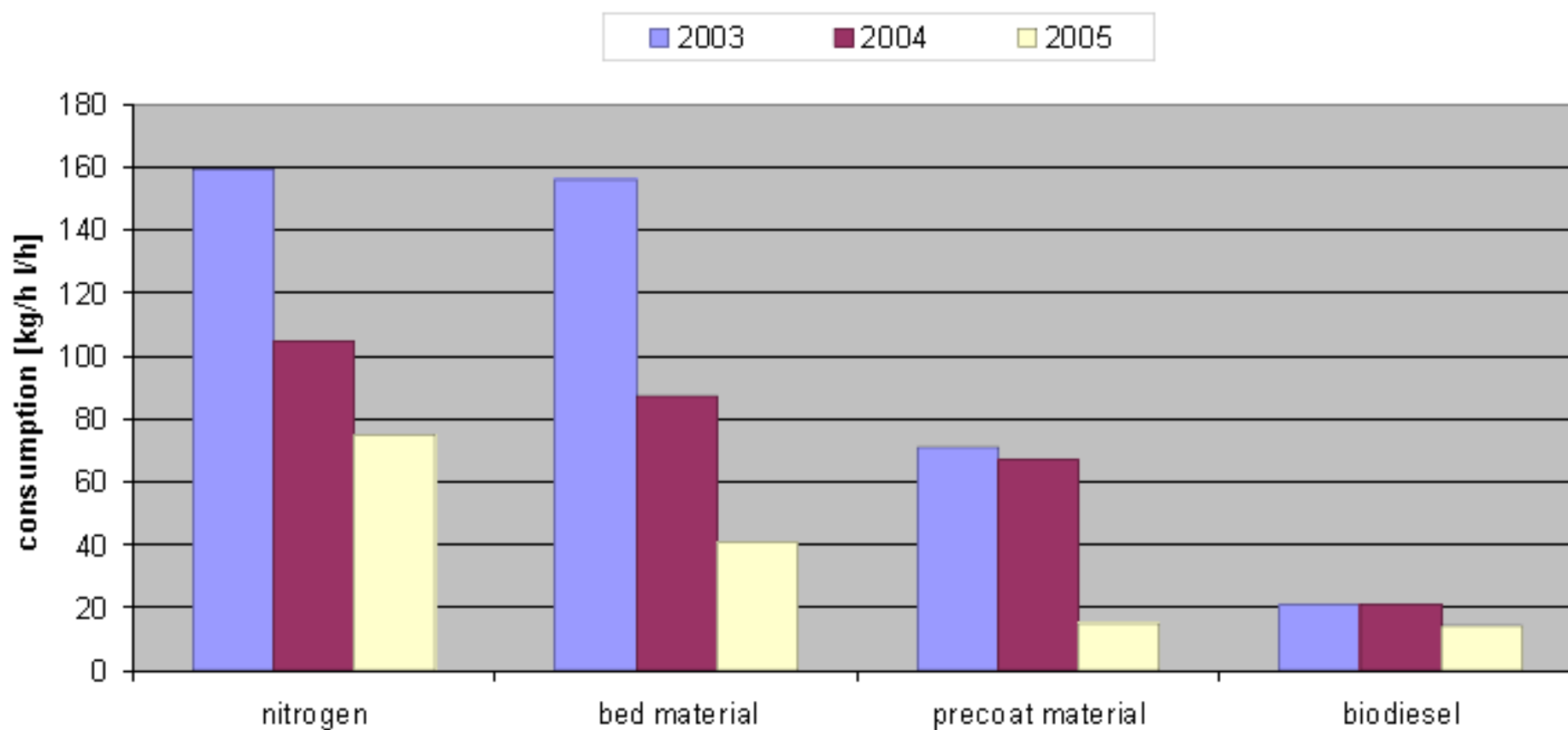
- Start of construction September 2000
- Start up January 2001
- Fuel 2,2 to/h (Wood chips)
- Water content 15 %
- Fuel power 8 MW
- Electrical power 2 MW
- Thermal power 4,5 MW
- Electrical efficiency 25 %
- Total efficiency 80 %
- Owner and operator Biomass Power Station Güssing Association

depuis 2001 : suivi de l'installation de Güssing

CHP-Güssing



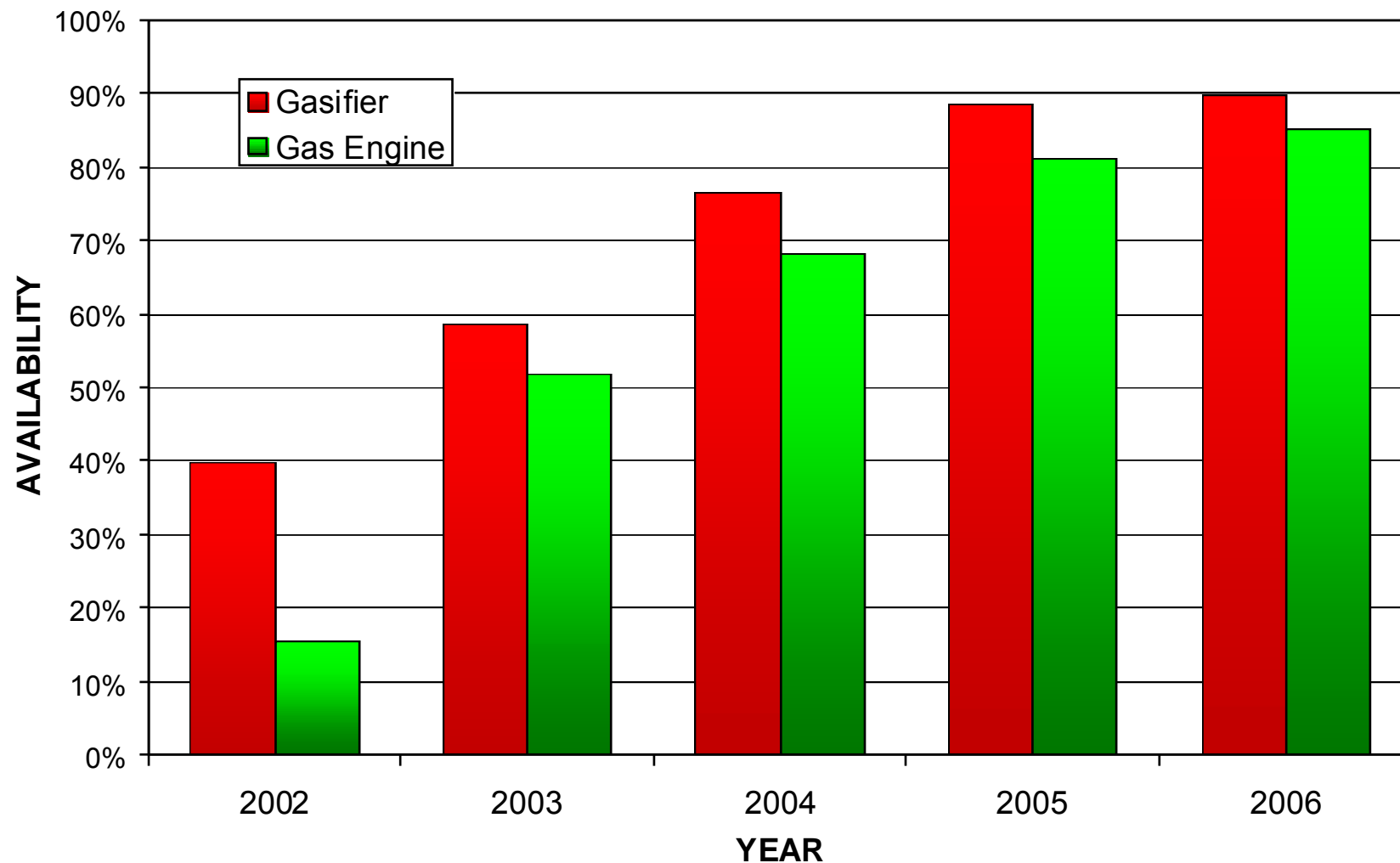
Decrease of Operation Means



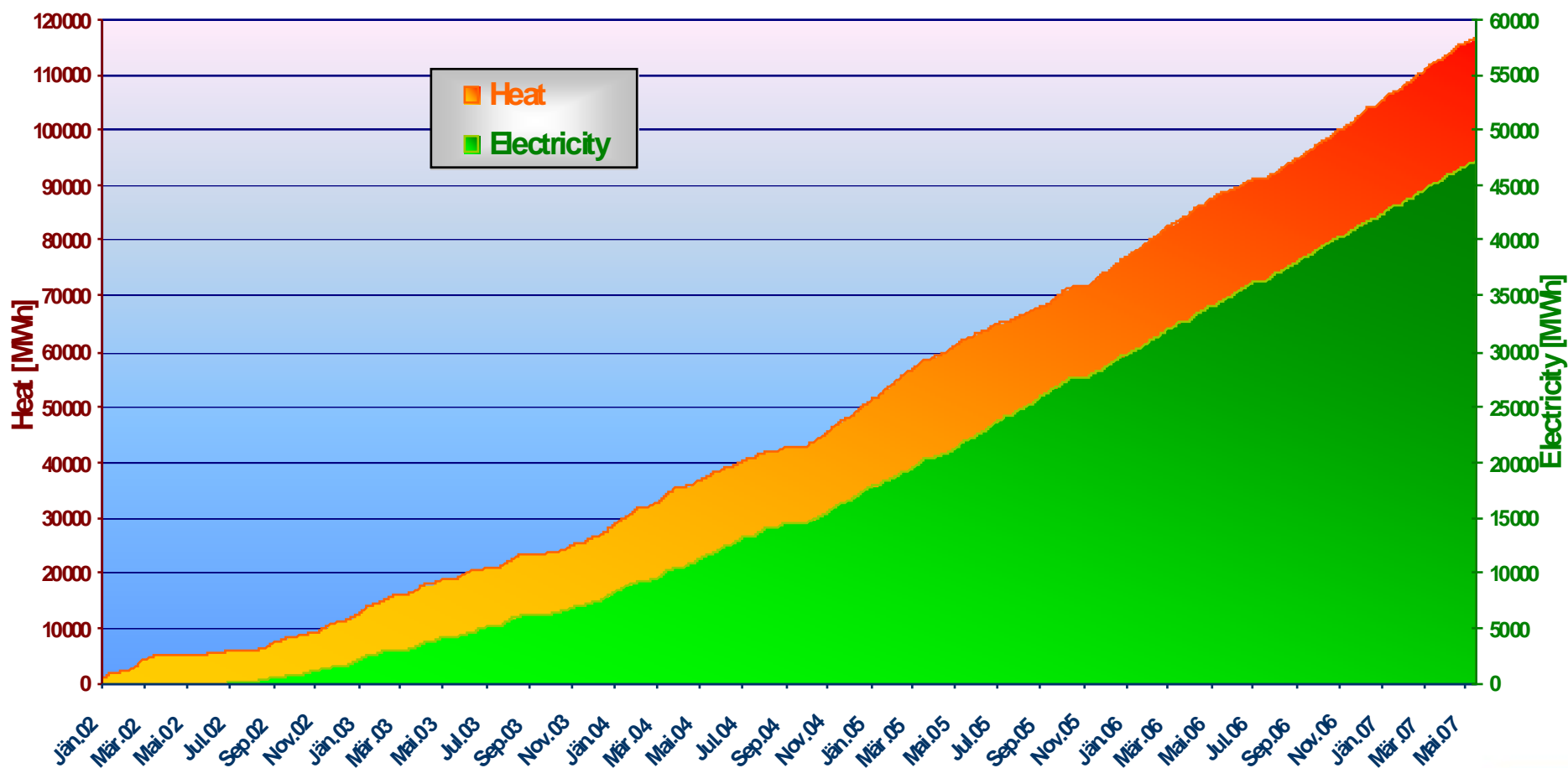
- huile moteur : tenue de 3500 heures

Producer Gas of CHP Güssing

| | |
|------------------------|-------------------|
| Hydrogen | 35-45 vol% |
| Carbon monoxide | 22-25 vol% |
| Carbon dioxide | 20-23 vol% |
| Methane | 9-12 vol% |
| Ethene | 2-3 vol% |
| Nitrogen | 1-3 vol% |



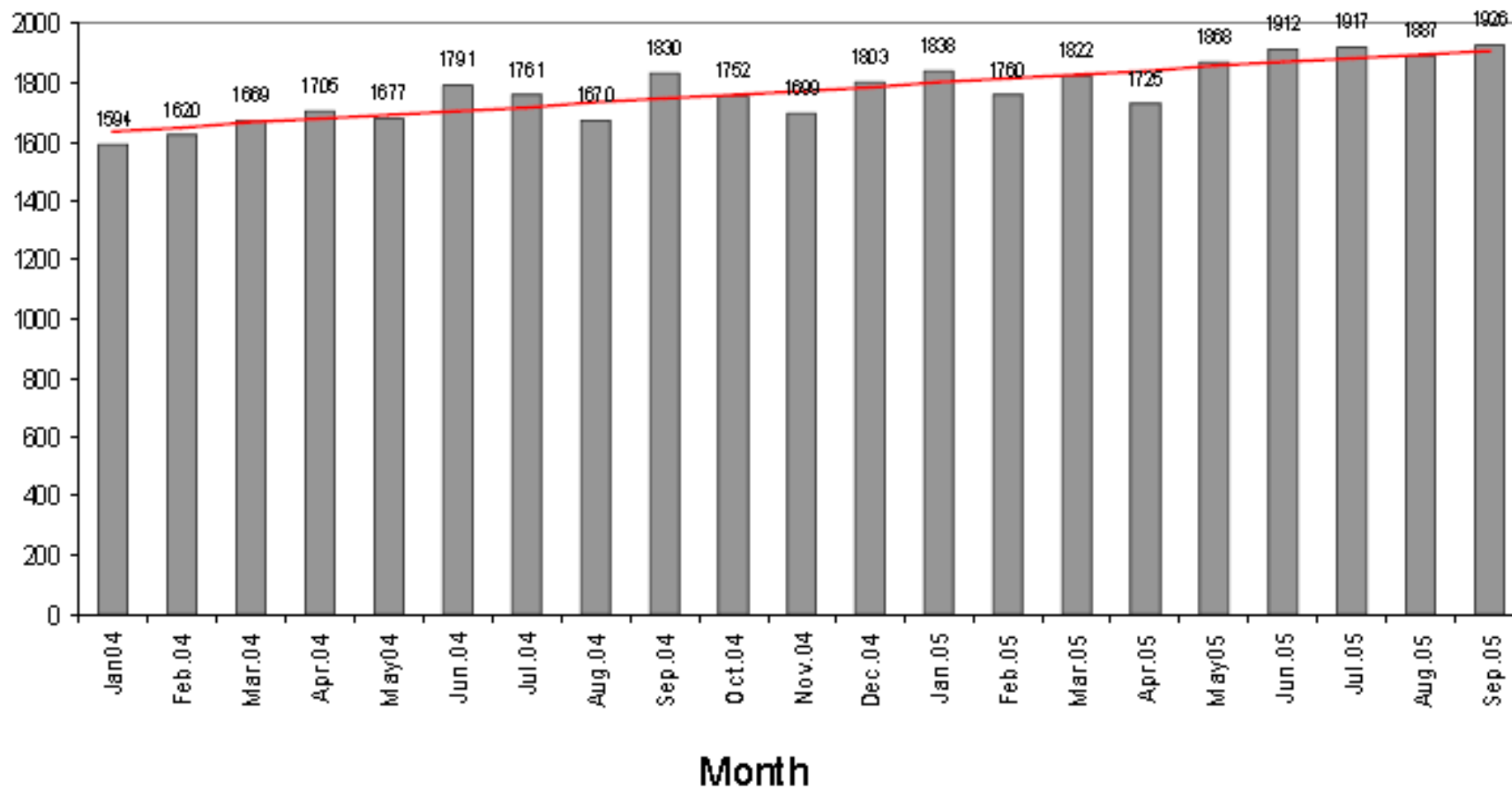
depuis 2001 : suivi de l'installation de Güssing



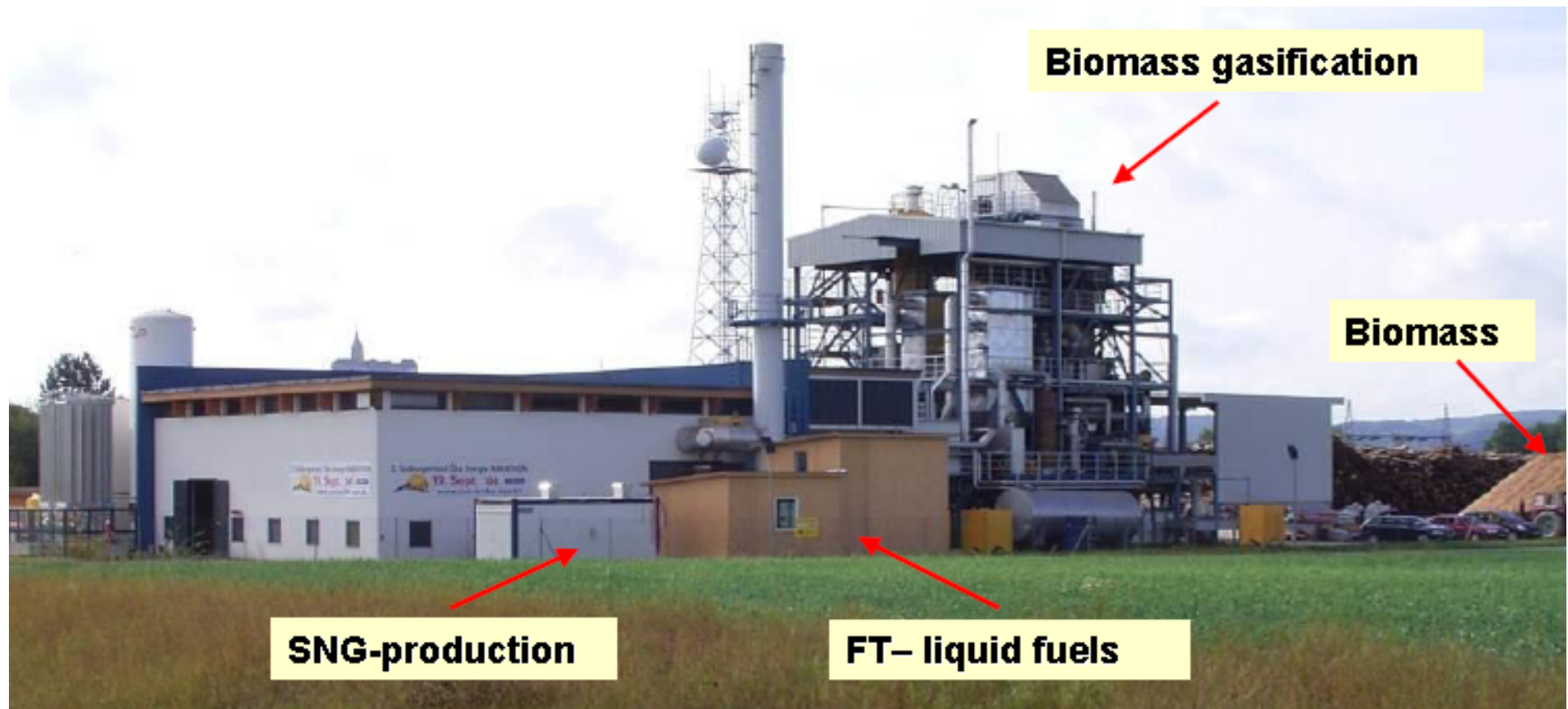
depuis 2001 : suivi de l'installation de Güssing

Steady Increase of Mean Engine Power

KWeI



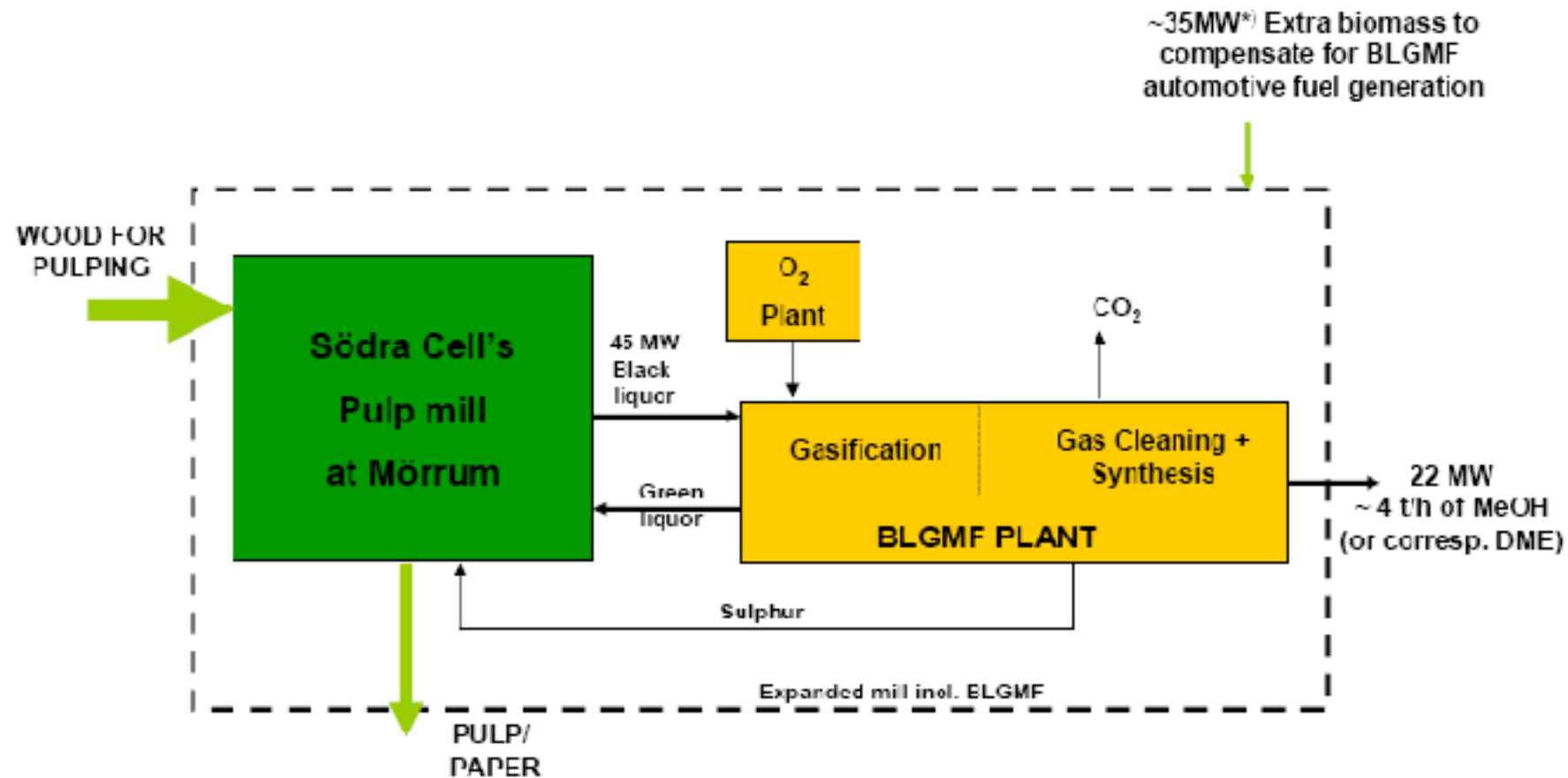
depuis 2001 : suivi de l'installation de Güssing



- en concurrence avec un projet IFP - CEA
- avec les acteurs européens de référence sur la gazéification
- 4 constructeurs automobile : Volvo, DC, Renault, VW
- les principaux carburants liquides : méthanol-DME, diesel FT, éthanol
- à partir de bois, paille et liqueur noire
- budget EDF R&D : 143 k€ sur un total de 10 M€
- Total a rejoint le projet en 2005

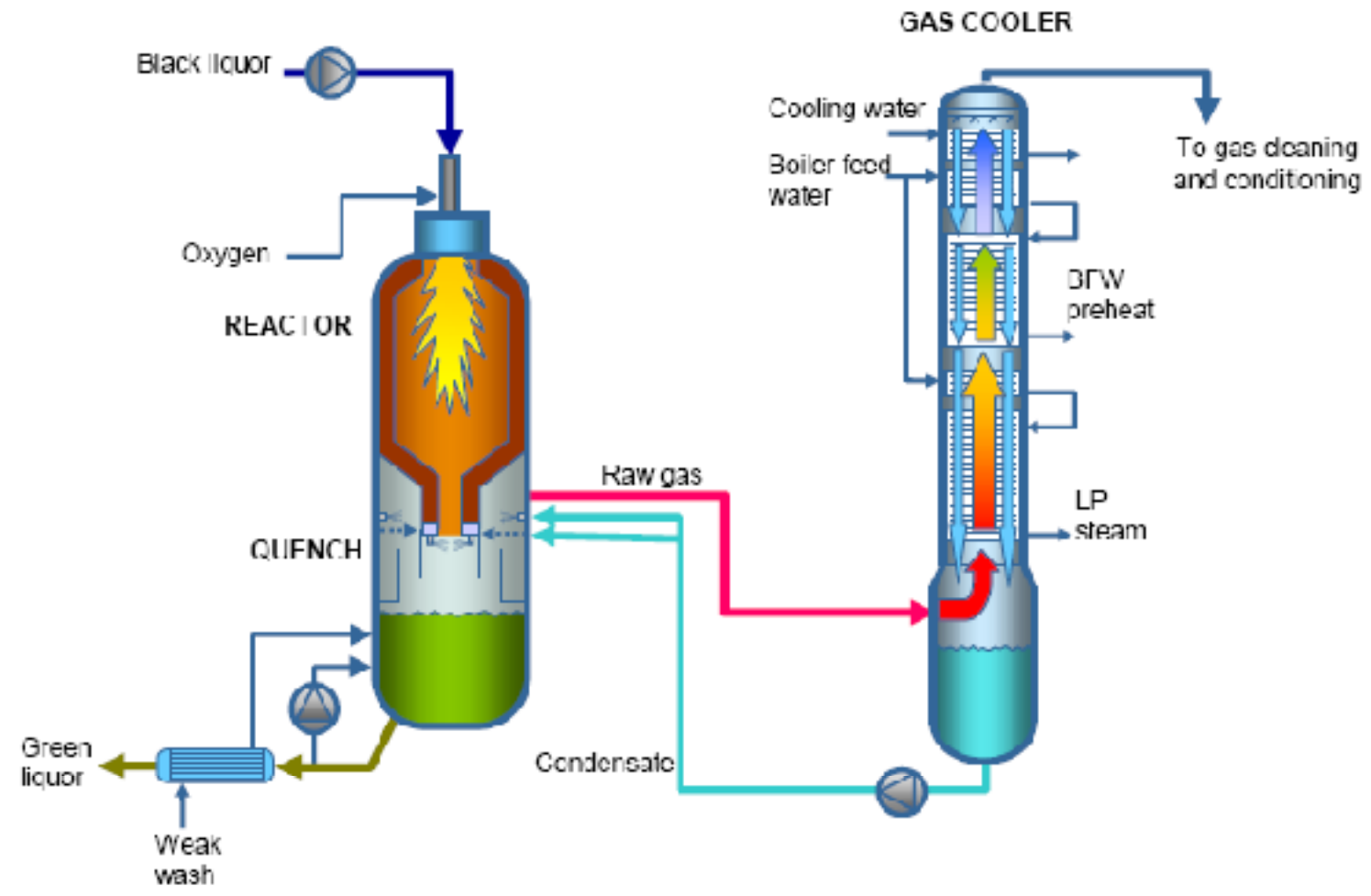
objectif :
analyser, comparer, proposer

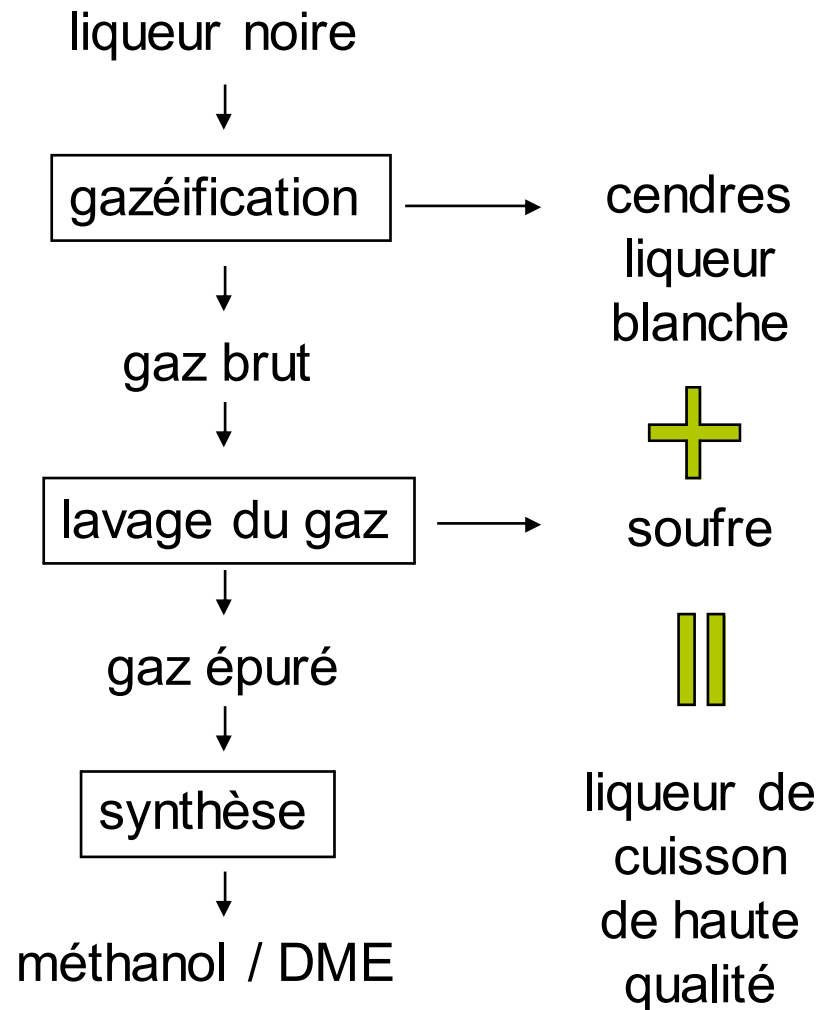
RENEW : un exemple de système intégré



*) May be decreased substantially by energy optimisation within the mill

RENEW : un exemple de système intégré

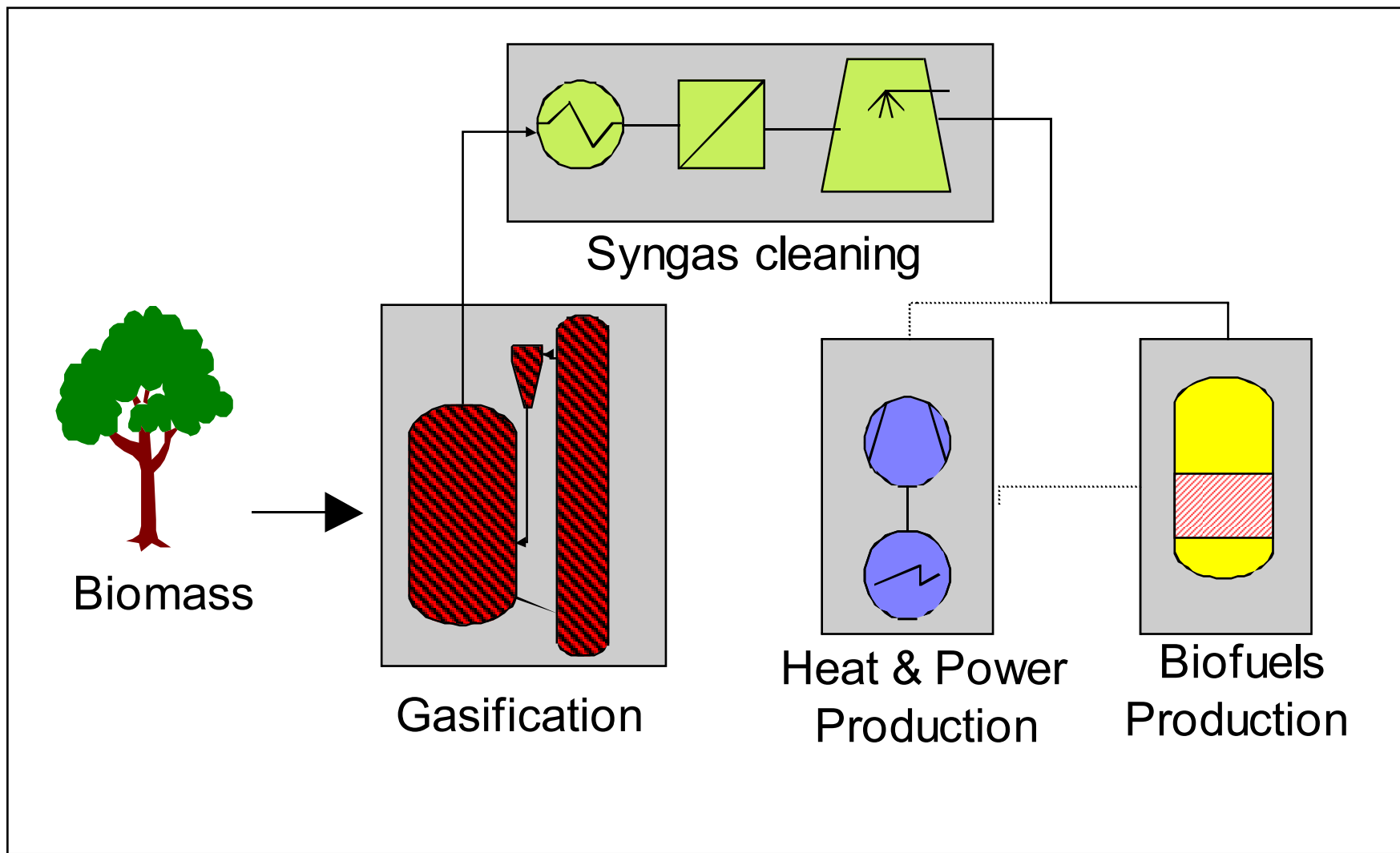




- on tire des étapes de lavage le soufre « volant »
- on produit une liqueur de cuisson polysulfure de très bonne qualité (haute « sulfidité ») en mélangeant le soufre liquide obtenu avec la liqueur blanche
- on améliore ainsi le rendement en pulpe de 1,9%

- Investissement : 2600 €/kWe à 30 MW, 6000 à 2 MWe
- Coût d'exploitation : coûts des consommables (lit, azote et solvants) et des moteurs, main d'œuvre à petite échelle
- Autoconsommation : importante à petite échelle, lié à la biomasse et à l'épuration (pompes et traçage) et à l'autoconsommation du gaz

- modules de cogénération à moyenne et petite échelle < 10MWe
- biocarburants à grande échelle > 30 MWe
- une fois les systèmes sous pression maîtrisés, on pourra voir apparaître les BIGCC à plus grande échelle



Economie d'une cogénération par gazéification à petite échelle

- combustible cher : meilleur rendement électrique
- électrogène pur :
 - rendement "acceptable" énergétiquement
 - avantage pour < 1 MWe aujourd'hui, < 5 MWe demain
- en cogénération
 - chaleur subventionnée par l'électricité : meilleur rapport C/E
 - valorisation chaleur sur une partie de l'année seulement : fonctionnement possible sur toute l'année
 - chaleur peu chère : avantage au C/E faible
 - avantage pour < 10 à 20 MWe demain

- source froide modeste et faible consommation d'eau
- installation compacte avec moins d'acier
- applications nombreuses : énergie, chimie
- perspectives d'amélioration importantes
 - pressurisation et turbines à gaz avec CC
 - épuration à chaud
 - intégration aux procédés industriels
 - épuration avant combustion, stockage du CO₂, maîtrise des émissions

- des perspectives alléchantes
- se donner les moyens dans la durée
- merci de votre attention