

**Eneria**



# **ENERIA et la BIOMASSE**

Grande  
Monneyeur

**□ Production électrique à partir de biomasse :**

- **0.8 à 1.7 kg de produit par kWh selon :**
  - Le procédé (chaudière + TAV ou Gazogène + moteurs)
  - Le produit : PCI et humidité
- **≈ 10 000 tonnes /an / MWe**
- **≈ 100 000 tonnes par an pour 10 MWe**
- **≈ 500 000 tonnes par an pour 50 MWe**

**□ La biomasse est répartie sur le territoire :**

- **Problème de gisement**
- **Problème de transport**
- **Problème de logistique**

- ❑ **Peu de gros gisements concentrés > 100 000 t/an:**
  - **Papeteries**
  - **Distilleries**
  - **Scieries**
  - **.....**
  - **Centrales > 10 MWe**
- ❑ **Beaucoup de petits gisements locaux < 100 000 t/an:**
  - **Centrales < 10 MWe**

**□ Les technologies :**

- **> 15 MWe Chaudière + TAV :**
  - Technologie connue, bon rendement, investissement compétitif
- **< 15 MWe Chaudière + TAV :**
  - Rendement chute ou investissement monte
- **< 10 MWe Gazogène + moteurs**
  - Technologie en développement, bon rendement

**□ Développement des Centrales Biomasse :**

- **Chaudières + TAV sur les gisements > 150 000 t/an**
- **Gazéification + MAG sur les gisements < 100 000 t/an**

## □ CENTRALE BIOMASSE PAR GAZÉIFICATION ET MAG

- On gazéifie la biomasse
- On utilise le gaz pour faire fonctionner des moteurs
- Avantage : Bon rendement (1 kG sec / kWh élec )
- Inconvénient : Difficultés pour épurer le gaz des goudrons qu'il contient et qui se déposent dans les moteurs.

### LA TECHNOLOGIE DU GAZOGÈNE EST ANCIENNE :



Mais le gaz encrasse les moteurs qu'il faut démonter très souvent



**□ GAZOGENE :**

- **Avoir une gamme de gazogènes adaptés aux quantités:**
  - Beaucoup de gazogènes ne sont pas extrapolables
- **Avoir un gazogène polyvalent**
  - Beaucoup de gazogène ne fonctionnent qu'avec quelques biomasses:
- **Avoir un gazogène simple à conduire**
  - Beaucoup de gazogène nécessitent une équipe de techniciens
- **Avoir un gazogène facile à entretenir et peu coûteux**
  - Beaucoup de gazogène sont complexes

## Choix du Gazogène

- ❑ **Choix du Gazogène PRME (US. Arkansas)**
  - Gazogène à Contre-courant**
  - Gazogène à pression atmosphérique**
  - Gazogène à lit fixe avec agitateur**
  - Gazogènes formant une gamme étendue en puissance**
- ❑ **Plus de 20 références de tailles différentes**
- ❑ **Durée de fonctionnement : 10 à 20 ans.**
- ❑ **Peut gazéifier beaucoup de produits avec des coûts de maintenance faibles et une conduite simple.**

### □ Gazogènes « U.S »:

#### GAZOGÈNE de PRME (Arkansas)



- Technologie : contre courant
- Gamme : 1 – 28 MWe



**Unité de test aux US**



Site de Riviana Foods (1996) :

- 525 T/jour de balle de riz
- 12 MWe (turbine)



Site de Cargill (1995) :

- 330 T/jour de balle de riz
- 6.5 MWe (turbine)

## Exemples de biomasse exploitable :

- Tous bois et dérivés
- Balle de riz
- Écorce d'arbre de pin
- Déchets issus d'olive (sansa)
- Bagasse de canne à sucre
- Litière de volaille
- Déchets de noix de coco
- Paille de chanvre, de céréales, de maïs,
- Paille de lavande
- Roseau de chine
- Boues de papeterie
- Fumier de champignons
- Racine de chicorée
- Son de blé
- Racine d'endives
- Broyats, nettoyage de parcelles
- Farine animale
- etc...

**Un gazogène flexible et polyvalent**

Composition du gaz de synthèse

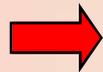
COMBUSTIBLE

	Gaz de synthèse	Biogaz de décharge	Gaz nat (russe)
Méthane	5	45	96.2
Éthane	0.3		1.2
Éthylène	1.2	-	-
H <sub>2</sub>	10	-	-
CO <sub>2</sub>	12.5	30	0.3
H <sub>2</sub> O	16		-
CO	12	-	-
Azote	43	20	1.8
PCI (MJ/Nm <sup>3</sup> )	5.15	15.54	35.83
IM	65	133	91

## ■ BIOMASSE et HUMIDITE

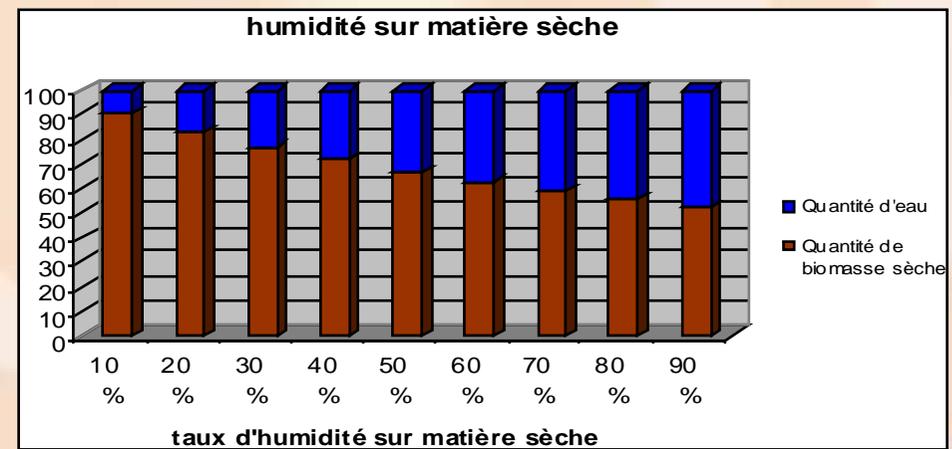
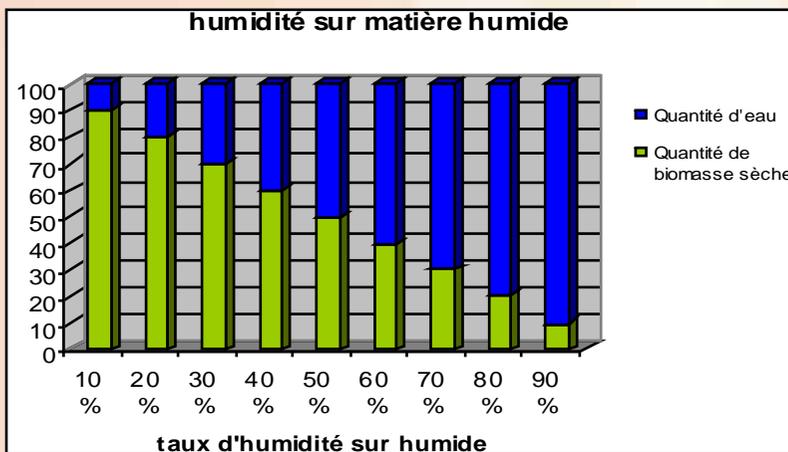
- Humidité : Ennemi du rendement !!!

Notre optimum : 20% sur MH → rarement disponible sans séchage



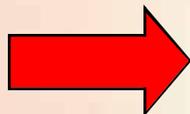
COÛTS !!

- 2 principes de mesure du taux d'humidité:
  - Sur la masse totale du produit → humidité sur matière humide
  - Sur la masse sèche du produit → humidité sur matière sèche



## Les paramètres influençant la gazéification :

- **Humidité**
- **Granulométrie**
- **Densité des produits**
- **Taux de cendres** : Miscanthus : 2% , Fumier de champignons : 47.9%
- **Carbone fixe sur sec %** : Marcs de raisin : 8% , Écorces de pin : 28.6%
- **Métaux** : Cu, Co, Fe, Ni, Mo, etc.
- **T° de fusibilité des cendres** : Bois : 1400°C, Son de blé : 825°C
- **Teneur en potassium (K)** : vitrification des cendres



**Analyse précise nécessaire**

Ascal

RAPPORT D'ESSAI  
EBY-08021-2003

SOCIETE EBY  
MISE EN LIEU COURSEUR  
3 Cheval de Frêne Corvèze  
74497 MONTROUY-AMARLY

ANALYSE	DATE	METHODE	RESULTAT	UNITE	INCERTITUDE
Pouvoir calorifique supérieur sur sec	23/08/2006	NF ISO 1928	19766	kJ/kg	
Pouvoir calorifique supérieur sur pur	24/08/2006	NF ISO 1928	20945	kJ/kg	
Pouvoir calorifique inférieur sur sec	23/08/2006	NF ISO 1928	16914	kJ/kg	
Pouvoir calorifique inférieur sur pur	24/08/2006	NF ISO 1928	17923	kJ/kg	
Pouvoir calorifique inférieur sur brut	23/08/2006	NF ISO 1928	14297	kJ/kg	
Potassium (K)	23/08/2006	NF EN ISO 11985	11409	mg/kg mat. sèche	
Divers					
Perte au feu à 500°	23/08/2006	NF M 03-003	91.93	en %	

ANALYSE	DATE	METHODE	RESULTAT	UNITE	INCERTITUDE
Nature de l'échantillon					
Taux de carbone					
Taux de cendres					
Teneur en carbone en fixe					
Température de fusibilité en atmosphère réductrice					
Taux d'humidité					

PCI

ANALYSE	SAISIE LE	METHODE	RESULTAT	UNITE	INCERTITUDE
Pouvoir calorifique supérieur sur sec	23/08/2006	NF ISO 1928	19766	kJ/kg	
Pouvoir calorifique supérieur sur pur	24/08/2006	NF ISO 1928	20945	kJ/kg	
Pouvoir calorifique inférieur sur sec	23/08/2006	NF ISO 1928	16914	kJ/kg	
Pouvoir calorifique inférieur sur pur	24/08/2006	NF ISO 1928	17923	kJ/kg	
Pouvoir calorifique inférieur sur brut	23/08/2006	NF ISO 1928	14297	kJ/kg	
Potassium (K)	23/08/2006	NF EN ISO 11985	11409	mg/kg mat. sèche	
Divers					
Perte au feu à 500°	23/08/2006	NF M 03-003	91.93	en %	

Nature de l'échantillon

Teneur en potassium (K)

Taux de carbone

Attention analyse coûteuse

Taux de cendres

Teneur en carbone en fixe

Température de fusibilité en atmosphère réductrice

Taux d'humidité

**LE GAZ** : Il y a du goudron qui se dépose sur les parois froides et colmate tout : Filtres, vannes, moteur etc.. Il faut donc nettoyer le gaz et éliminer ces goudrons. Il y a plusieurs solutions :

- **Lavage à l'eau puis filtre électrostatique humide** : ça marche mais on obtient un gaz propre et de l'eau polluée car certains goudrons sont solubles (phénols). Traiter l'eau coûte trop cher. Donc il faut une autre voie.
- **Cracking catalytique** : il faut augmenter la température des gaz, on perd de l'énergie et le coût des catalyseurs est élevé.
- **Lavage à l'huile** : L'huile dissout les goudrons, mais il faut un process qui régénère l'huile et recycle les goudrons.
- **Lavage à l'eau pour enlever le NH3** : Après l'élimination des goudrons il faut laver à l'eau pour enlever le NH3 (ammoniac) formé par l'azote de la biomasse. (2% d'azote dans les marcs, mais pas d'azote dans les déchets de bois)

## □ LES GOUDRONS :

### ▪ **limiter la quantité produite:**

- Conception et réglage du gazogène : Le gazogène PRME produit une quantité de goudron voisine de la moyenne des gazogènes à courant. (Mesures réalisées par ECN)

### ▪ **Eviter les condensations des goudrons:**

- Le gaz non épuré ne doit pas être en contact avec une paroi à moins de 300°C : Utilisation d'un refroidisseur de gaz spécifique.

### ▪ **Eliminer les goudrons :**

- En récupérant l'énergie : recyclage dans le gazogène
- Sans déchets : destruction des goudrons et du NH<sub>3</sub> dans le gazogène.

## **LE LAVAGE DU GAZ – ELIMINATION DES GOUDRONS**

- **Choix de la technologie développée par ECN, (*Energy research Centre of the Netherlands*) , un Centre de Recherche des Pays Bas spécialisé dans les ENR.**
- **Le procédé "OLGA":**
  - Lavage en 2 étapes avec 2 huiles spécifiques différentes.
  - Recyclage des goudrons lourds directement dans le gazogène.
  - Recyclage des goudrons légers et de l'ammoniac par transfert (stripping) dans l'air chaud d'alimentation du gazogène.
  - Les goudrons sont craqués dans la partie chaude du gazogène.
- **Pas de déchets**

## ❑ **LE Moteur à Gaz (MAG) :**

- **Adaptation au gaz de gazogène :**

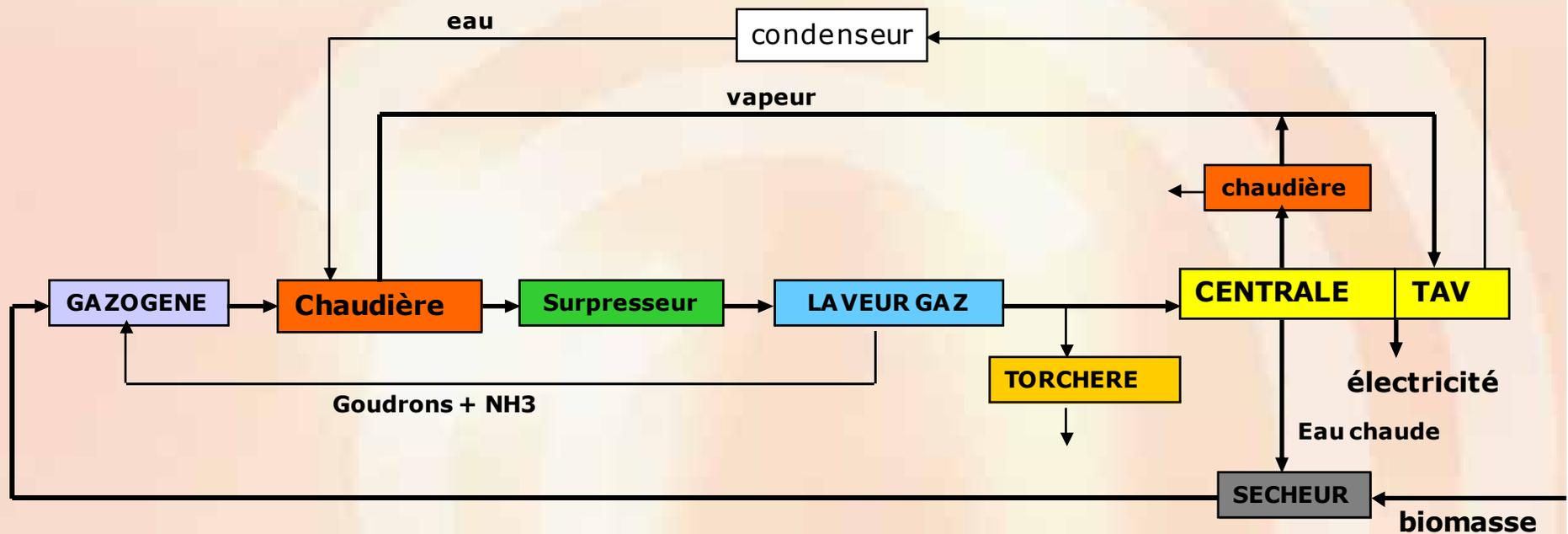
- Moteur à PME <13 bars
- Alimentation gaz et carburation spécifique

- **Emissions :**

- Les imbrûlés ne sont pas des NMHC mais du CO:
- Pot catalytique d'oxydoréduction

## ❑ **LA TORCHERE :**

- **Adaptation au mode de fonctionnement**
- **Adaptation au gaz**



## LE PROCESS BIOGEVA<sup>®</sup> ou BGTE<sup>®</sup> (ultra simplifié)

Les seuls rejets permanents sont les échappements des moteurs,  
 Les rejets intermittents sont les gaz de torchères et les effluents de déconcentration.

**La taille et la complexité des 6 projets CRE1 dont la société EBV est adjudicataire avec le process de production d'électricité à partir de gazéification BIOGEVA ont amené ENERIA à réaliser un pilote démonstrateur.**

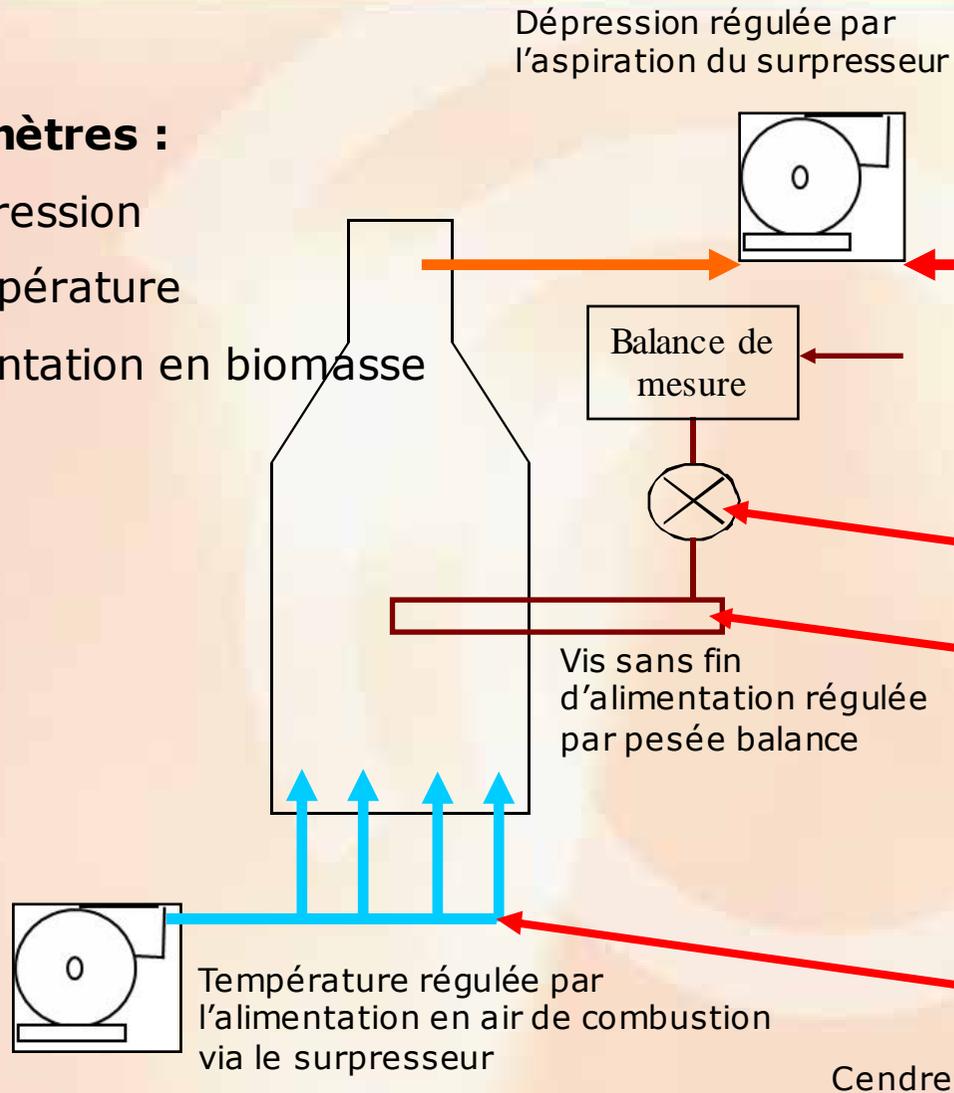
□ **une unité pilote pour valider :**

- **L'adaptation du gazogène à différentes biomasses.**
- **Le nettoyage du gaz.**
- **Le fonctionnement et les performances du moteur.**
- **Le fonctionnement de la torchère et sa régulation.**
- **Les émissions et rejets.**
- **Le rendement global en fonction des biomasses**
- **Les coûts de maintenance**

- **Choix du gazogène du pilote : modèle KC8 :**
  - 4 MW thermique  $\approx$  1 MW e
- 10 tonnes d'acier
- 20 tonnes de béton réfractaire projeté
- **Avantages :**
  - Fonctionne en dépression : Pas de fuite
  - Maintenance réduite
- **Temps de démarrage :**
  - Démarrage à froid : 24 heures pour chauffer les réfractaires avec brûleur propane.
  - Démarrage à chaud : 1h avant de produire du gaz de synthèse

### 3 paramètres :

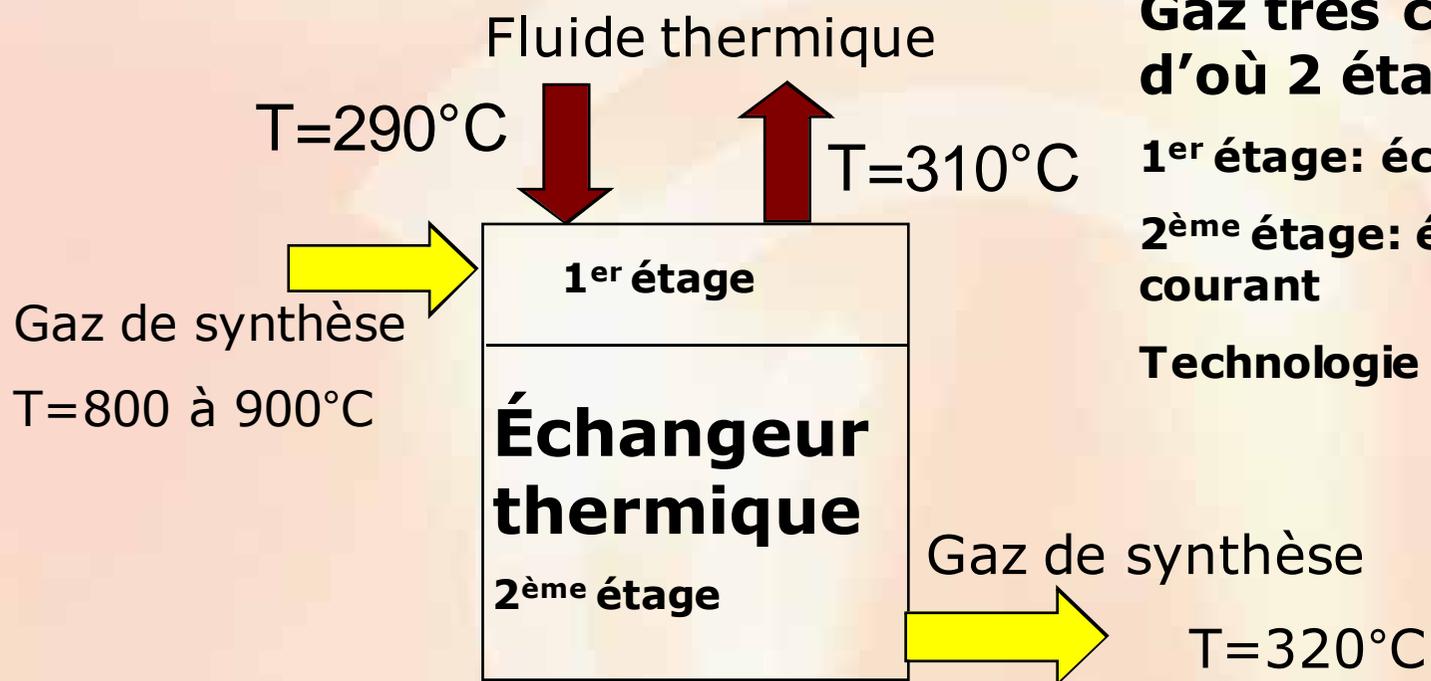
- La dépression
- La température
- L'alimentation en biomasse



## **OPTIMISATION SUR CHAQUE BIOMASSE :**

- Analyse préalable
- En fonction de l'analyse : positionnement du bras en hauteur : début des essais.
- Essais avec différentes vitesses de bras : mesure des cendres
- Optimisation de la vitesse
- Modification éventuelle de la hauteur du bras
- Optimisation de la vitesse
- Durée de ces essais : 24 à 72 heures.

**Avant de laver le gaz , il faut le refroidir sans condenser les goudrons donc avec des températures de parois supérieures à 350°C .**



**Gaz très chaud en entrée  
d'où 2 étages**

**1<sup>er</sup> étage: échange co-courant**

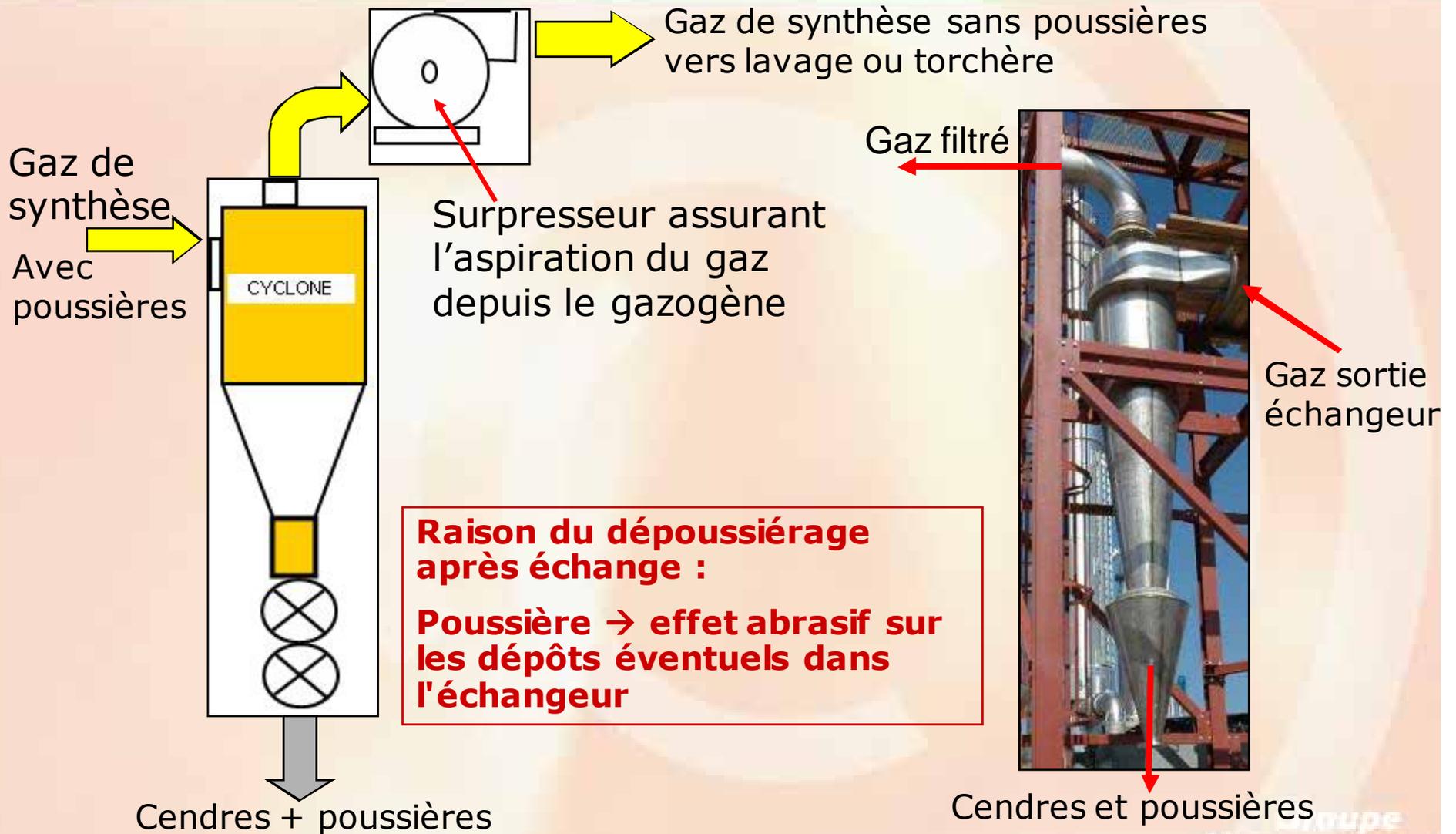
**2<sup>ème</sup> étage: échange contre-  
courant**

**Technologie : tube de fumée**

### **Contrainte :**

Pas de point froid sur les tuyaux au court du refroidissement et jusqu'au laveur.

**Après refroidissement il faut enlever les suies et particules du gaz avec un cyclone spécifique à grande efficacité.**



**Après refroidissement et dépoussiérage on lave le gaz avec le procédé "OLGA" pour éliminer les goudrons.**

**1<sup>er</sup> étage:** Lavage des goudrons lourds avec du goudron liquide et recyclage dans le gazogène

**3<sup>ème</sup> étage:** Lavage des goudrons légers à l'huile

**4<sup>ème</sup> étage:** transfert des goudrons légers de l'huile dans de l'air chaud qui alimente le gazogène



**Eneria**



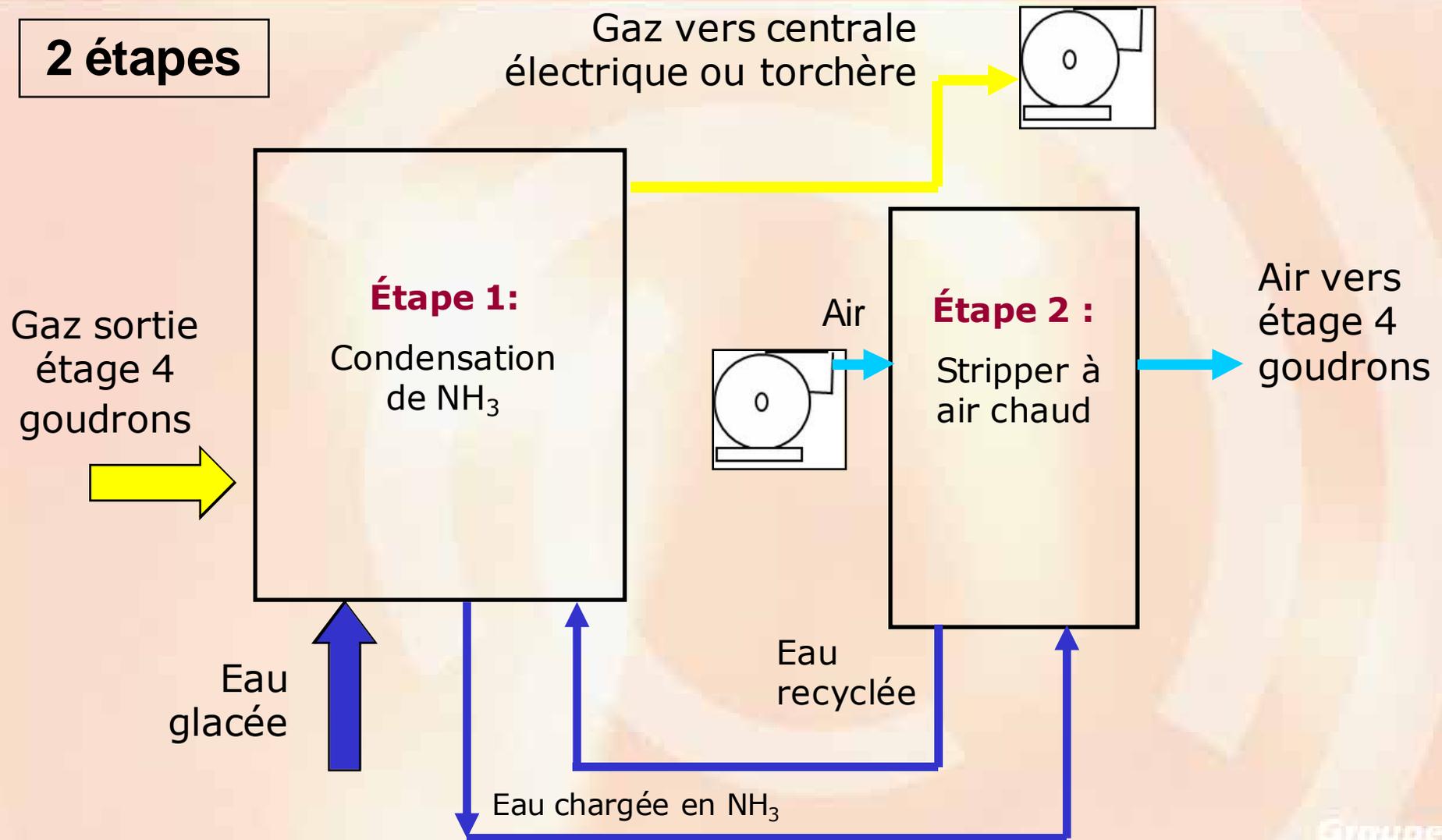
2<sup>ème</sup> étage : FILTRE  
ELECTRO-STATIQUE



roupe  
neur

**Quand les goudrons sont éliminés on peut éliminer le  
NH<sub>3</sub> par un procédé traditionnel ou mieux par  
stripping dans l'air d'alimentation du gazogène avec  
les goudrons légers**

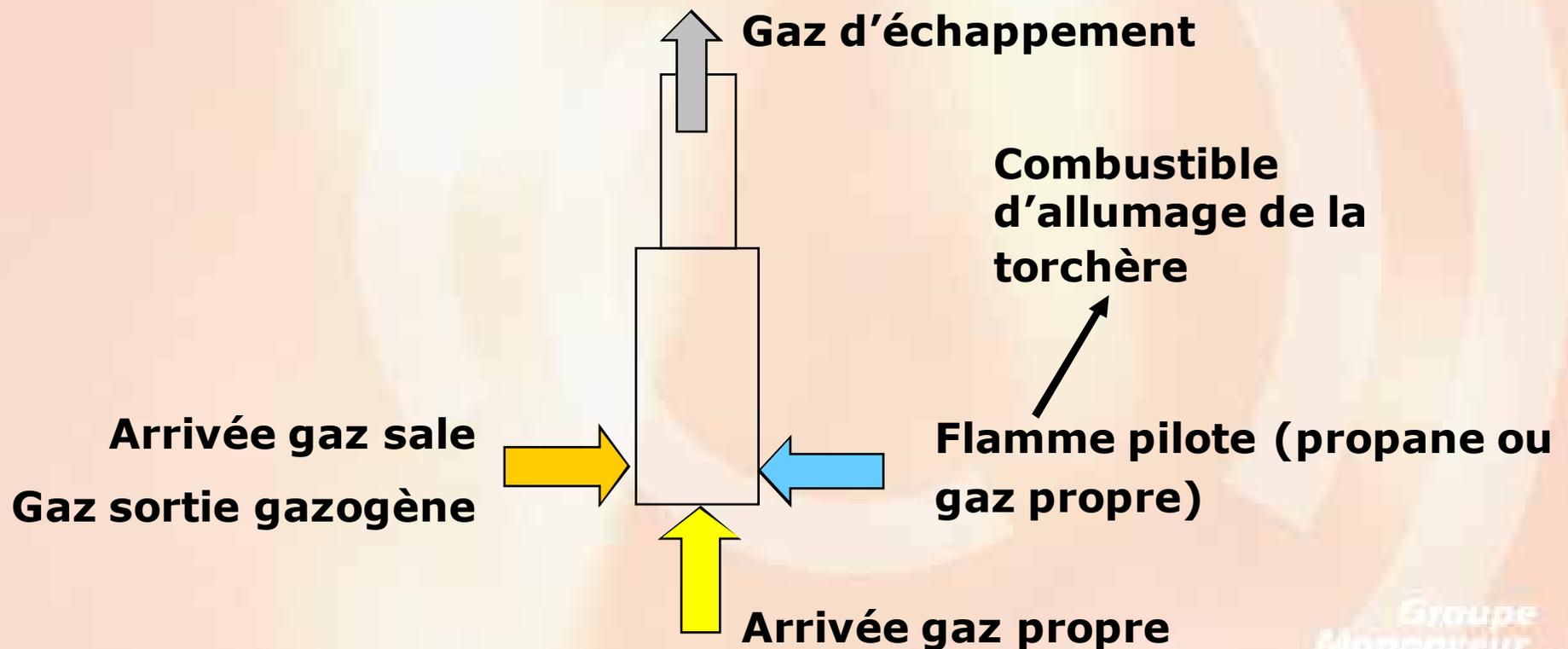
## 2 étapes



**Le gaz sale ou propre doit pouvoir être éliminé en  
torchère.**

## 3 modes de fonctionnement de la torchère :

- Combustion gaz d'échappement gazogène phase démarrage
- Combustion gaz sale si système de lavage non opérationnel
- Combustion gaz propre si moteur non opérationnel



## Torchère Technologie « flamme cachée »

Un système de vanne 3 voies permet de passer automatiquement de la position gaz propre à la position gaz sale.

Une vanne de régulation de pression permet de réguler la pression d'entrée moteur.

gaz « sale »

gaz « propre »



**Eneria**

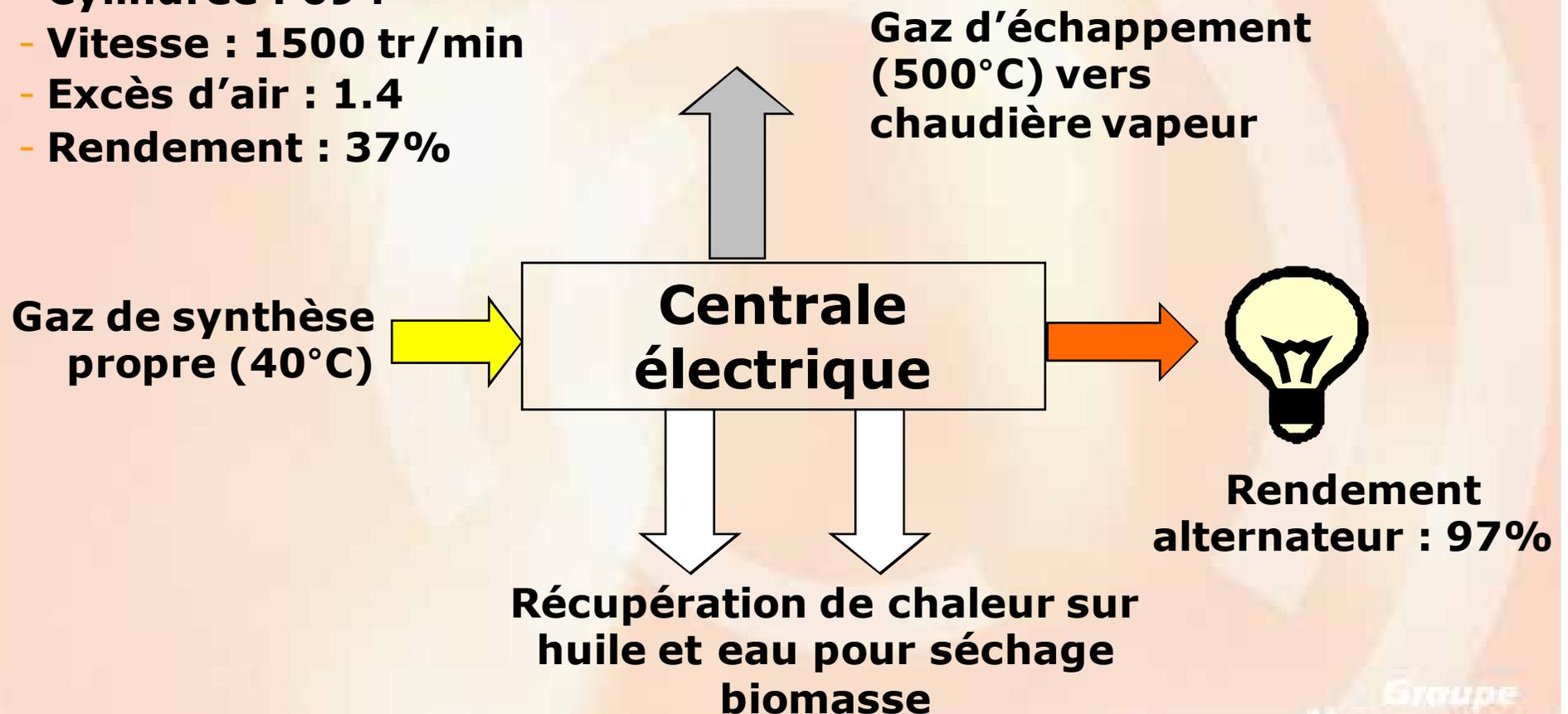
**CAT**

**Enfin on peut utiliser le gaz dans les moteurs !**

Groupe  
Monneyeur

## Caractéristiques du moteur : CAT 3516 A+ base gaz de décharge modifiée pour le "gaz de bois".

- Cylindrée : 69 l
- Vitesse : 1500 tr/min
- Excès d'air : 1.4
- Rendement : 37%



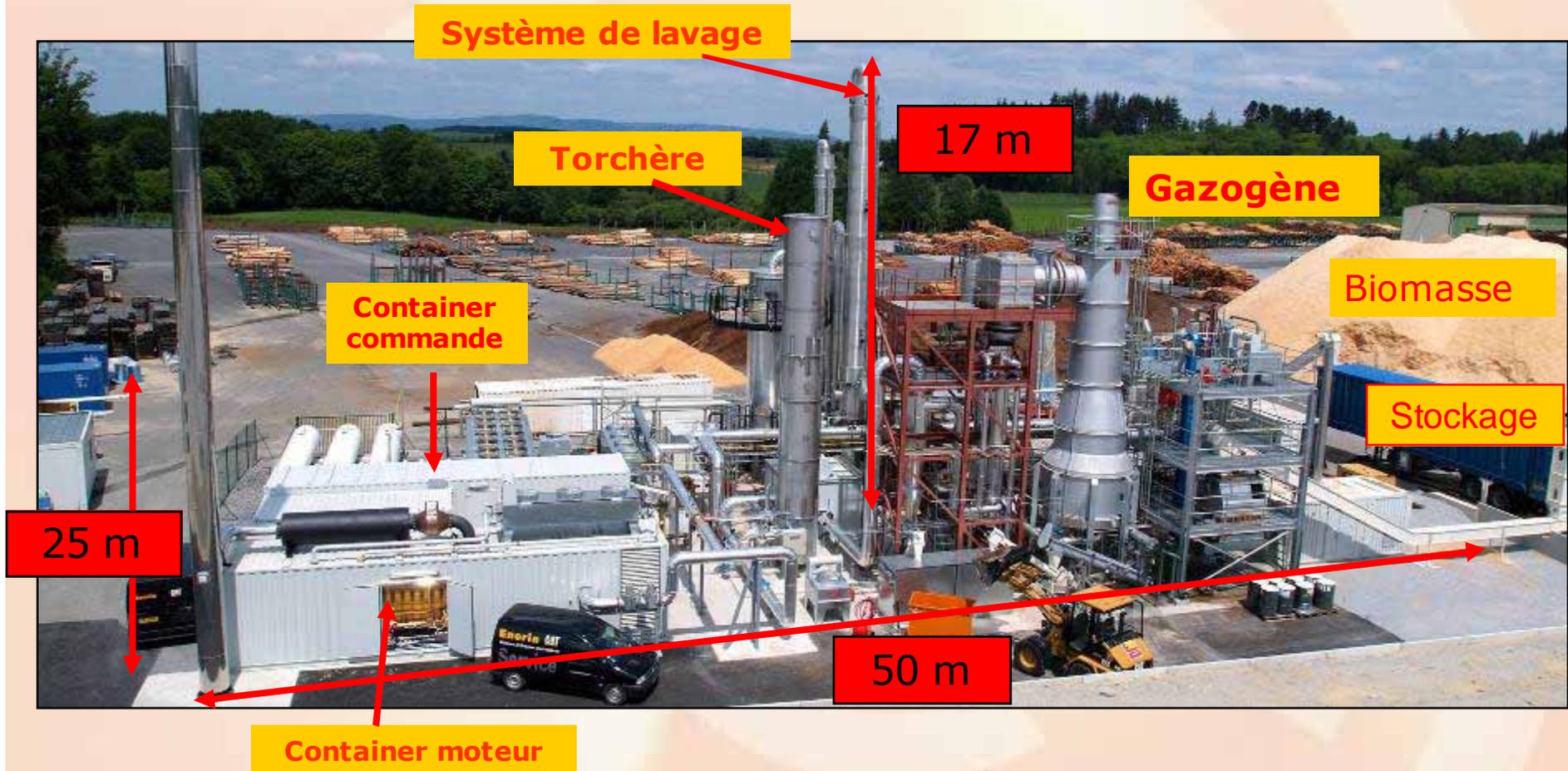
**Dans une centrale de production, la chaleur récupérée sur le refroidissement du gaz de synthèse et des gaz d'échappement va produire de la vapeur pour :**

- **Production électrique par TAV avec de la vapeur surchauffée (20b , 400°C).**
- **Utilisation industrielle.**

# Eneria

# CAT

## DEMONSTRATEUR



Grande  
Monneyeur

**On obtient finalement un bilan énergétique :**

**Biomasse 16.07 T/h**  
**PCI= 19250 kJ/kg**  
**53% Humidité sur brut**  
 $P_{ent} = 34.15 \text{ MW hum}$   
 $P_{ent} = 39.85 \text{ MW sec}$

**Biomasse 9.3 T/h**  
**20% d'humidité**

**Gazogène**  
 $\eta = 74\%$

**Séchoir**

$P_{ent} = 38.6 \text{ MW}$

**Gaz de synthèse brut**  
 $T = 800^\circ\text{C}$

**Auxiliaires**  
 $-1.0 \text{ MW}$

$P_{elec} = 1.84 \text{ MW}$

**Turbine**

**Vapeur**  
 $Q = 12.4 \text{ T/h}$

**Chaudière**

**Échangeur**

$P_{therm} = 5.40 \text{ MW}$

**Eau + huile + process = 8.9 MW**

$T = 320^\circ\text{C}$

**10.50 MW nets**

$P_{therm} = 5.60 \text{ MW}$

**Groupe électrogène**  
 $\eta = 37.1\%$

**Syngaz propre**  
 $T = 55^\circ\text{C}$

**Système de lavage**

$P_{elec} = 9.66 \text{ MW}$

$\eta_e = 30.7 / 26.3 \%$      $\eta_{th} = 0 \%$

**Biomasse 16.07 T/h**  
**PCI= 19250 kJ/kg**  
**53% Humidité sur brut**  
 **$P_{ent} = 34.15$  MW hum**  
 **$P_{ent} = 39.85$  MW sec**

**Biomasse 9.3 T/h**  
**20% d'humidité**  
 **$P_{ent} = 38.6$  MW**

**Gazogène**  
 **$\eta = 74\%$**

**Séchoir**

**Gaz de synthèse brut**  
 **$T = 800^{\circ}\text{C}$**



**Auxiliaires**  
**-1.0 MW**

**Vapeur 10 bars**  
 **$Q = 15.2$  T/h 9.8 MW**

**Chaudière**

**Échangeur**

**$P_{therm} = 5.40$  MW**

**Eau + huile +**  
**process = 8.2 MW**

**$T = 320^{\circ}\text{C}$**

**8.7 MW nets**

**$P_{therm} = 5.60$  MW**

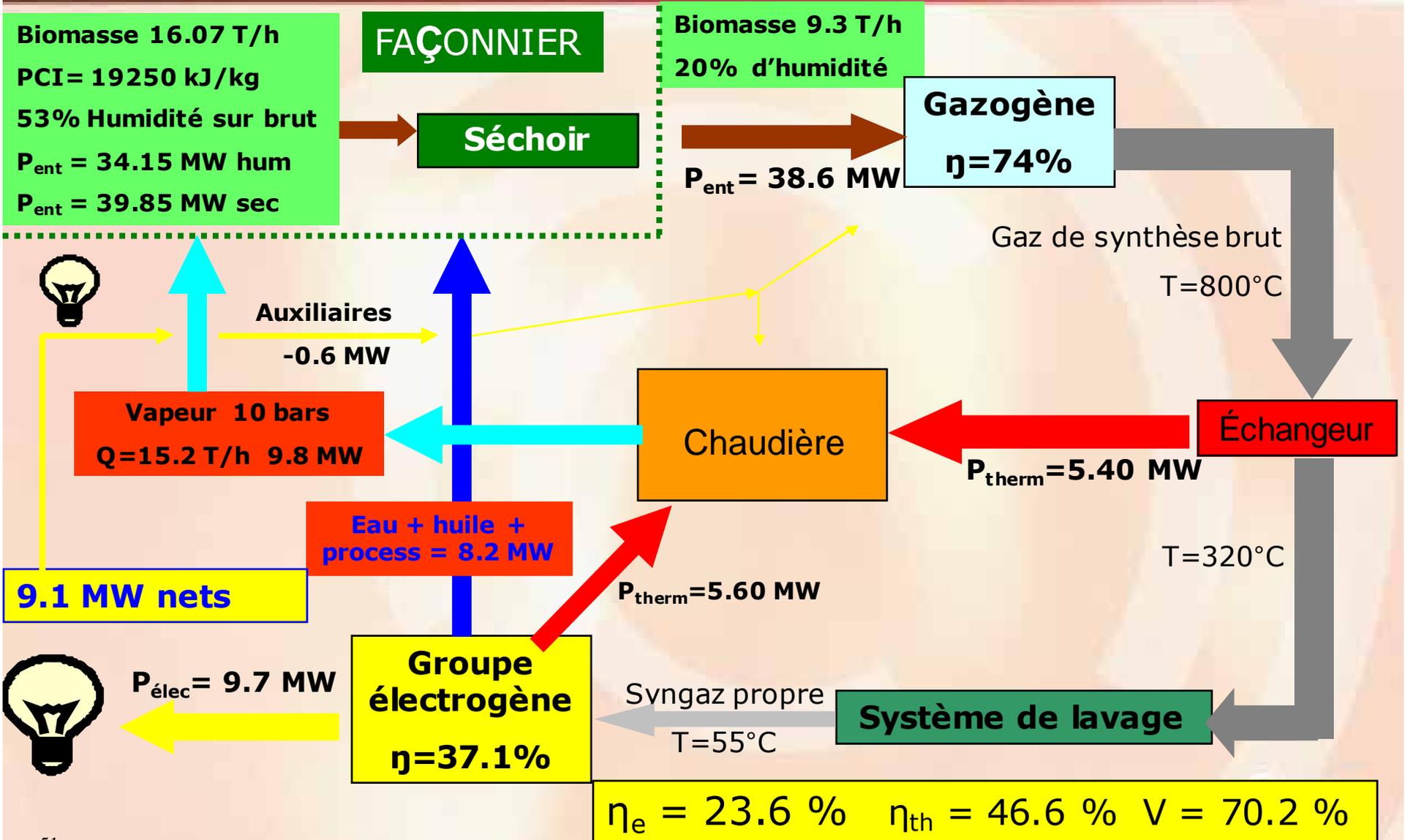
**Groupe**  
**électrogène**  
 **$\eta = 37.1\%$**

**Syngaz propre**  
 **$T = 55^{\circ}\text{C}$**

**Système de lavage**

**$P_{elec} = 9.7$  MW**

*Groupe*



**RENDEMENTS TOUS AUXILIAIRES DEDUITS :**

- **Aux. biomasse** = dépotage, convoyage, stockage, broyage, séchage...
- **Aux. Process** = gazogène, refroidisseur gaz, OLGA, Ventilateurs-compresseurs, torchère...
- **Aux. centrale groupe** = transfos, ventilation, refroidissement...

**1.07 T/h à 20% d'humidité<sup>1</sup> = 1 MWe sans TAV ( $\eta^2 = 21.8 \%$ )**

**1.85 T/h à 53% d'humidité<sup>1</sup> = 1 MWe sans TAV ( $\eta^2 = 21.8 \%$ )**

**0.88 T/h à 20% d'humidité<sup>1</sup> = 1 MWe avec TAV ( $\eta^2 = 26.3 \%$ )**

**1.53 T/h à 53% d'humidité<sup>1</sup> = 1 MWe avec TAV ( $\eta^2 = 26.3 \%$ )**

<sup>1</sup> Humidité sur Matière humide (brut).

<sup>2</sup> PCI de la biomasse non corrigée de son humidité. (PCI sec).

## **Quels sont les rejets globaux ?**

### **Rejets :**

- **Cendres (plan d'épandage autorisé)**
- **Eau (purge des chaudières vapeur)**
- **Les huiles moteurs sont recyclées comme les goudrons.**
- **Gaz d'échappement moteurs conformes aux Arrêtés ICPE**