

# ETUDE DE FAISABILITÉ POUR L'IMPLANTATION D'UNE UNITÉ DE GAZÉIFICATION AVEC COGÉNÉRATION



Ingénierie de l'énergie et du  
développement durable

[www.exergia.fr](http://www.exergia.fr)

MICHEL LEFORT, MARCO TERZI, YANN ROGAUME  
LE 10/05/2017

## Voies thermochimiques de valorisation

### Pyrolyse :

Chauffage à un niveau de température compris entre 400 et plus de 1000°C sous atmosphère non oxydante. La teneur en carbone augmente au fur et à mesure, ce qui augmente le pouvoir calorifique.

La pyrolyse est la première étape de chaque procédé thermochimique et conduit à la transformation du solide pour produire des gaz, des liquides (goudrons) et un solide (charbon).

La réaction de pyrolyse est globalement endothermique : elle nécessite un apport de chaleur externe.

### Combustion :

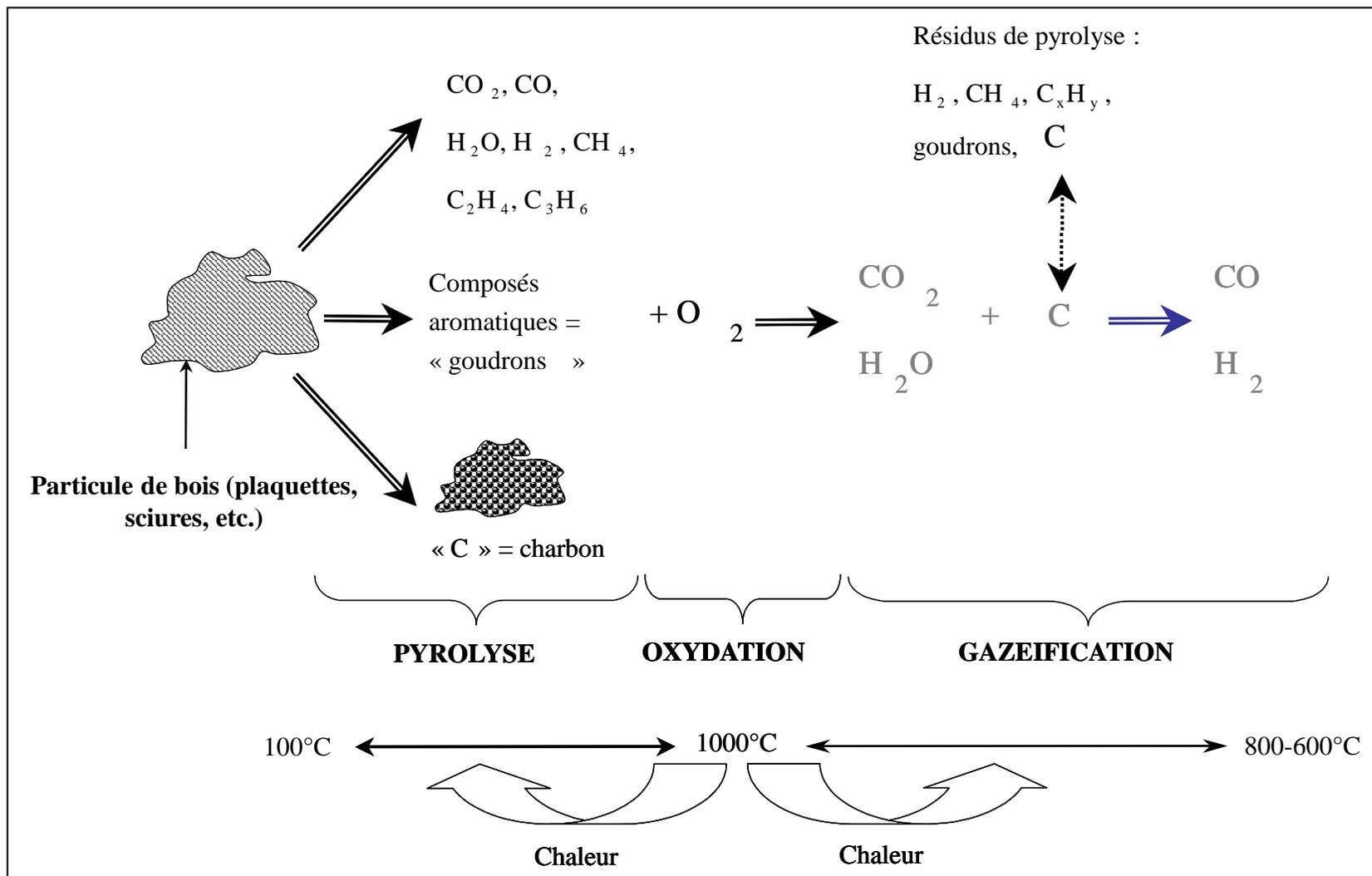
La dégradation se produit en présence d'oxygène. Ainsi, les gaz et les liquides produits par la pyrolyse sont oxydés pour former du CO<sub>2</sub> et de l'H<sub>2</sub>O. Le charbon est lui aussi oxydé lentement par l'apport d'O<sub>2</sub> de l'air pour produire du CO<sub>2</sub>.

La combustion est exothermique : elle dégage de l'énergie sous forme de chaleur.

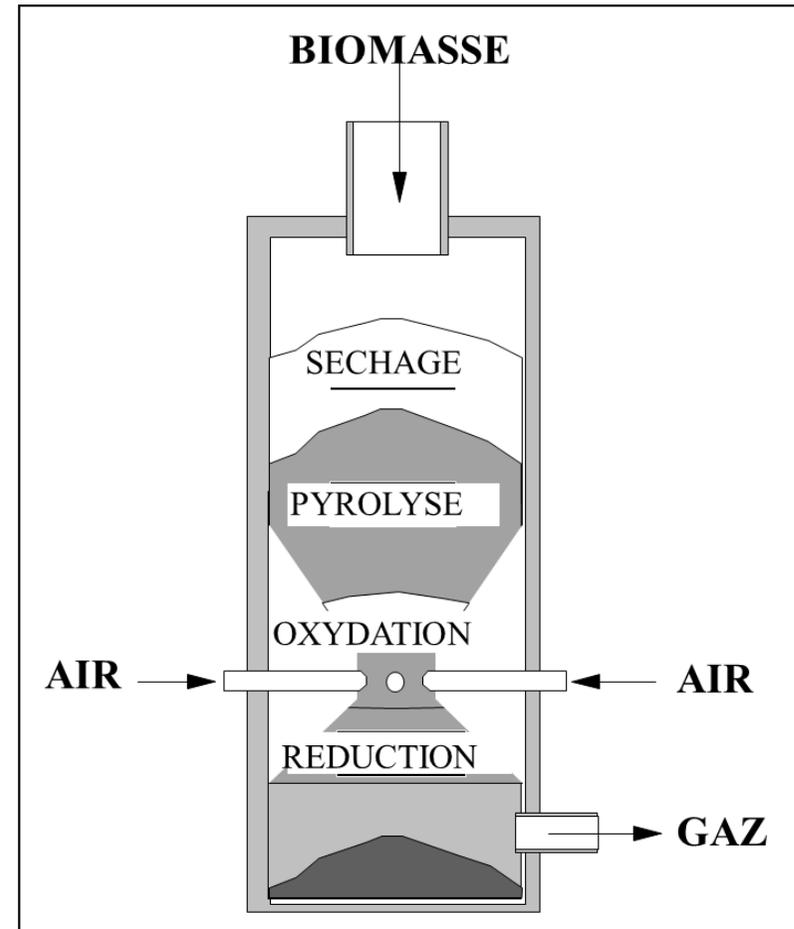
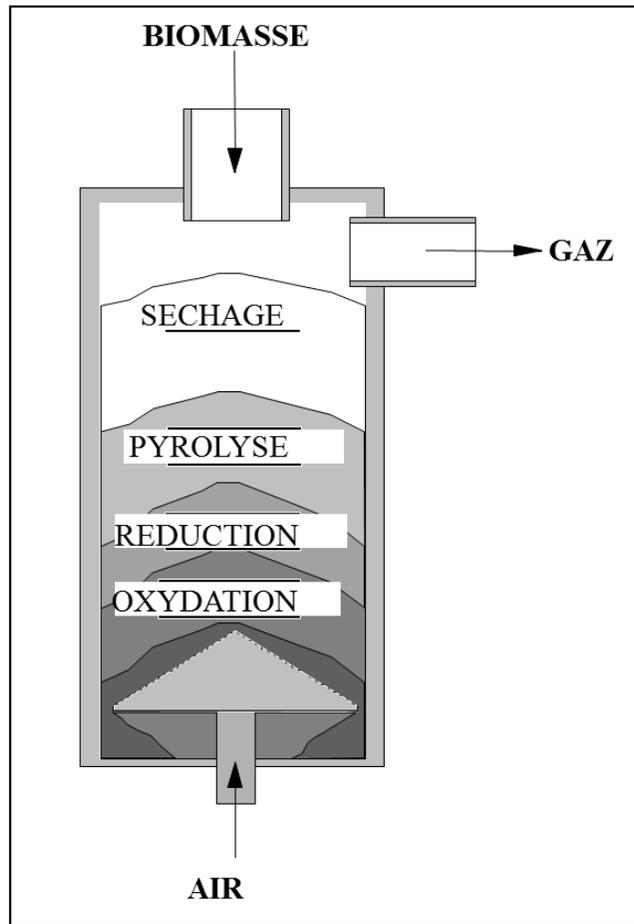
### Gazéification :

La dégradation se produit en présence partielle d'oxygène. Au sein même du réacteur, des réactions de pyrolyse et de combustion permettent de transformer tout le solide en gaz combustible.

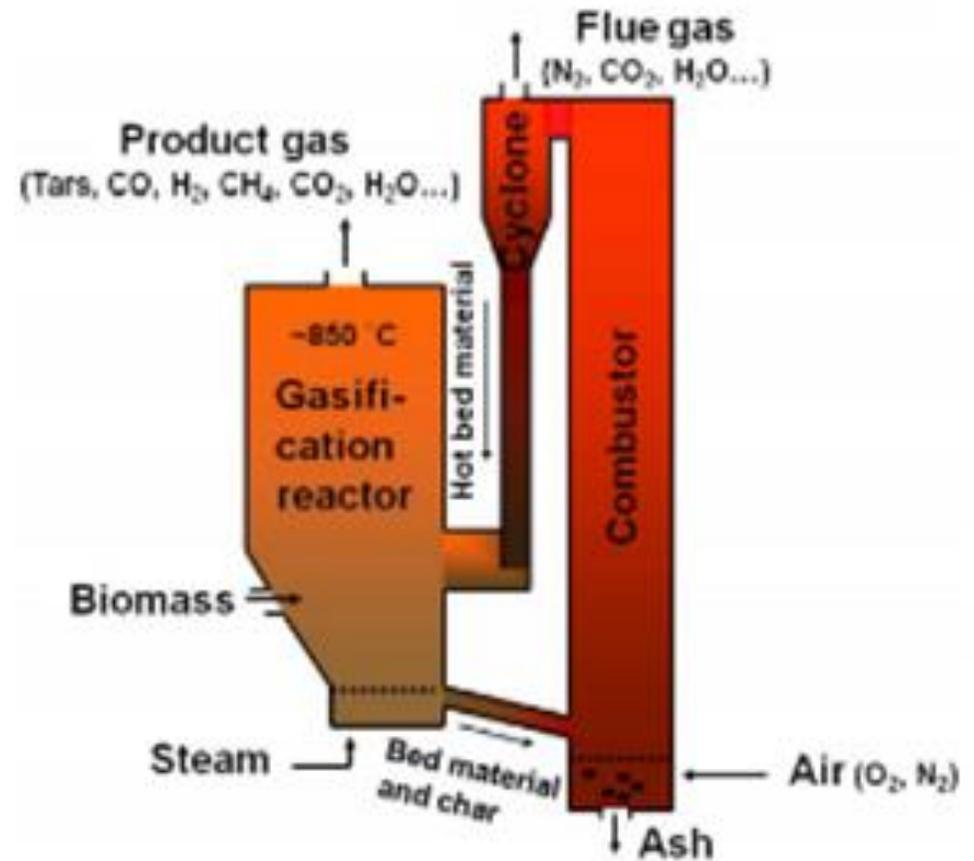
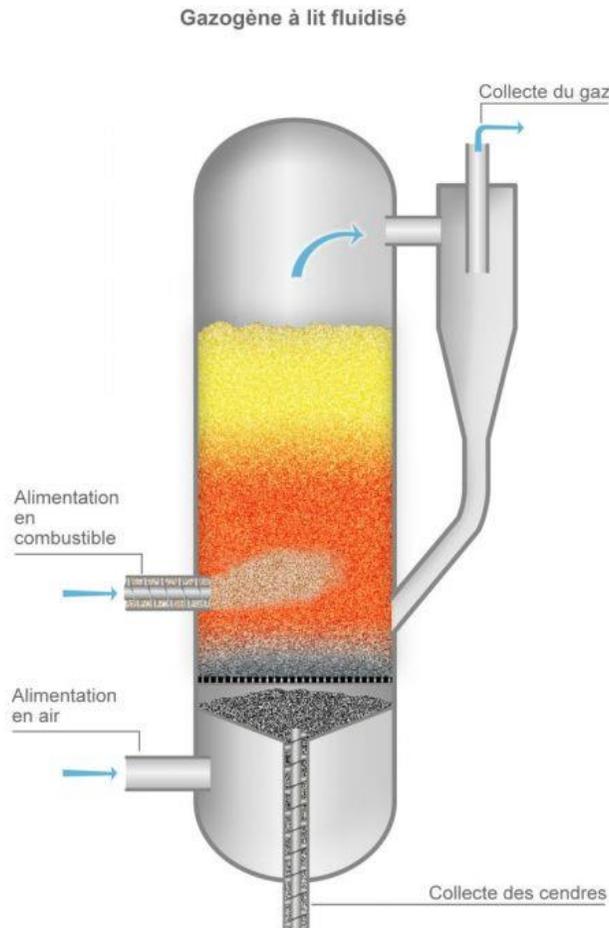
La gazéification est autotherme : des réactions endothermique et exothermiques se produisent dans le même réacteur pour maintenir la transformation

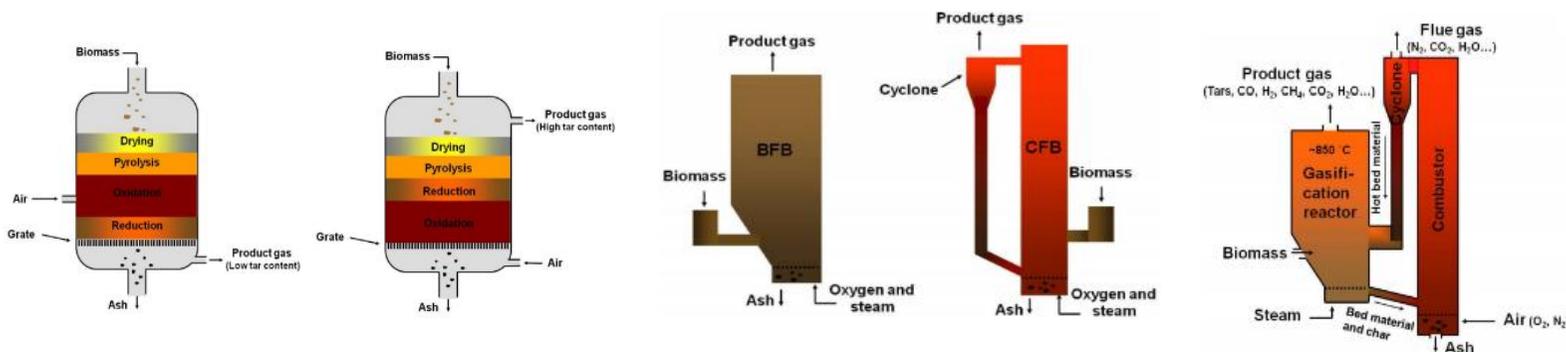


# Lits fixes



# Lits fluidisés



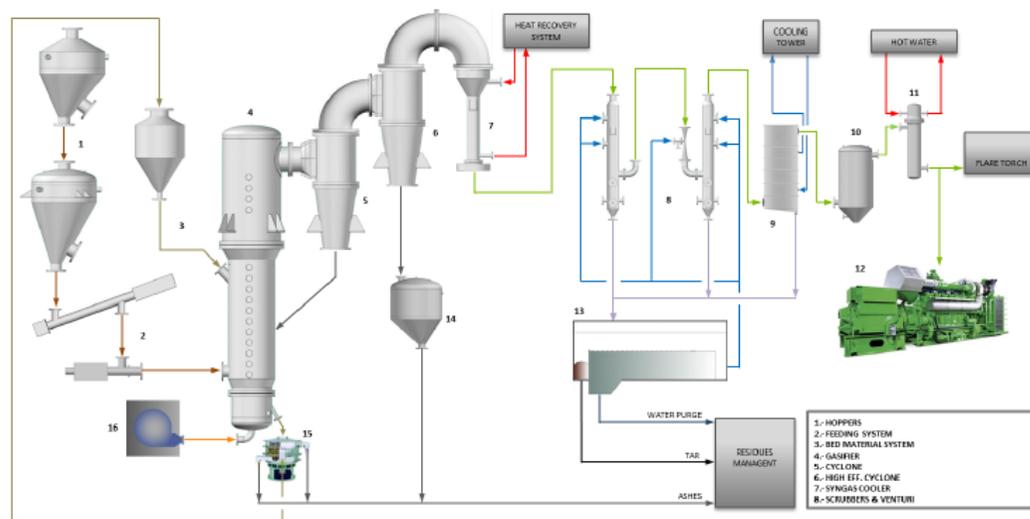


	Lit fixe à co-courant	Lit fixe à contre-courant	Lit fluidisé dense	Lit fluidisé circulant	Lit fluidisé double
Agent de gazéification	Air ou O <sub>2</sub>	Air ou O <sub>2</sub>	Air ou air/H <sub>2</sub> O	Air ou H <sub>2</sub> O	Air ou H <sub>2</sub> O
Plage de puissance (MW)	0,001-1	0,1-2	1-50	10-100	10-100
Débit de biomasse (kg.h <sup>-1</sup> )	0,2-200	20-400	200-10 000	2 000-20 000	2 000-20 000
Granulométrie biomasse (mm)	20-100	5-100	1-100	1-50	1-50
Exemples de procédés	<b>COGEBIO (France) ; XYLOWATT (NOTAR, Belgique) ;</b>	Lurgi (Schwarze Pumpe, Allemagne) ; Babcock&Wilcox (Harboore, Danemark) AEW (Inde) ; <b>BERKES (Uruguay)</b>	<b>EQTEC (Movialsa, Espagne) ; PreCon (Nihama, Japon)</b>	Leroux&Lotz (Nantes) ; SilvaGas (Winkleigh, Angleterre)	REPOTEC (Güssing, Autriche) ; DTU (Viking, Danemark)

• **EQTEC (lit fluidisé bouillonnant et moteur de cogénération)**

**EQTEC**

Site de l'installation	Détails sur le Gazéifieur		Détails sur le moteur de Cogénération	
	Technologie	Biomasse (type, conso et humidité)	Puissance et Rendement électrique	Puissance et rendement thermique
MOVIALSA, Ciudad Real (Espagne)	Lit fluidisé bouillonnant	Bagasse de raisin et noyaux d'olives 4 t/h, 10%	5,922 MW, 30,2%	6,588 MW, 33,6%
KARLOVO & HEAT BIOMASS, Stroevo (Bulgarie)	Lit fluidisé bouillonnant	Plaquette forestière et pellets de paille 2,5 t/h, 10%	4 MW, 27,5%	La chaleur est utilisée pour sécher la biomasse entrante.
SENSE ESCO, Belisce (Croatie)	Lit fluidisé bouillonnant	Plaquette forestière 1 t/h, 10%	1,18 MW, 28%	1,6 MW
LERMAB, Epinal (France)	Lit fluidisé bouillonnant	Bois : 50 kg/h (Tests réalisés également sur de la paille)	Pas de moteur installé pour le moment	200 kW (Rendement de gazéification : 70%)



• **XYLOWATT (lit fixe multiétage NOTAR et moteur de cogénération)**

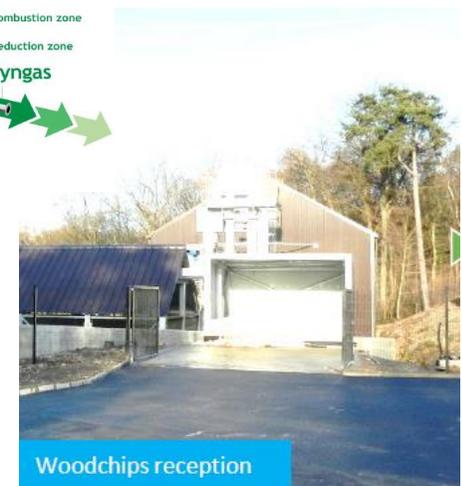
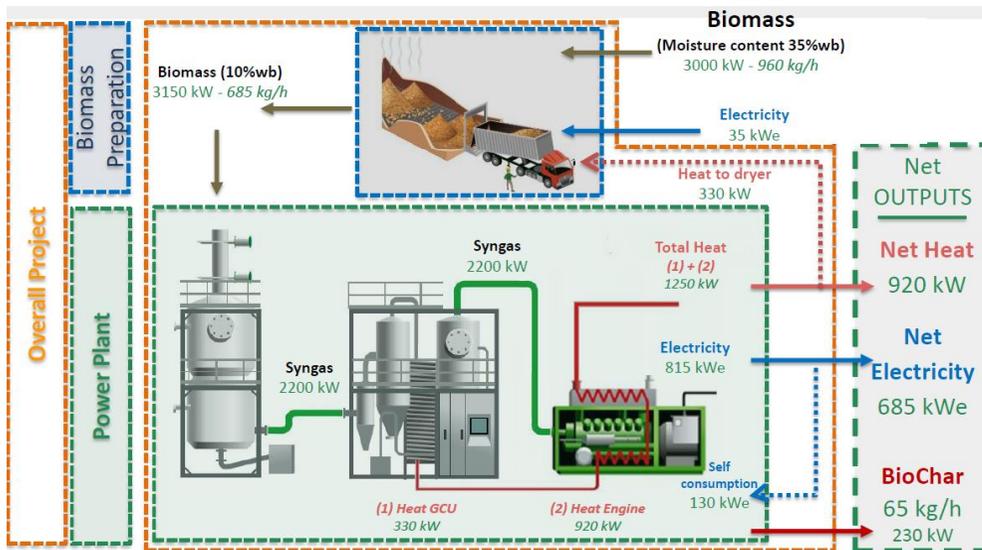
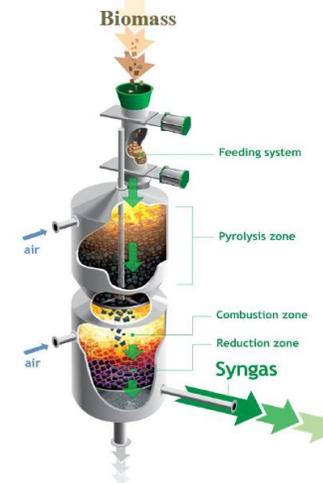


XYLOWATT est un spin off de l'Université catholique de Louvain (Belgique) créée en 2001, spécialisée dans la conception, la construction et la gestion de centrales de cogénération fonctionnant par gazéification de bois et d'autres biomasses (résidus agricoles, déjection animale, sous-produits ou déchets à forte teneur en carbone...).

XYLOWATT a développé le « NOTAR » utilisant le principe de la gazéification « downdraft ou à co-courant » et permettant de produire un gaz propre, dépourvu de goudron résiduel.

➤ **Version 1630 kWe** : 2 NOTAR 2,2MW + 2 moteurs JENBACHER

➤ **Version 815 kWe** : 1 NOTAR 2,2 MW + 1 moteur JENBACHER



• **COGEBIO (lit fixe à contre-courant avec chaudière FT et module ORC)**

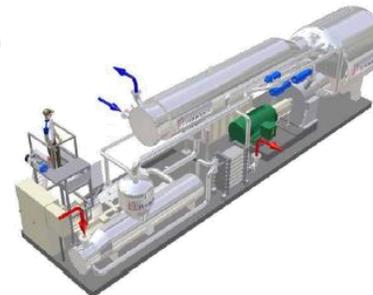
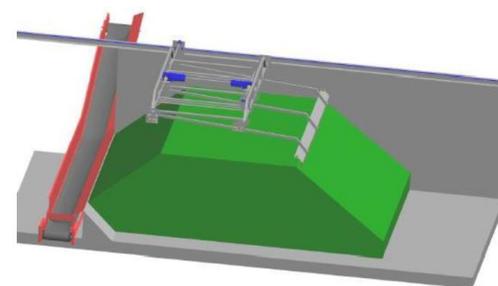
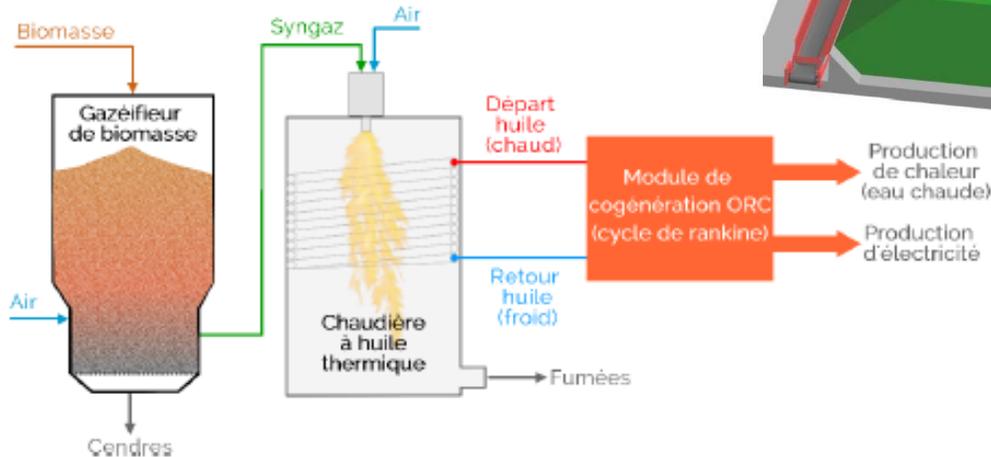
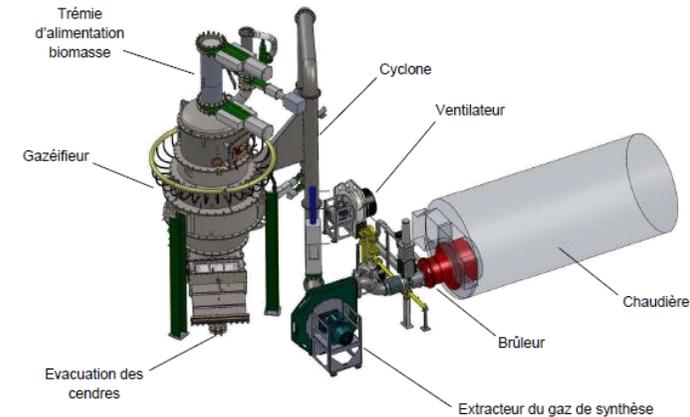


La société COGEBIO est née de l'association des sociétés ECOREN et LRCB Développement dans le but de développer et de commercialiser des unités de cogénération biomasse, d'où le nom de la société.

La fabrication est assurée dans la région lyonnaise par un ensemble de sous-traitants partenaires. COGEBIO réalise l'assemblage des unités, l'installation sur site, la mise en service et la maintenance.

➤ **Version 300 kWe** : 1 GASCLEAN 2MW + chaudière FT 2MW + ORC

➤ **Version 1 MWe** : 3 GASCLEAN 2MW + chaudière FT 6MW + ORC



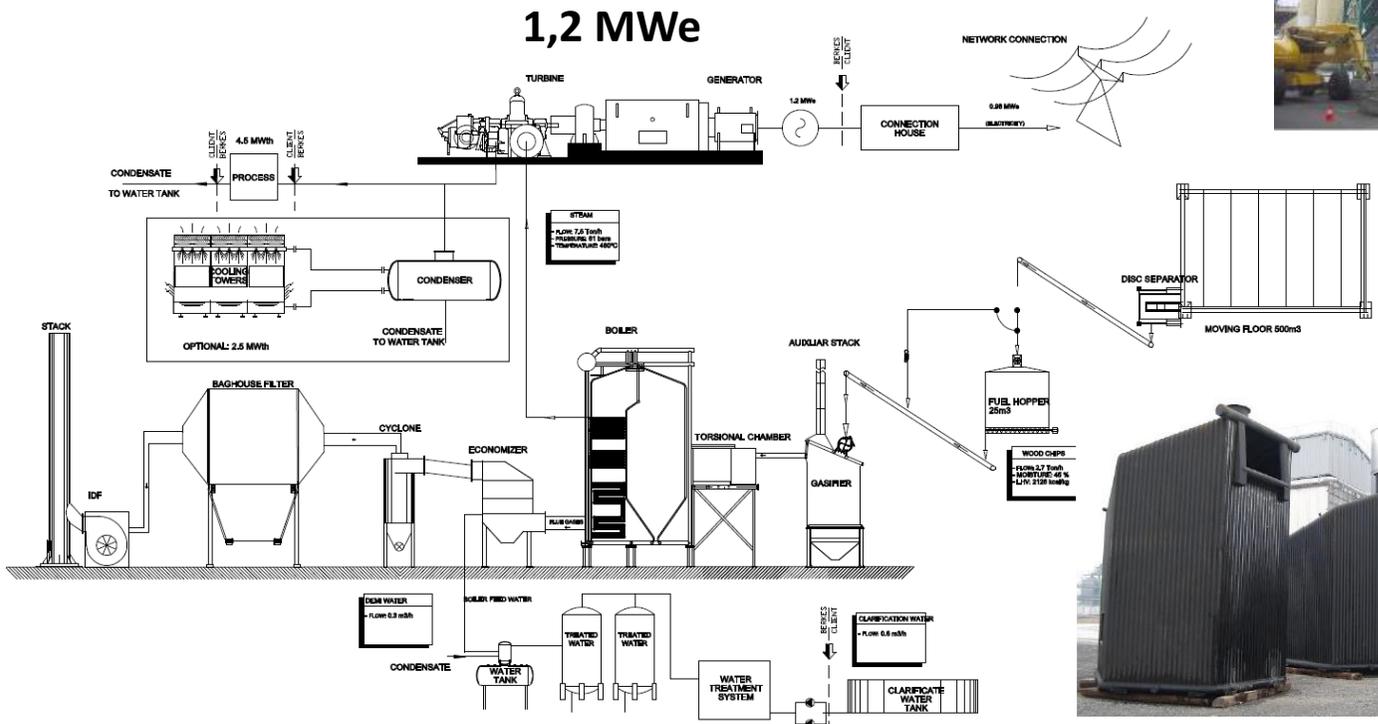
• **BERKES (lit fixe à contre-courant avec chaudière vapeur et turbine)**



BERKES est une société Uruguayenne spécialisée dans les technologies de gazéification et chaudières biomasse depuis les années 80.

Leurs unités sont vendues sur une base de « clé-en-main », de centrales complètes ou en îlots de chaudière seulement.

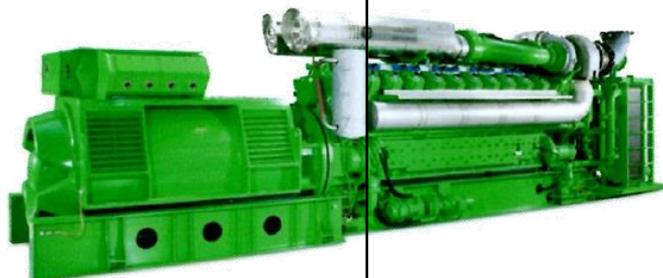
BERKES a des références de projet en Europe, dont en France, en Amérique centrale et Amérique du Sud, et en Asie mineure.



## Bilan succinct

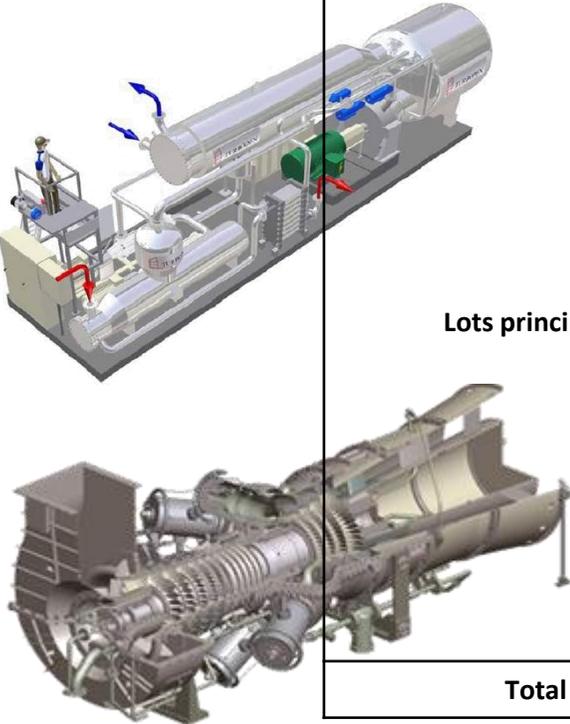
- **Lit fluidisé dense (EQTEC) :**
  - Utilisation possible de biomasses diverses (lit fluidisé dense)
  - Beaucoup de retour d'expériences avec des systèmes qui fonctionnent dans la gamme de puissance souhaitée
  - Solution techniquement éprouvée, notamment avec une épuration du gaz fiable
  - Haut rendement électrique (moteur, donc ~30%)
  
- **Lit fixe (XYLOWATT) :**
  - Technologie simple
  - Nécessite un combustible contrôlé (granulométrie, humidité notamment)
  - Peu de référence en fonctionnement
  - Haut rendement électrique (moteur, donc ~30%)
  
- **Lit fixe (COGEBIO) :**
  - Technologie simple avec un petit REX
  - Faible rendement électrique (ORC, donc ~12%)
  - Solution proche d'une combustion directe : beaucoup de chaleur à valoriser
  
- **Lit fixe (BERKES) :**
  - Technologie simple avec un bon REX, mais sur des puissances plus élevées
  - Faible rendement électrique (ORC, donc ~12%) ou plus élevé (TAV, mais pour puissances plus élevées)
  - Solution proche d'une combustion directe : beaucoup de chaleur à valoriser

- Systèmes de cogénération avec moteur JENBACHER**



Lots principaux	Production électrique brute	1200 kW	855 kW	1710 kW
		EQTEC	XYLOWATT	XYLOWATT
			Préparation de la biomasse	
		Système de gazéification		
		Traitement du syngaz		
		Système de cogénération		
		Brûleur et cheminée pour combustion du syngaz hors moteur		
		Systèmes de traitement des rejets		
		Structures et plateformes		
		Transport et grutage		
		Assemblage, démarrage et mise en service, formation		
	<b>Total</b>	<b>5 473 000 €</b>	<b>4 500 000 €</b>	<b>8 150 000 €</b>

- Systèmes de cogénération avec module ORC ou turbine vapeur



**Lots principaux**

<b>Production électrique brute</b>	<b>1 016 kW</b>	<b>300 kW</b>	<b>1200 kW</b>
	<b>COGEBIO</b>	<b>COGEBIO</b>	<b>BERKES</b>
	<b>Préparation de la biomasse</b>		
	<b>Système de gazéification</b>		
	<b>Système de combustion du syngaz</b>		
	<b>Système de cogénération</b>		
	<b>Traitement des fumées</b>		
			<b>Structures et plateformes</b>
	<b>Transport</b>		
			<b>Grutage</b>
	<b>Assemblage, démarrage et mise en service, formation</b>		
<b>Total</b>	<b>4 980 000 €</b>	<b>2 820 000 €</b>	<b>5 825 000 €</b>

## Lot séchage du bois à rajouter sur les fournitures de COGEBIO et EQTEC



**L-ENZ**  
Le sécheur



**Centrale 1 MW**

**70 000 €**

Grilles au sol (156 m<sup>2</sup> x 2)

53 000 €

Gaines isolées

20 000 €

Total système

143 000 €

Génie Civil (murs 4m de largeur et 3m de hauteur)

50 000 €

**TOTAL**

**193 000 €**



## Rubrique 2910-B des ICPE

**Déchets de bois non sortis du statut de déchets**

Biomasse de catégorie b)v



**Combustion de gaz de synthèse**

Biogaz autre que celui visé en 2910-C (méthanisation)



**Valorisation en combustion**

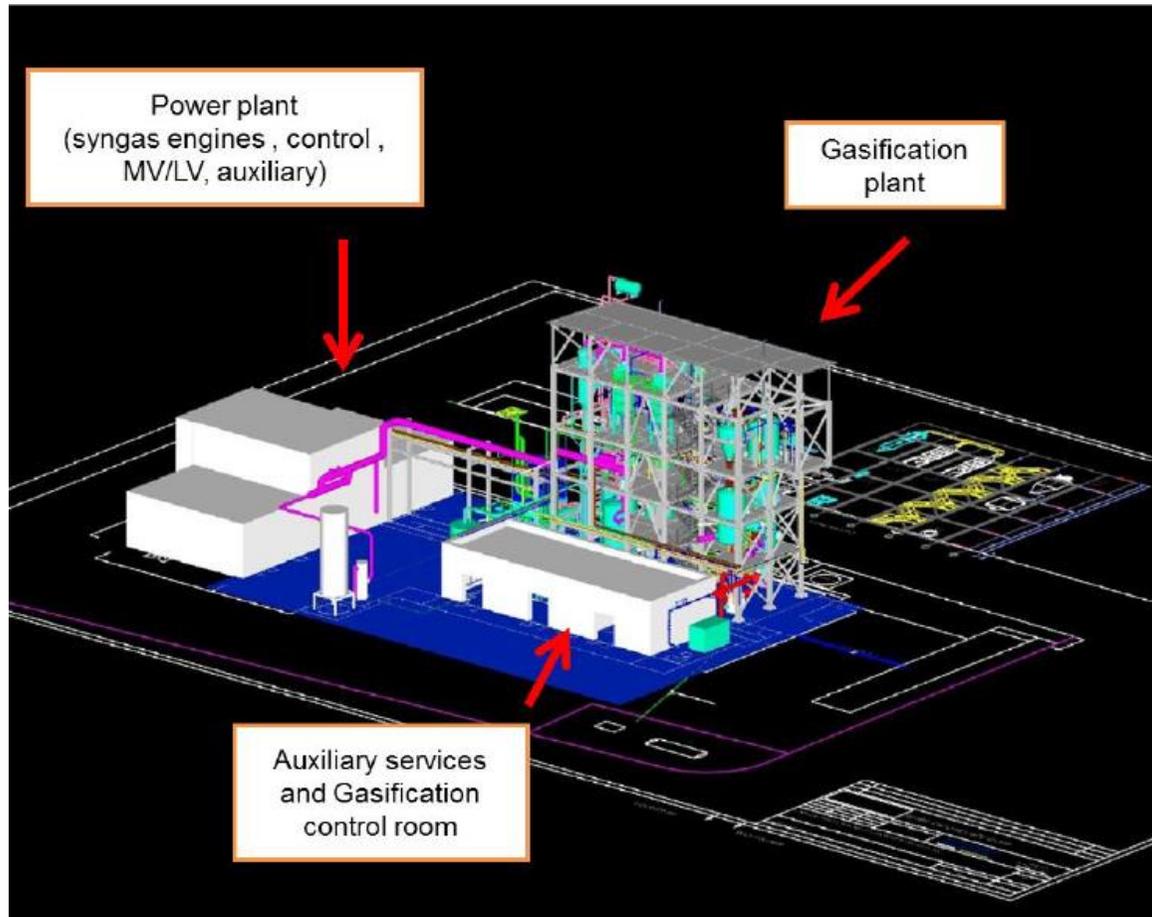
100 kW < Puissance thermique < 20 MW



**Enregistrement**  
(arrêté du 24 septembre 2013)

OU

**Autorisation**  
(arrêté du 26 août 2013)



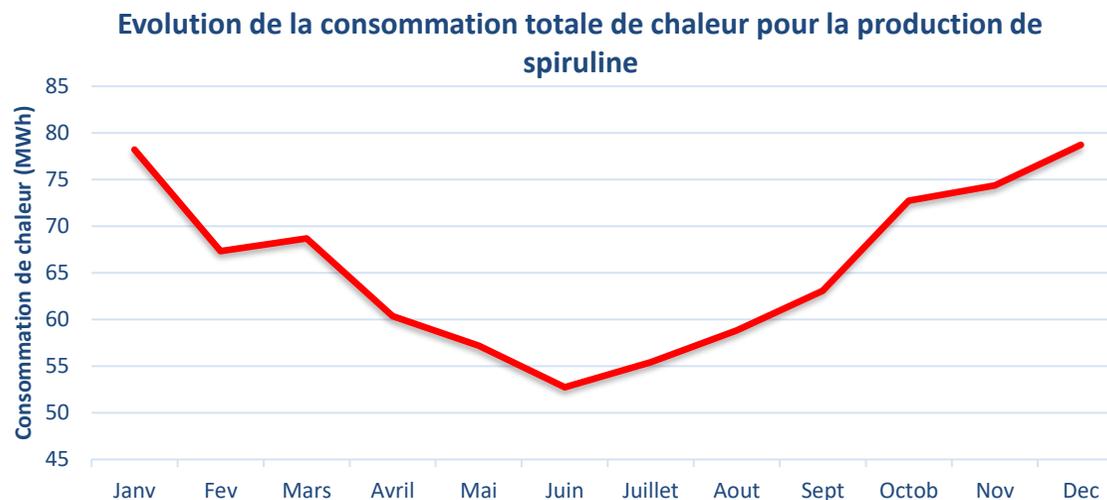
Surface globale nécessaire

**50 m x 30 m**

Hauteur maximale (gazéifieur)

**17,4 m**





**Consommation de chaleur  
788 MWh / an / bassin de 320 m2**



**Installation de spiruline sur une installation de méthanisation dans le Morbihan (56)**

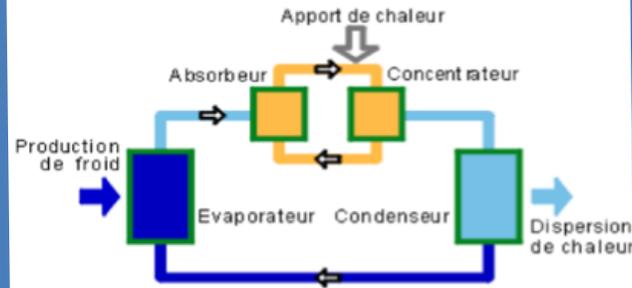


**Automatisation de la récolte.**

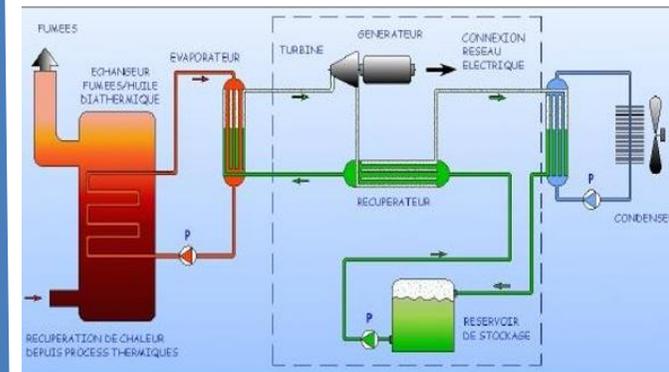
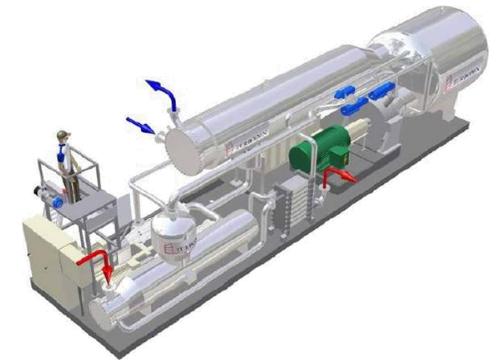
## Réseau de chaleur



## Production de froid par un groupe à absorption



## Augmentation de la production totale d'électricité par ORC



19

Mai 2017



MERCI DE VOTRE ATTENTION ...

CONTACT :

EXERGIA SAS

PARC TECHNOLOGIQUE DE GENLIS  
54 AVENUE DU GÉNÉRAL DE GAULLE  
21110 GENLIS - FRANCE

TÉL +33 (0)3 45 18 33 10

FAX +33 (0)9 74 44 58 22

EMAIL : [contact@exergia.fr](mailto:contact@exergia.fr)