

# COGÉNÉRATION

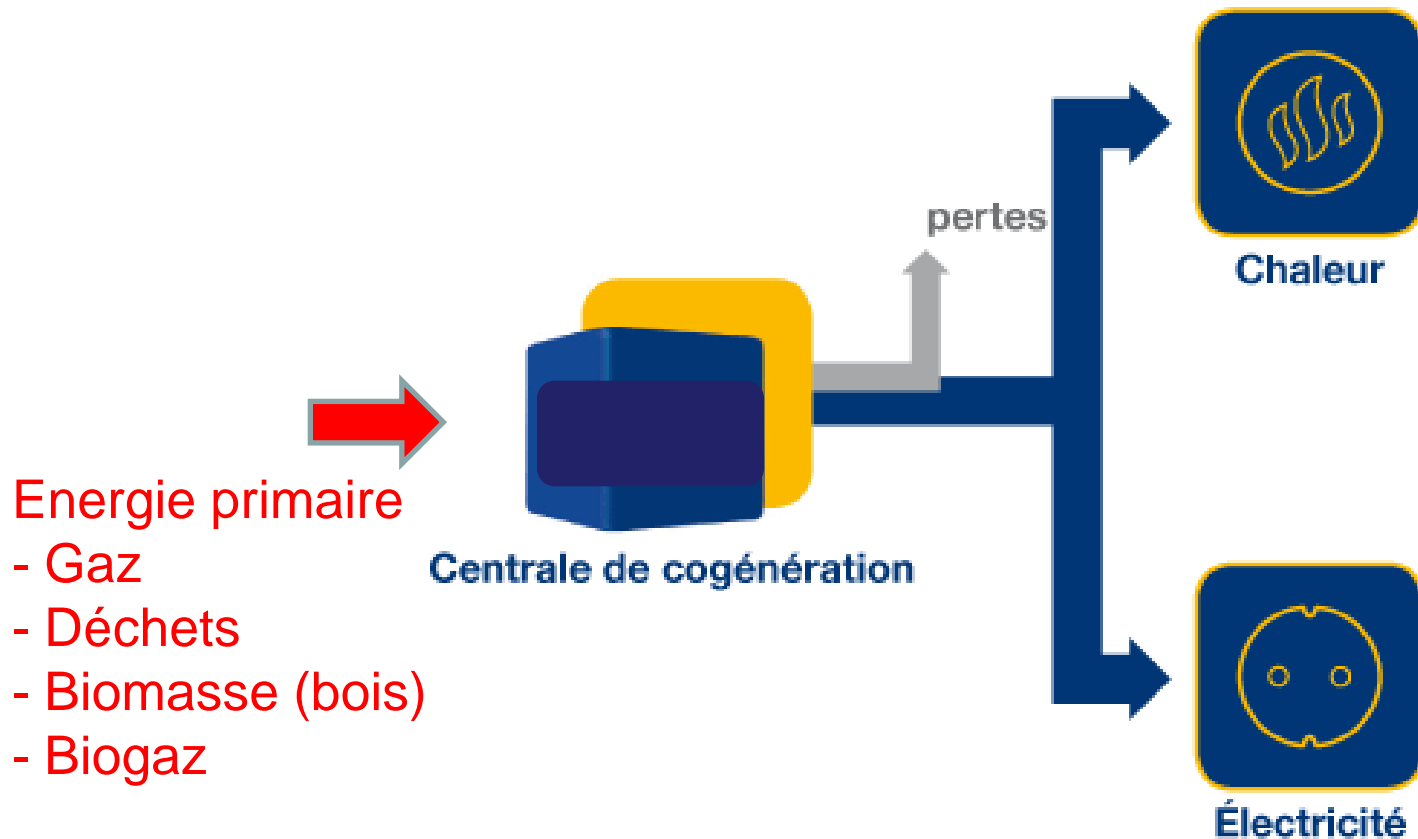
## Licence GEEB



O. Moret-Bailly  
olivier.moret-bailly@umontpellier.fr  
IUT Montpellier  
Université Montpellier

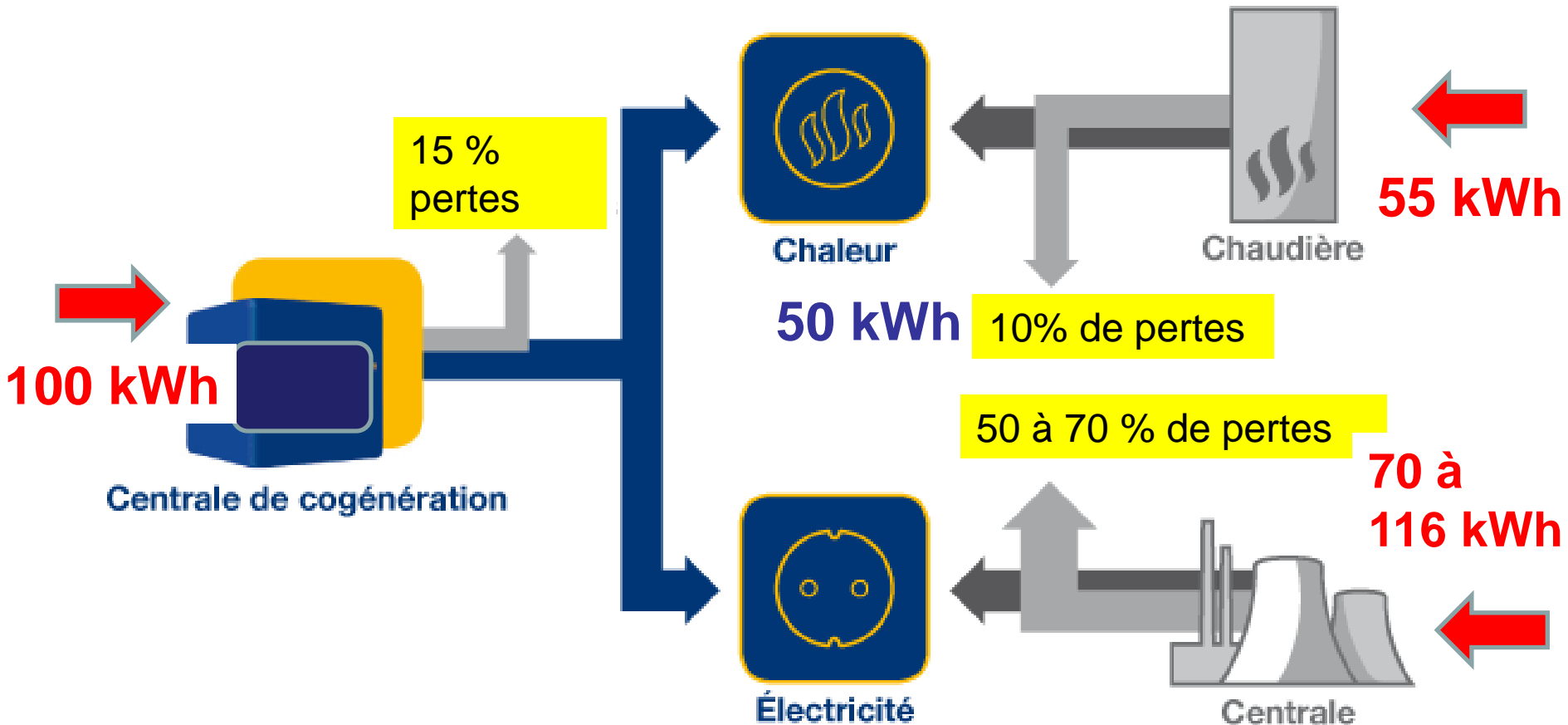


# Cogénération – Définition



Production combinée de chaleur et d'électricité

# Avantage cogénération



Economie d'énergie primaire : 35 kWh

$25 / 125 = 20 \%$

à  $61 / 161 = 38 \%$

Rendement chaudière 90%  
Centrale 30 à 50%

**Total :** 3  
**125 à 161 kWh**

# Avantage cogénération

- Gaz

57 €/MWh

84 €/MWh

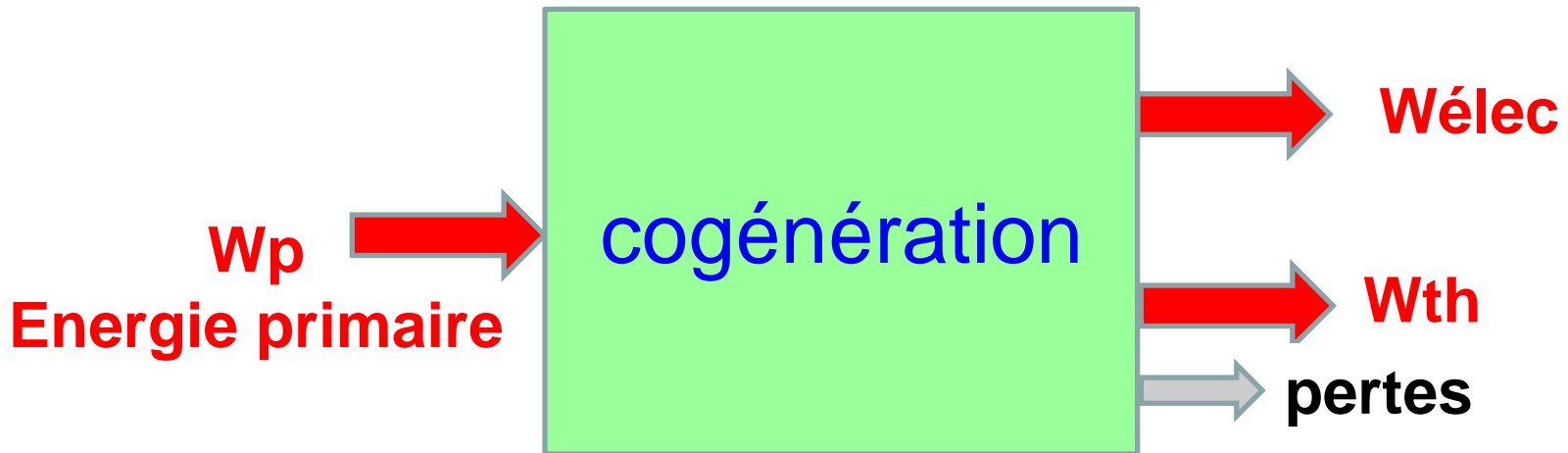
- Electricité

113 €/MWh

220 €/MWh (août 23)



# Rendements - Combustibles



- Energie primaire
- Caractéristiques
- PCI / PCS
- PCS = PCI + chaleur latente
- kWh/Nm<sup>3</sup> ou kWh/t ou MWh/t
- Nm<sup>3</sup> : patm (1013mbar) 0°C
- Gaz 11,6 kWh/Nm<sup>3</sup>  
10,7 à 12,8 selon origine
- Déchets 1 à 2 MWh/t
- Biomasse (bois, résidus papèterie, bois.... 2 à 4 MWh/t selon humidité

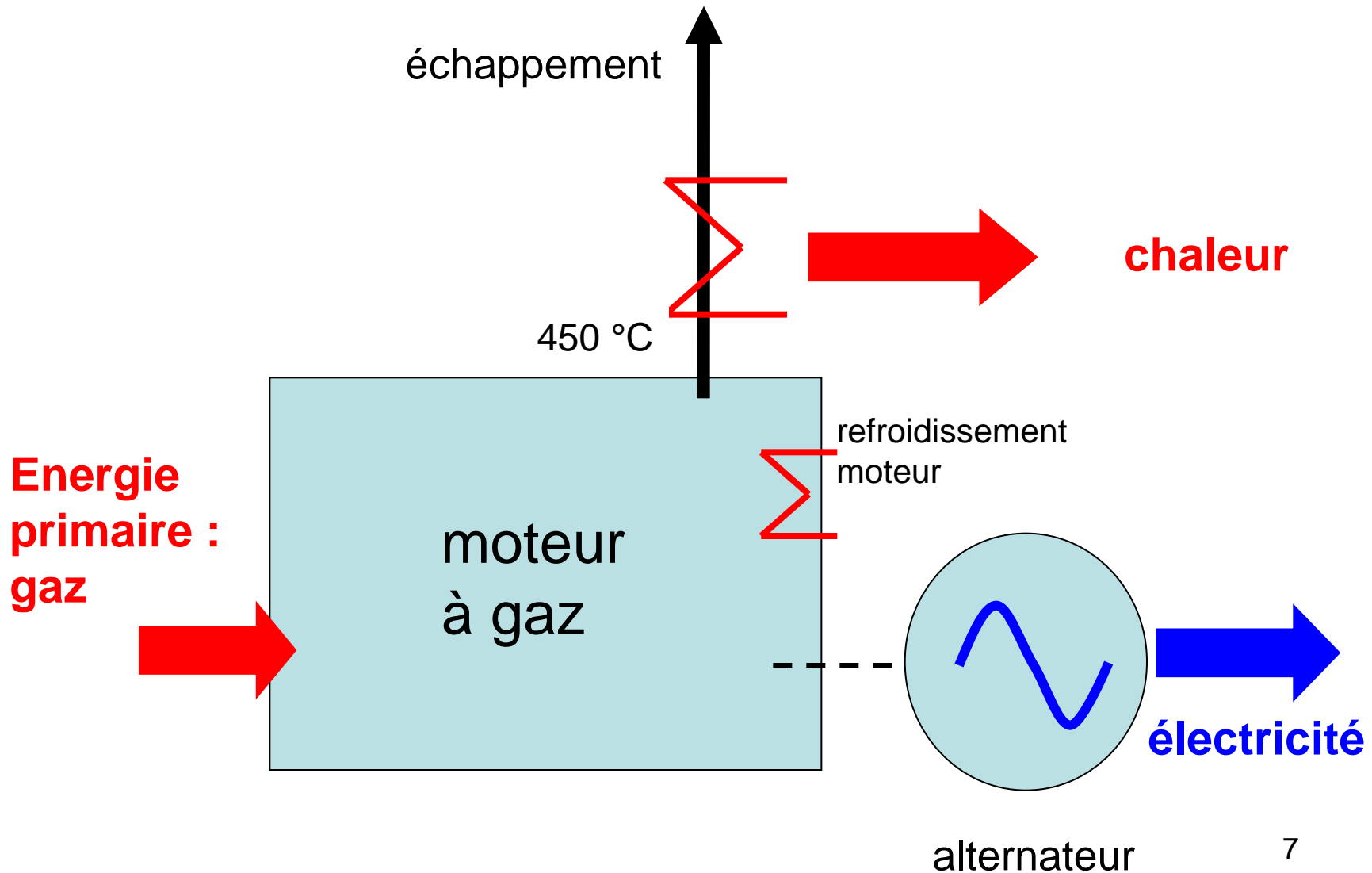
# Rendements - Combustibles

- Rendements énergétiques
- Rendement électrique  $\eta_e = W_{elec} / W_{primaire}$
- Rendement thermique  $\eta_{th} = W_{th} / W_{primaire}$
- Rendement global  $\eta_w = (W_{elec} + W_{th}) / W_{primaire}$
- Exigences  $\eta_w = (W_{elec} + W_{th} \text{ utilisée}) / W_{primaire}$

$$W_{th} / W_e > 50 \%$$

Certificat de conformité => Dt obligation d'achat

# Micro-cogénération. Principe



# Cogénération domestique

## Micro-cogénération

Ecogénérateur à moteur gaz DX Power



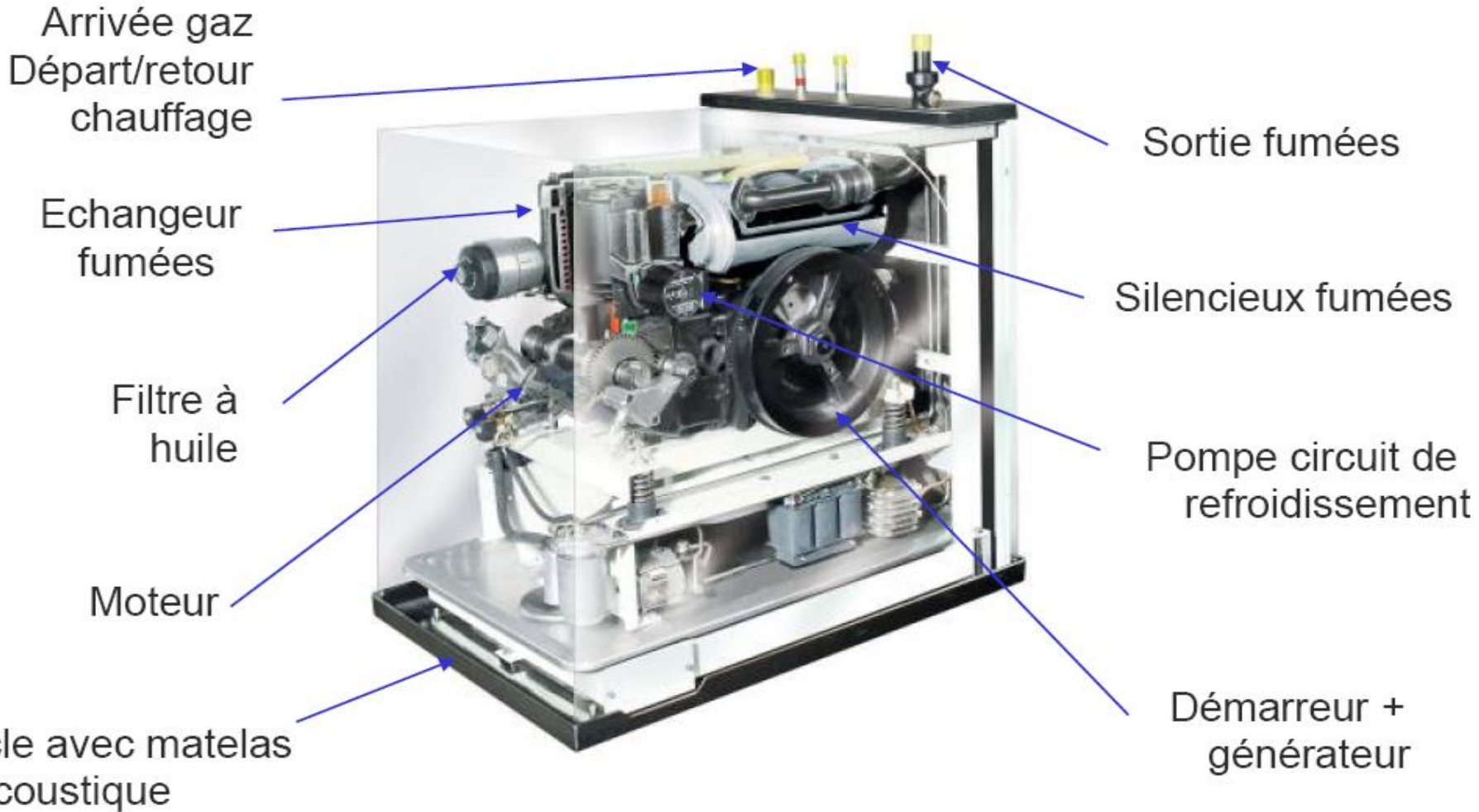
### Principales caractéristiques :

- Puissance électrique : 5,5 kW
- Puissance thermique : 12,5 kW (15,5 kW avec condenseur)
- Rendement global : 89% (100% avec condenseur)
- Dimensions : 720mm x 1000mm x 1070 mm
- Poids : 580 kg
- Niveau acoustique : 54-58 dB(A) suivant DIN 45635-01





# Micro-cogénération



# Micro-cogénération

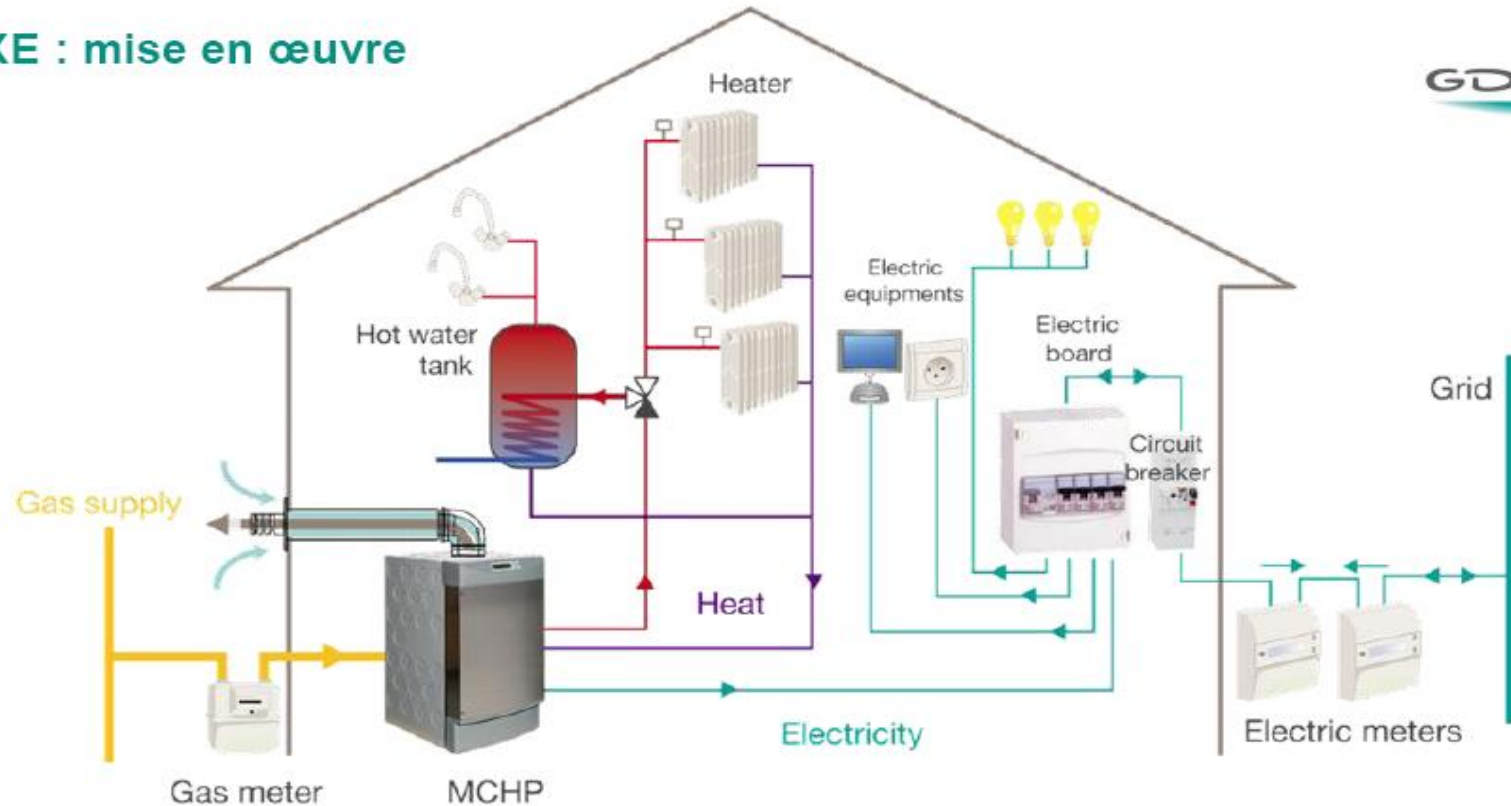


## Caractéristiques moteur :

- Moteur piston 4 temps
- Mono-Cylindre de 580 cm<sup>3</sup>
- Vitesse de rotation : 2450 tr/min
- Durée de vie : 80.000 h (4.000.000 km à 50 km/h)

## Caractéristiques générateur :

- Fonctionnement asynchrone
- 91% de rendement
- Vitesse de rotation : 3000 tr/min



- **Module monobloc « Plug&Play »**
- **Installation identique à une chaudière (fumisterie, raccordement gaz et hydraulique) & raccordement électrique (compteur injection optionnel)**
- **La maintenance de l'unité est identique à celle d'une chaudière : le moteur utilisé ne génère pas de maintenance supplémentaire.**



# Micro-cogénération



**HUILE VEGETALE**

**Refuge du gouter, 2011:**

En commande, un module de cogénération à l'huile végétale de 20 Kw él pour la reconstruction de ce refuge qui se situe à 3835m d'altitude.

**Lycée de Kyoto à Poitiers, 2009:**

Ce Lycée à 0 énergie fossile est équipé de 2 modules de cogénération à l'huile végétale de 25 Kw él.

Micro-cogénération  
Foyer d'accueil médicalisé.  
27 chambres. Verpillières (80)



Esquisse architecte

Réalité  
Inauguration février 2018

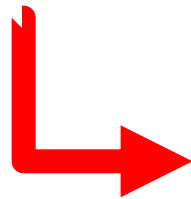
40 kWth  
20 kWe

Contrainte : établissement  
de santé => élec **secours**



# Micro-cogénération

## Foyer d'accueil médicalisé. Verpillières (80)



62 kW

**VIESSMANN**

VITOBLOC 200 type EM-20/39



Moteur à gaz Otto (Toyota)  
Générateur synchrone

Surcoût  
35 000 €

Îlotage / secours

40 kWth



Ballon  
2000 litres

20 kWe



PCI propane = 12,87 kWh/kg

# Centrale de cogénération industrielle / collective

- Biomasse

Bois

+ turbine à vapeur

OM

+ turbine à vapeur

- Gaz

Moteur à gaz

Turbine à gaz

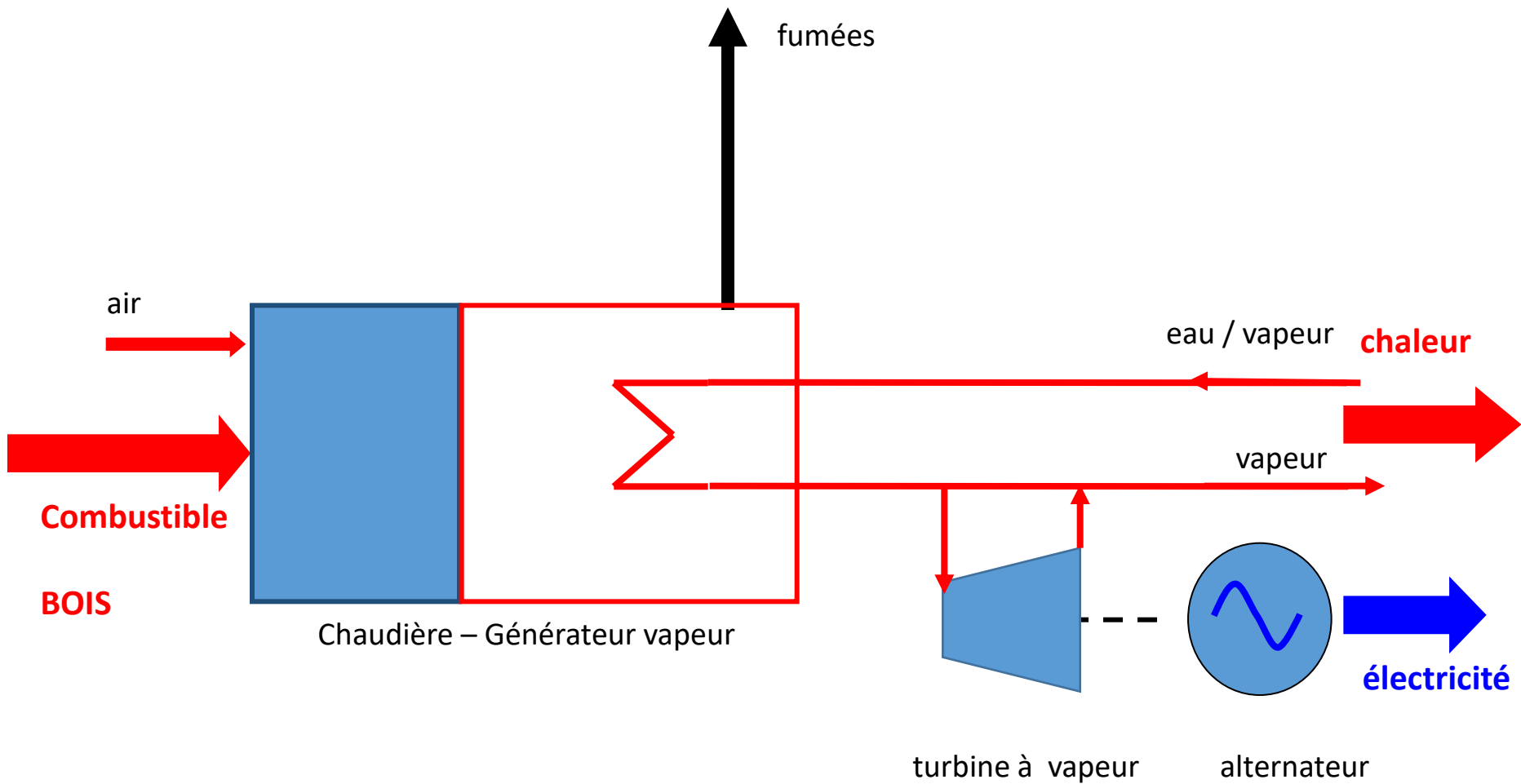
# Cogénération biomasse Mende (48) Chaufferie urbaine. Séchage de bois



10MW th + 2 x 16 MW th 7,5 MWe



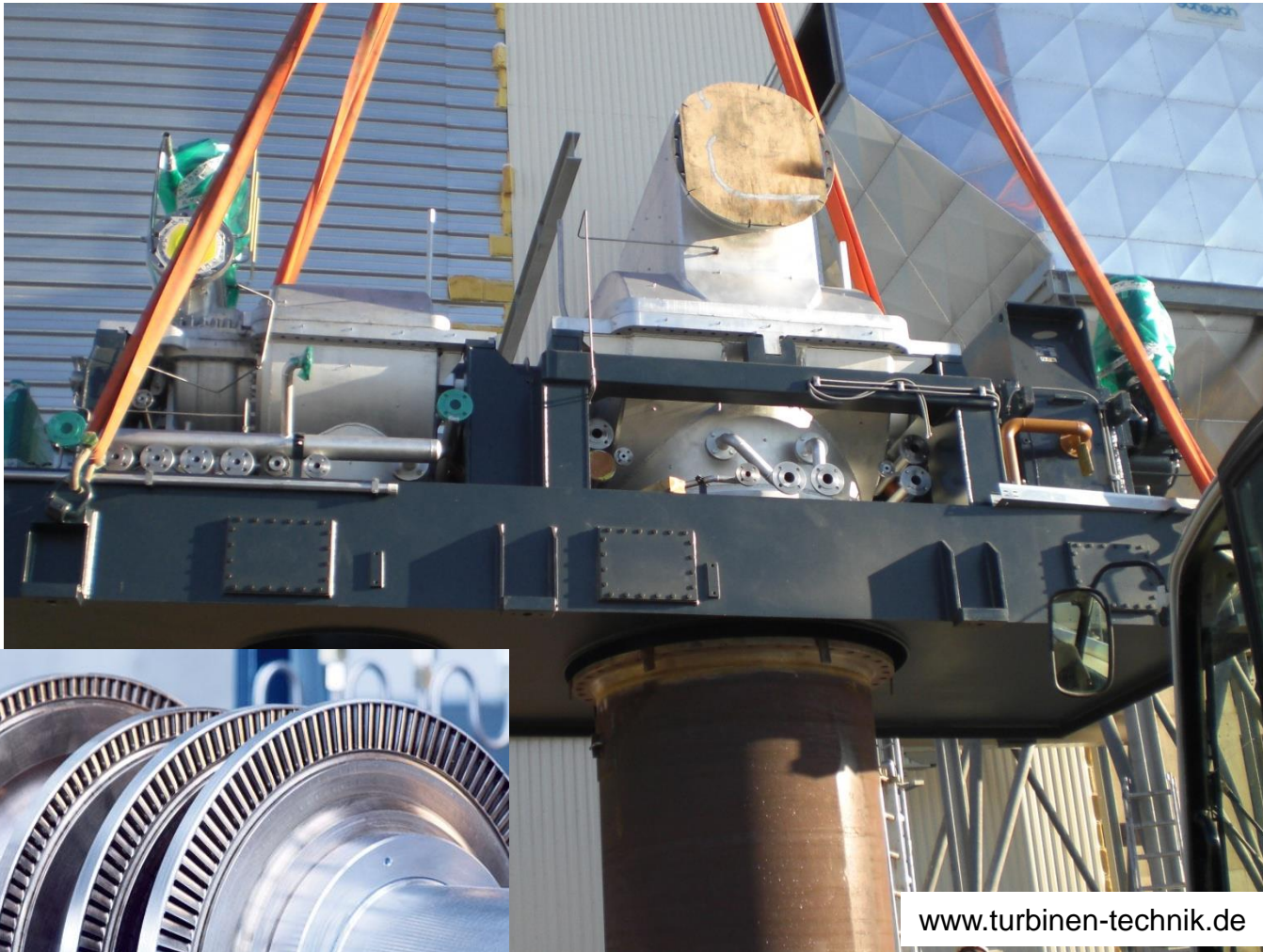
# Chaudière + TAV



# Chaudière — foyer, chambre de combustion



# Turbine à vapeur (TAV)



40 t vapeur/heure – 24 bar – 425°C – 8 MW

# Alternateur 7,5 MW

## Réducteur

6000/1500 tr/min



# Départ réseau de chaleur Mende



600 m<sup>3</sup>/h max - 2,1 bar – départ 110°C max – retour 85°C – 9 km

# Séchage de bois – fabrication de pellets



Wood-Chips-Biomass



50 000 t/an

pellets

# Cogénération biomasse

## UIOM Nîmes

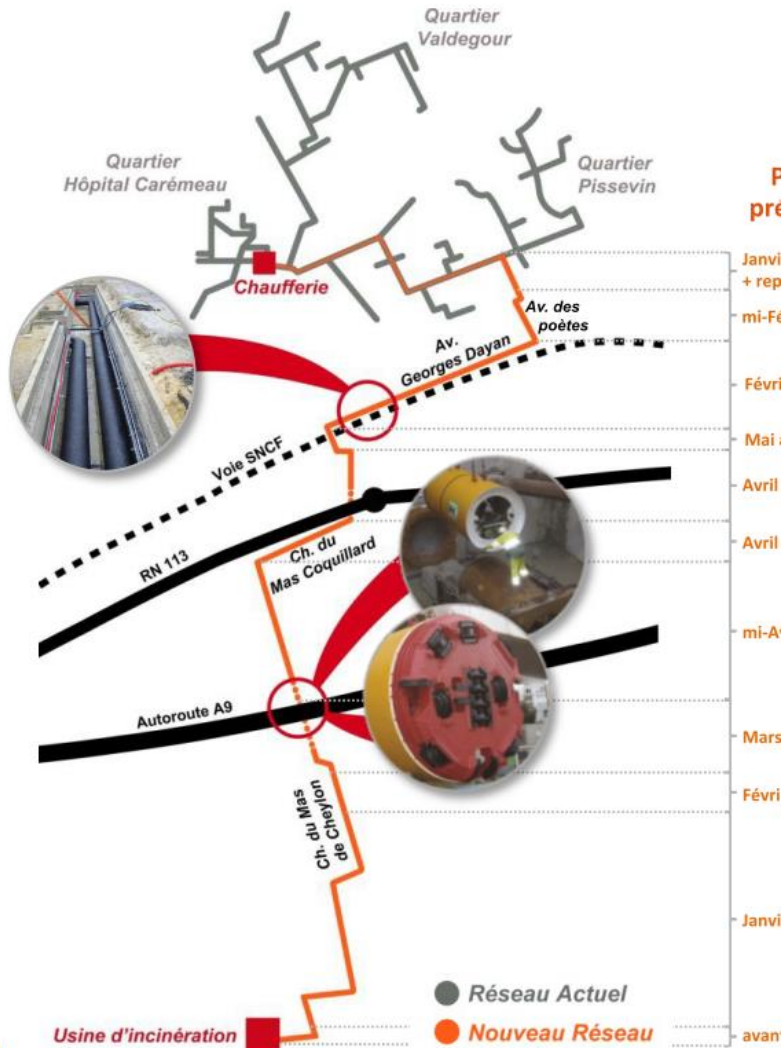


Puissances cogénération : 20 MWth + 10 MWe

# COGÉNÉRATION biomasse - UIOM

## Réseau de chaleur Nîmes

### Le tracé du nouveau réseau



Extension du réseau : 4.7 Km

Coût total de l'opération : 9.5 M€

Une **baisse significative du prix** moyen de la chaleur.

OM → vapeur →  
↪ TAV + Alternateur

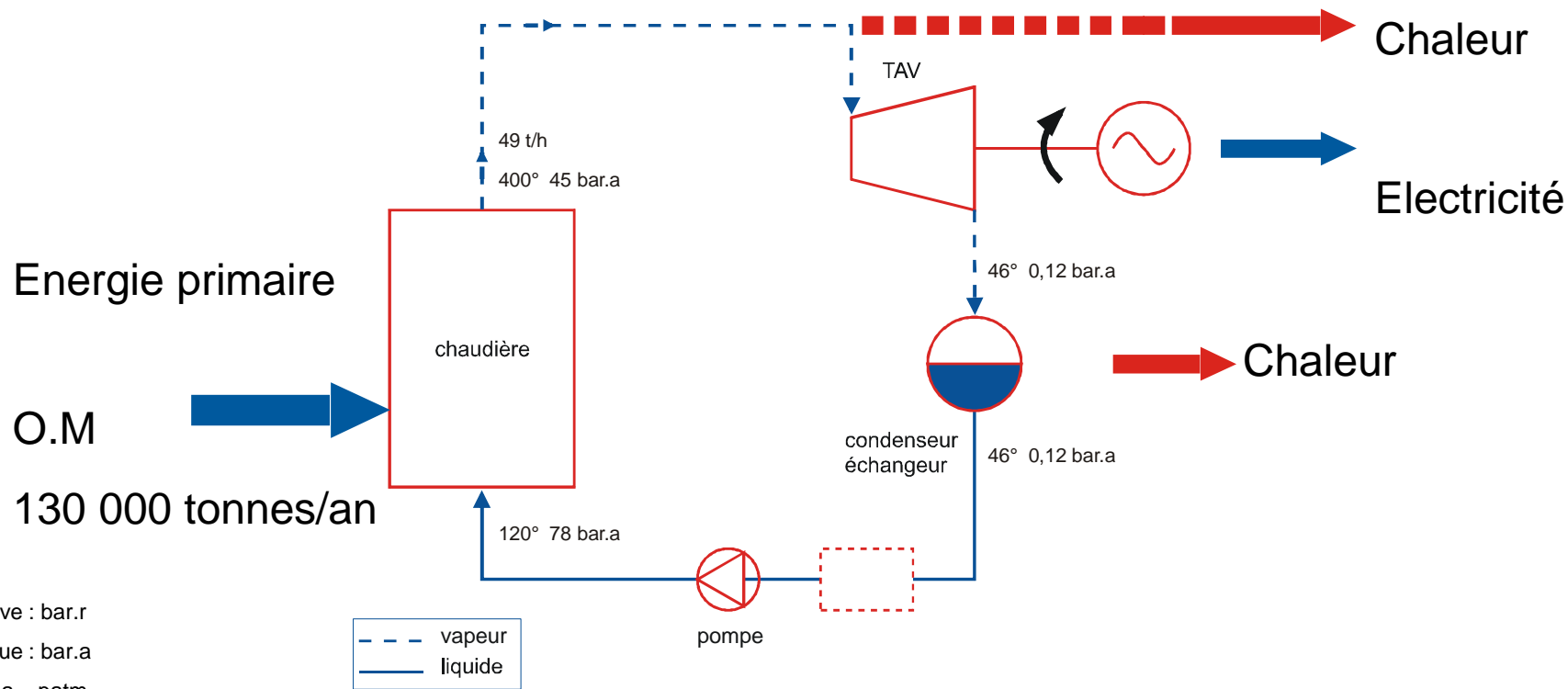
6200 équivalents logements

Puissances cogénération : 20 MWth + 10 MWe



# Cogénération biomasse - UIOM Nîmes

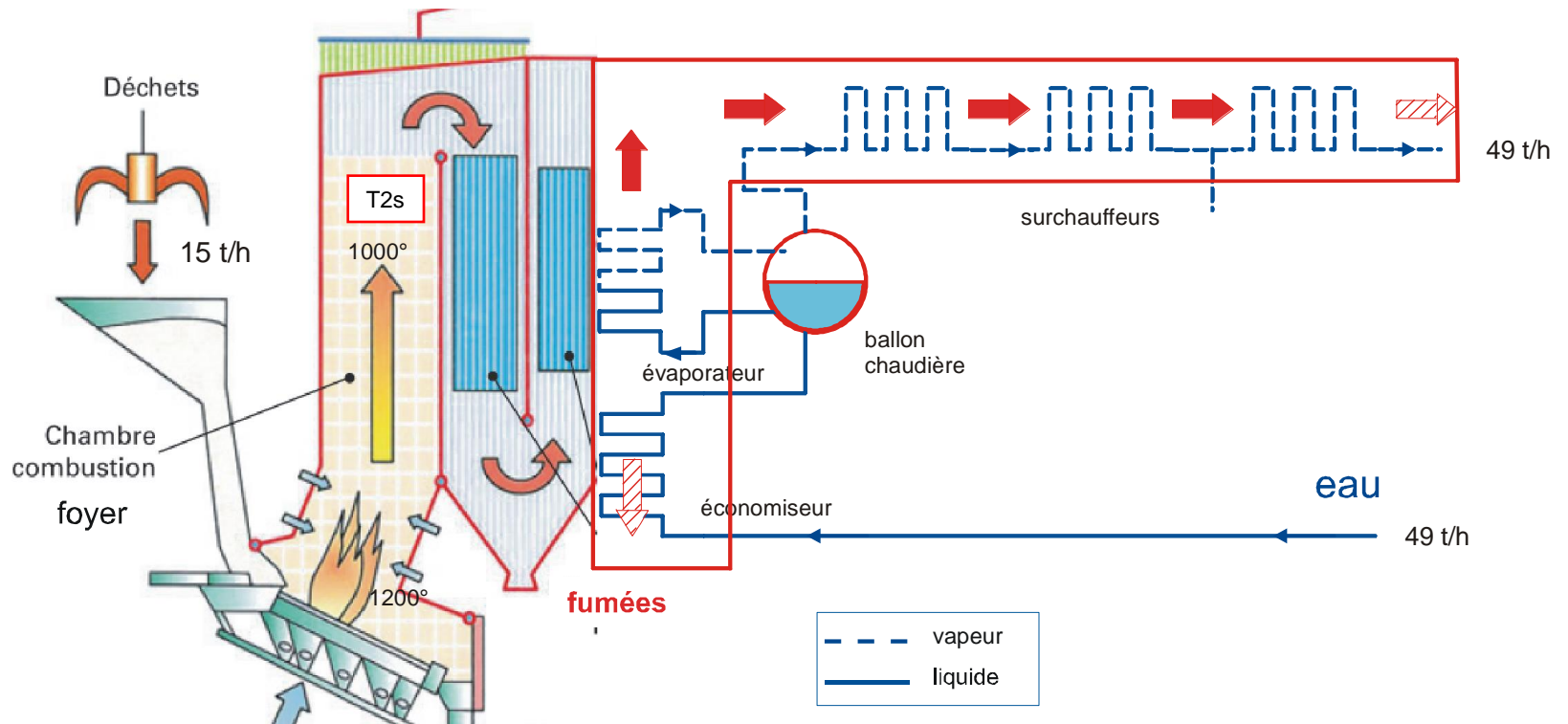
Cogénération à turbine à vapeur. Principe général



Unités :  
pression relative : bar.r  
pression absolue : bar.a  
1 bar.r = 1 bar.a – patm  
avec patm = 1,013 bar.a

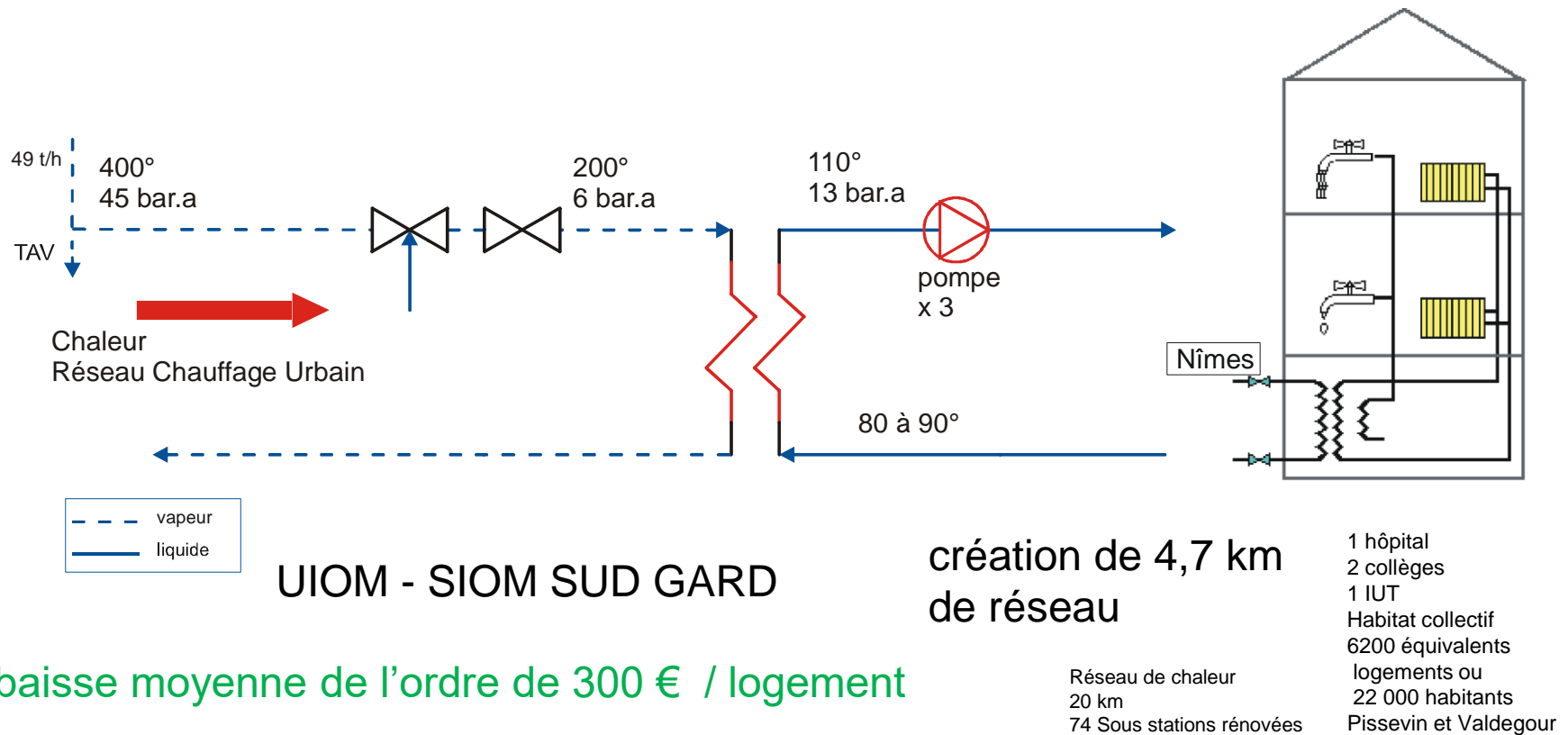
# Chaudière - Générateur de vapeur

## Circuit eau





# Utilisation chaleur. Réseau de Chaleur Urbain



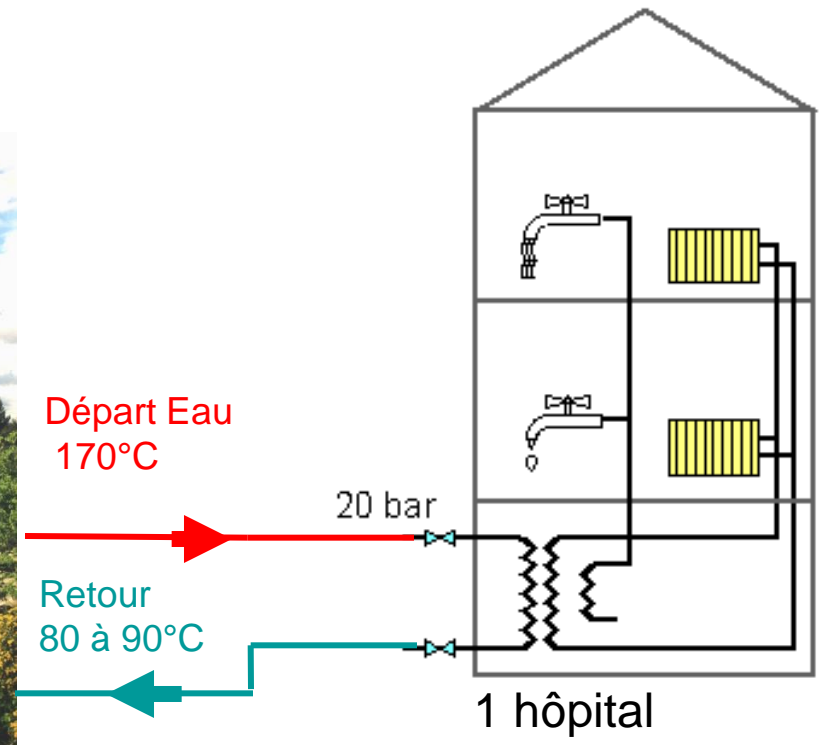
<http://www.lereveildumidi.fr/une-chaleur-plus-economiquen-et-plus-ecologique-23-78.html> 13 mars 2015

# COGÉNÉRATION à Turbine à Gaz (TAG)

## Chaufferie centrale et réseau de chaleur Nîmes



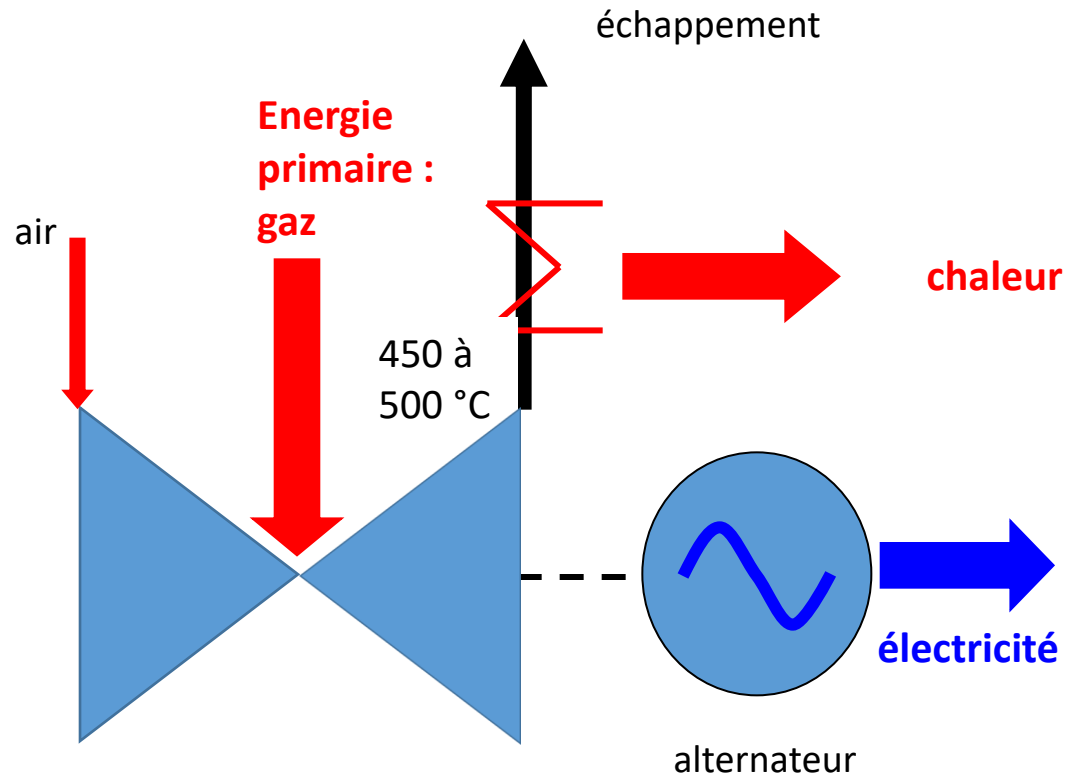
Puissances thermiques chaudières +  
cogénération : 10 MW - 29 MW - 20 MW -  
20 MW - 16 MW



Réseau de chaleur  
10 km  
65 Sous stations

1 hôpital  
2 collèges  
1 IUT  
Habitat collectif  
6200 équivalents  
logements

# Turbine à gaz



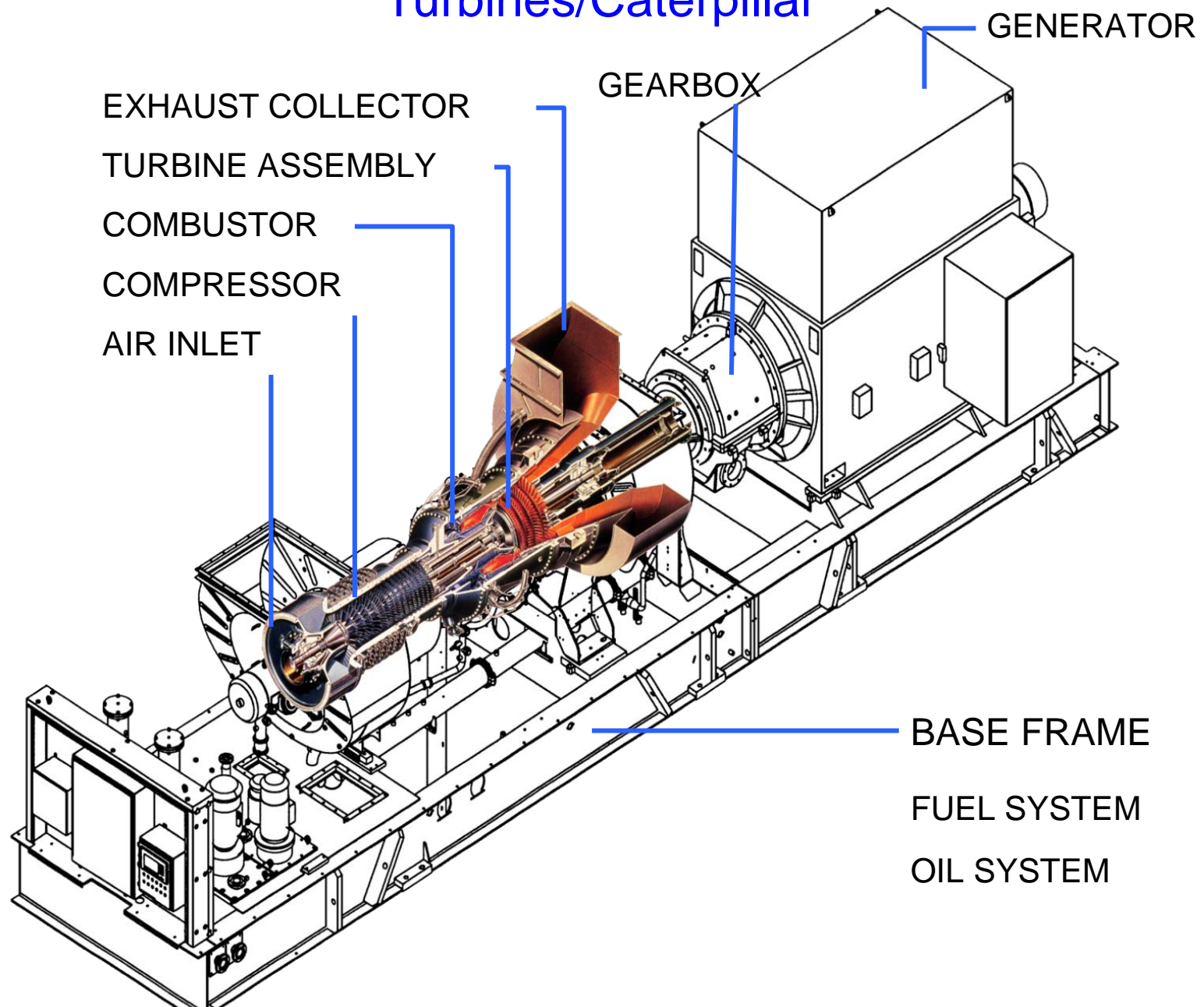
# Cogénération à TAG







# Turbine à Gaz Mars 100. Turbomach/Solar Turbines/Caterpillar



# Chaudière de récupération

16,5 MWth

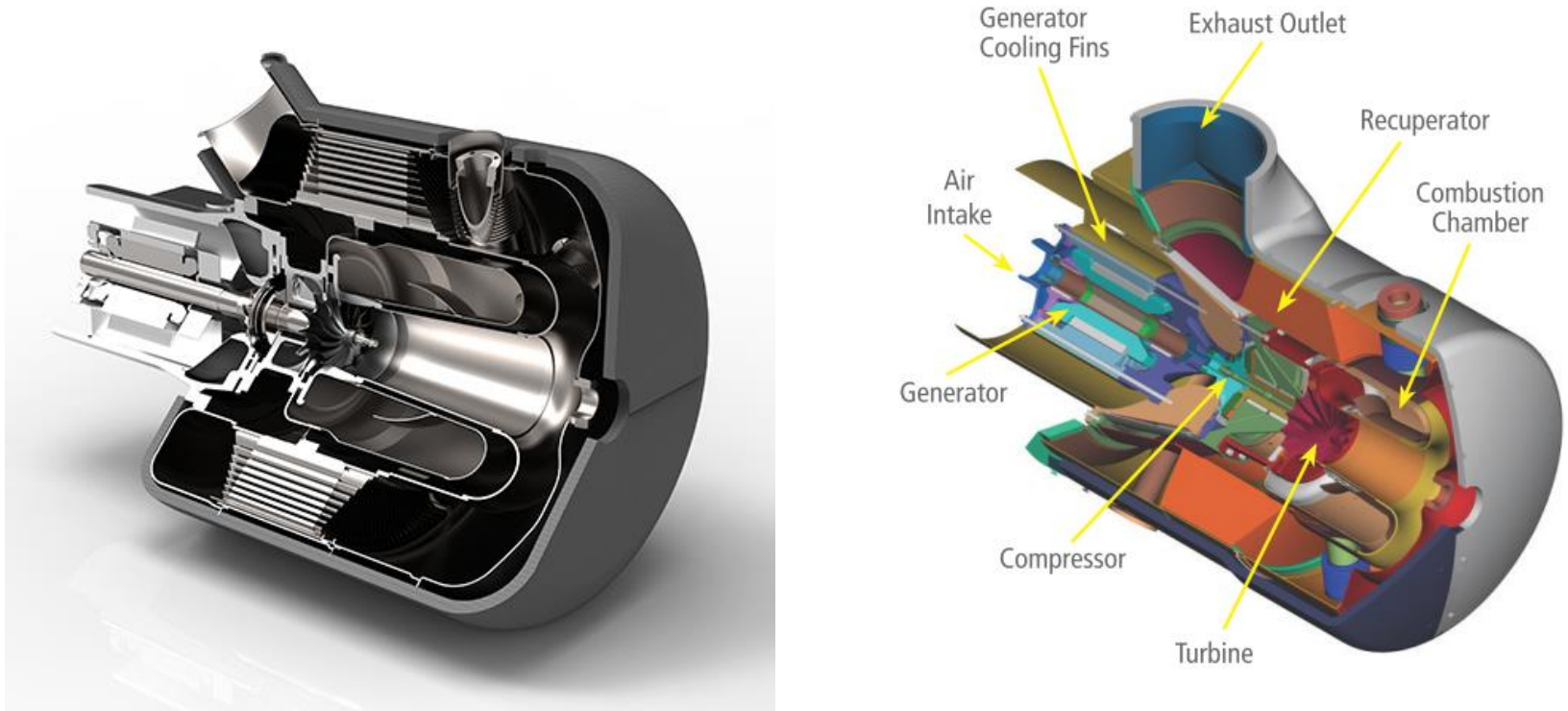


Gaz échappement  
485°C 42 kg/s

119°C



# Microturbines pour $\mu$ CHP



# Application



*A C800 Power Package is fueled by methane from the treatment of sludge waste (from grape skins and stems) following the distillation of wine to make Cognac.*

## Revico Wastewater Treatment Plant Cognac

- C800 CHP Power Package produces 3,000MWh-hours (MWh) of electricity and 4,000MWh of thermal energy.
- Thermal energy heats 4 anaerobic digesters that breakdown the vinasse waste material.
- Thermal energy also warms the city of Cognac's large greenhouse.
- Energy efficiency exceeds 80%.
- Energy generated is sold to utility Électricité de France (EDF).
- Electricity sales to EDF generate €400,000 – €500,000 per year.

### SPECIFICATIONS

### CASE STUDIES

**Rating:** 800 kW

**Electrical Efficiency:** 33%

**Combined Heat Power Efficiency:** Up to 90%

# Cogénération - Moteur à gaz Hôpital Montpellier

**Gaz**  
**18 059 kW**

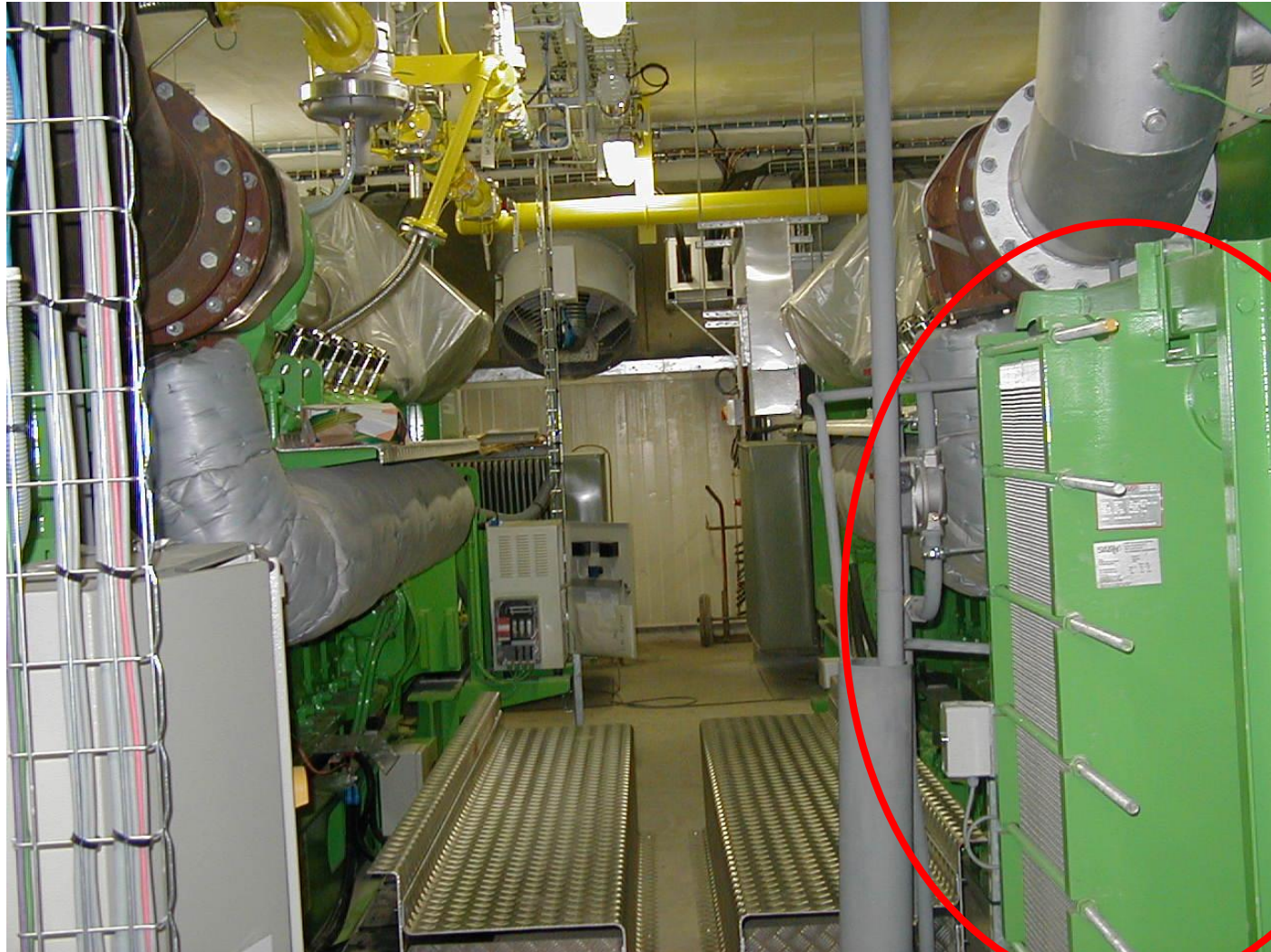


**Electricité**  
**7 414 kW**

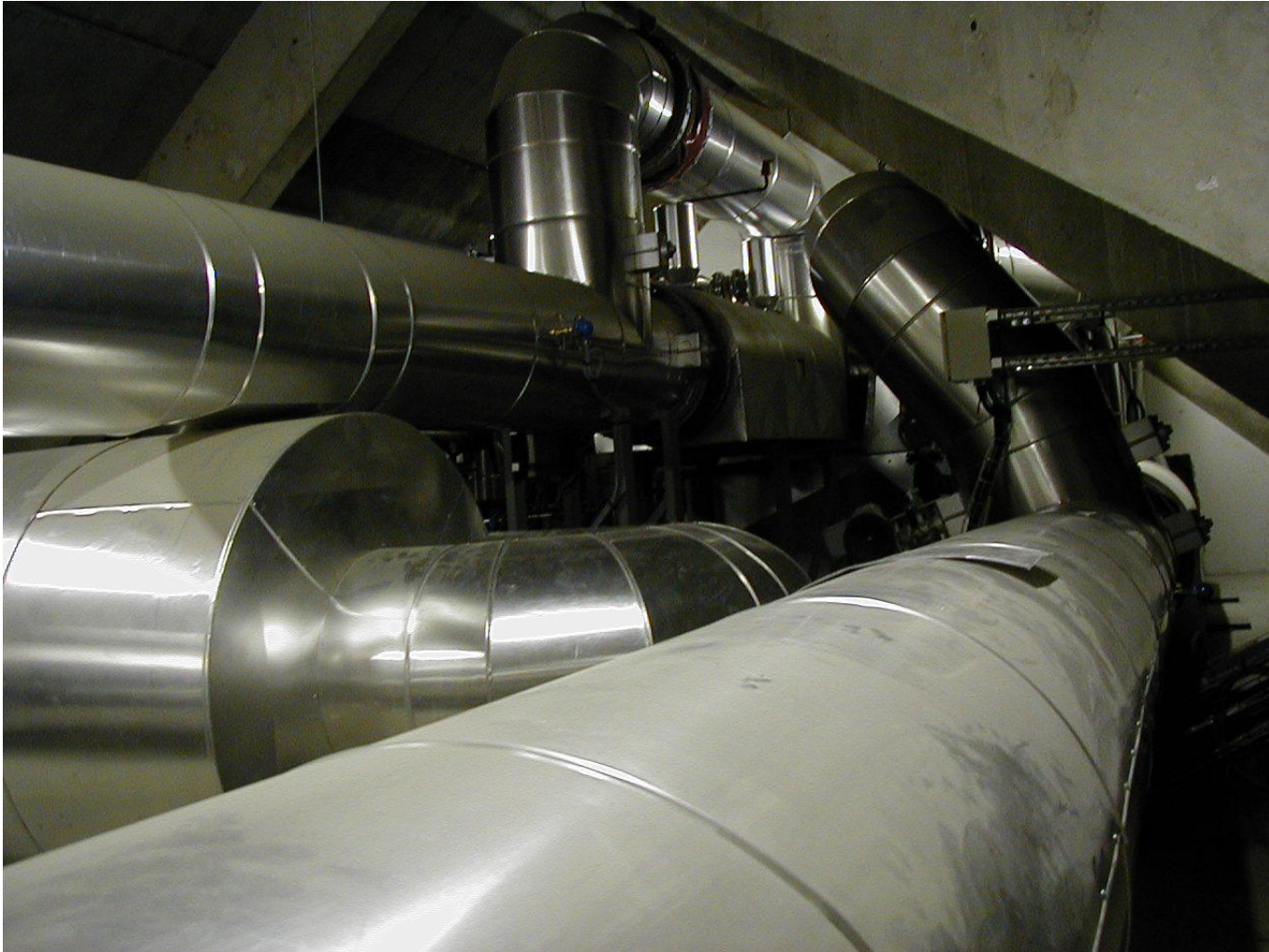
**Chaleur**  
**7 738 kW**

3 x Moteur 20 cylindres – 2800 kW mécanique ou 2100 CV

# Echangeur thermique (438 kW) sur eau de refroidissement du moteur



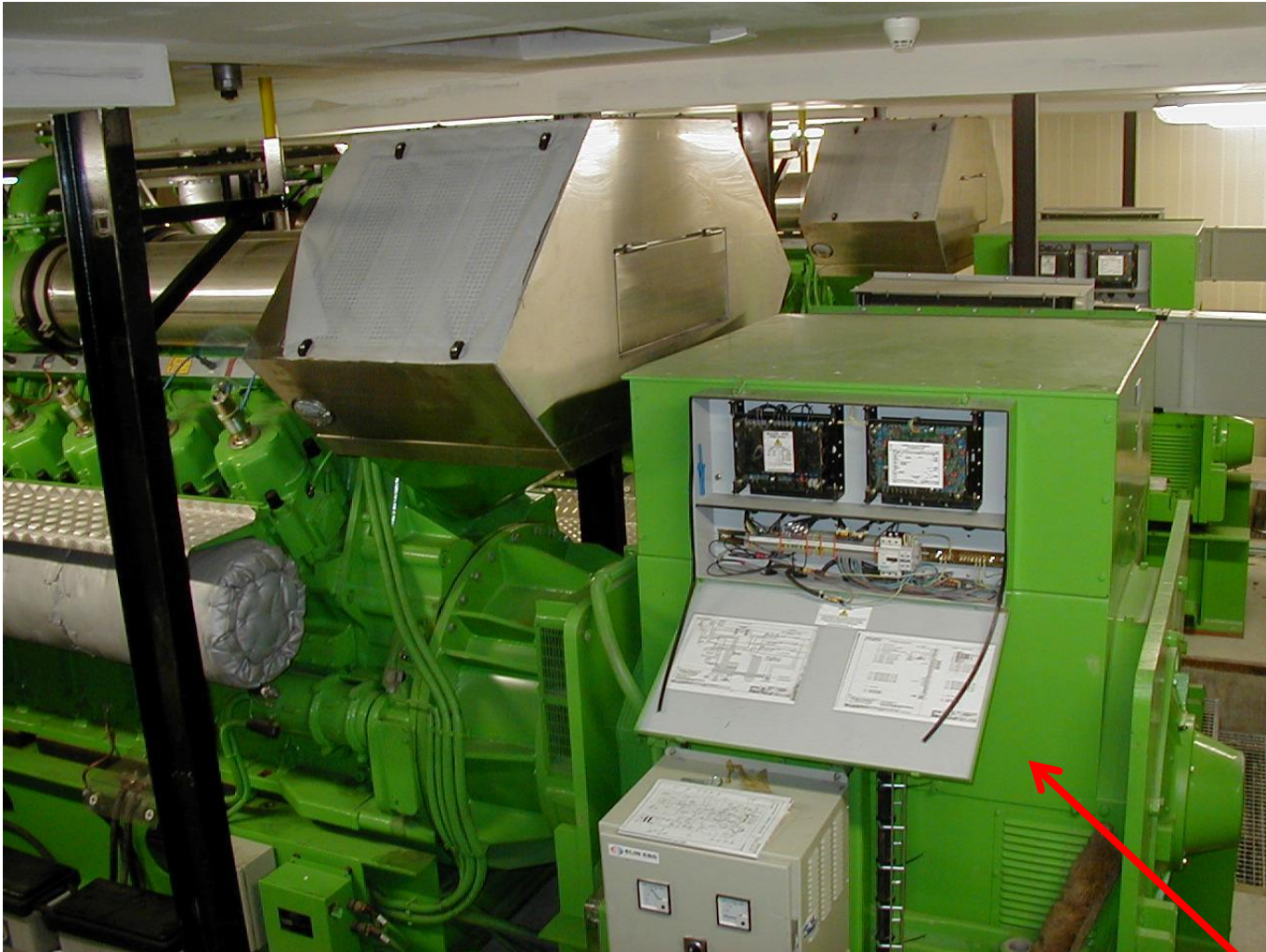
# Echangeur thermique (1484 kW) sur échappement à 420 °C



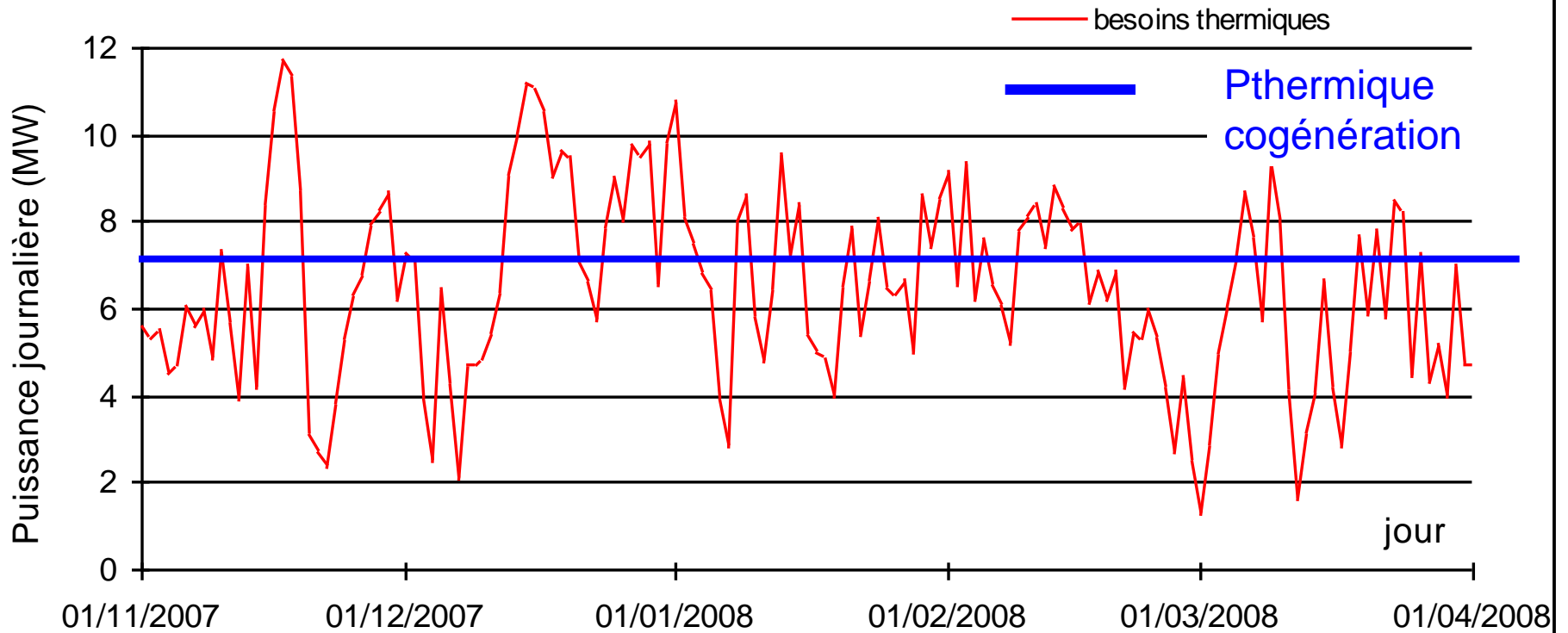
# Echangeur thermique (1484 kW) sur échappement à 420 °C







Alternateur 41  
2734 kW



Puissance thermique journalière (1er nov au 31 mars)

# Stockage de chaleur

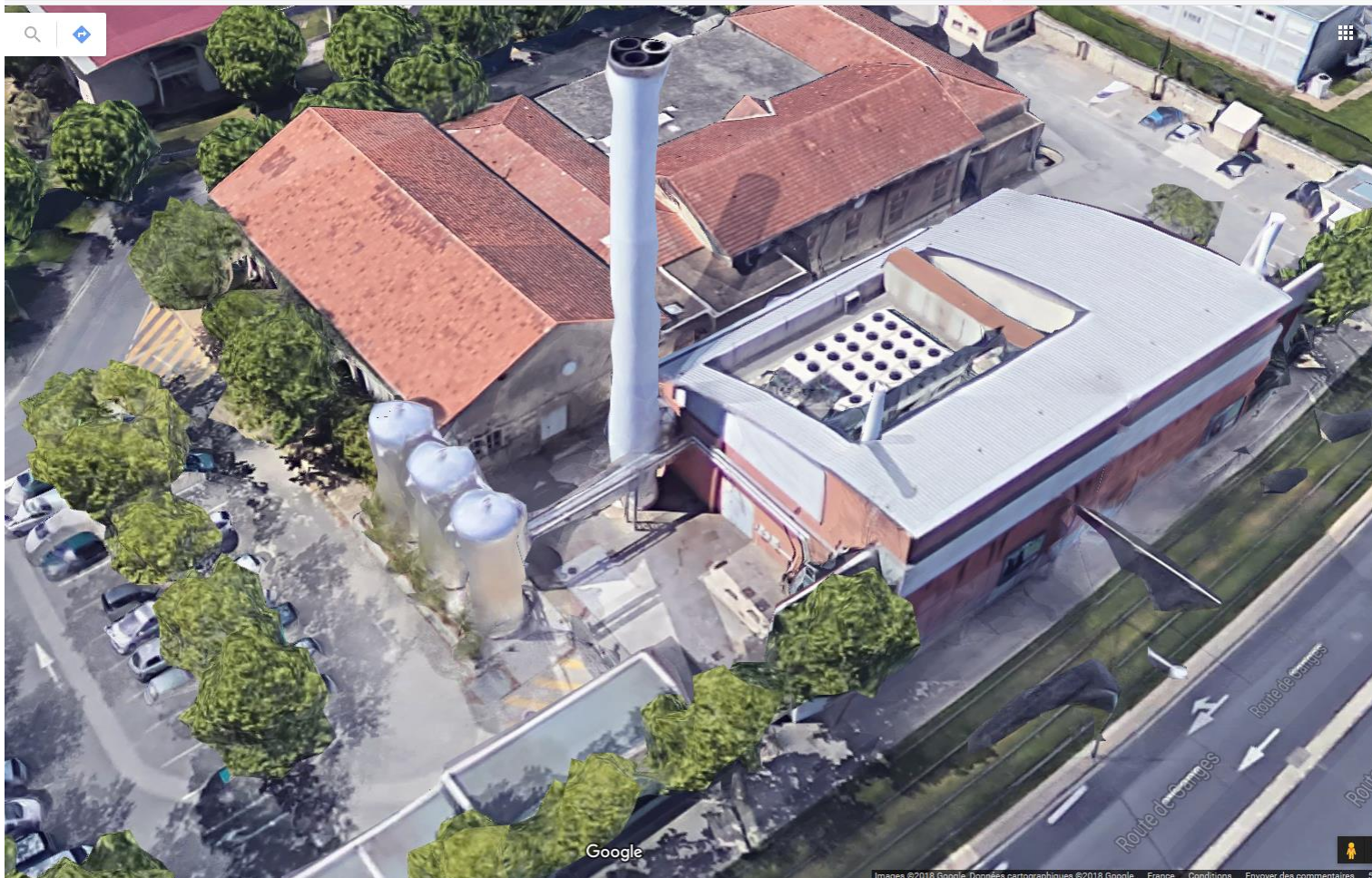
$210 \text{ m}^3 - 100^\circ\text{C}_{\text{max}} - 70^\circ\text{C}_{\text{min}} \rightarrow \sim 7 \text{ MWh}$  d'énergie thermique



$360 \text{ m}^3$  d'eau à 1000 m de hauteur  $\rightarrow 1 \text{ MWh}$  d'énergie potentielle

# Stockage de chaleur

$210 \text{ m}^3 - 100^\circ\text{C}_{\text{max}} - 70^\circ\text{C}_{\text{min}} \rightarrow \sim 7 \text{ MWh}$  d'énergie thermique



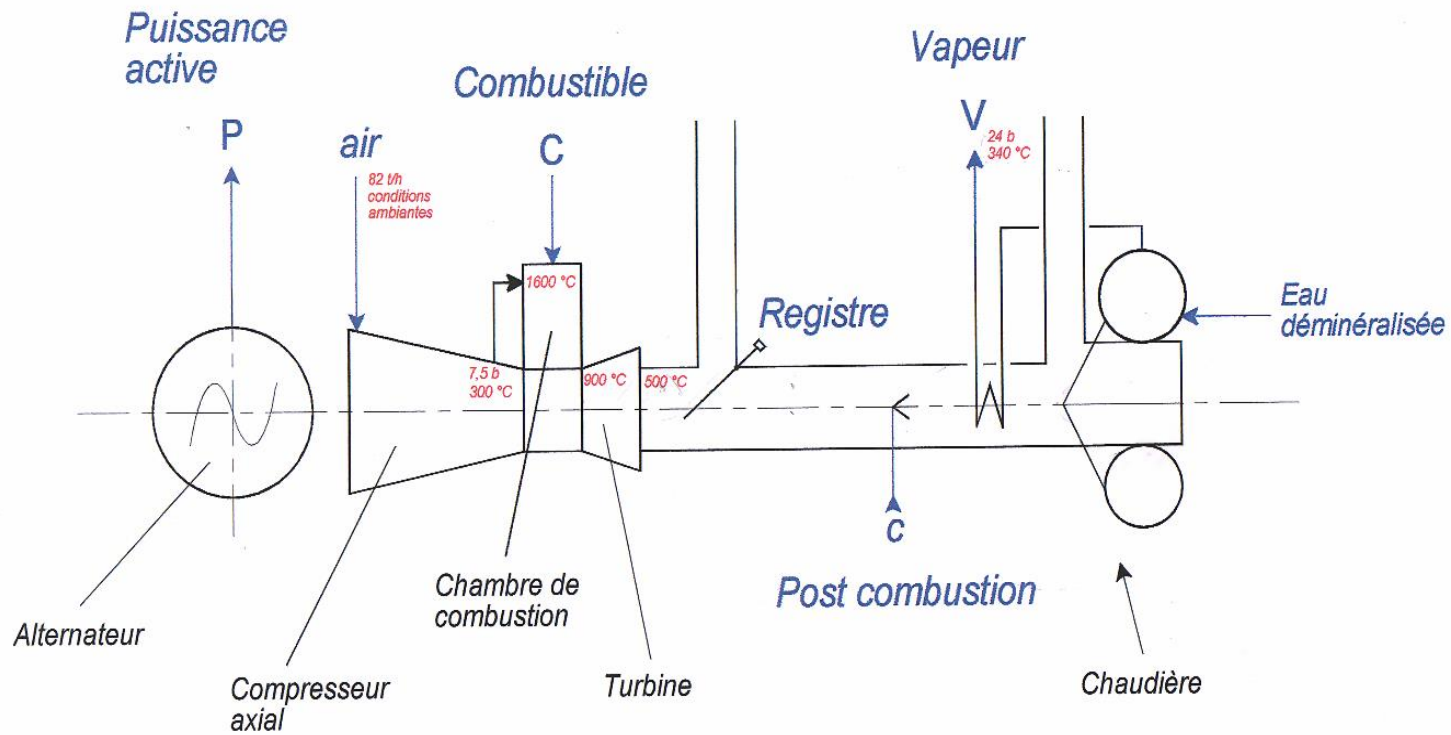
$360 \text{ m}^3$  d'eau à 1000 m de hauteur  $\rightarrow 1 \text{ MWh}$  d'énergie potentielle



*Société Anonyme de la Raffinerie des Antilles(SARA)*

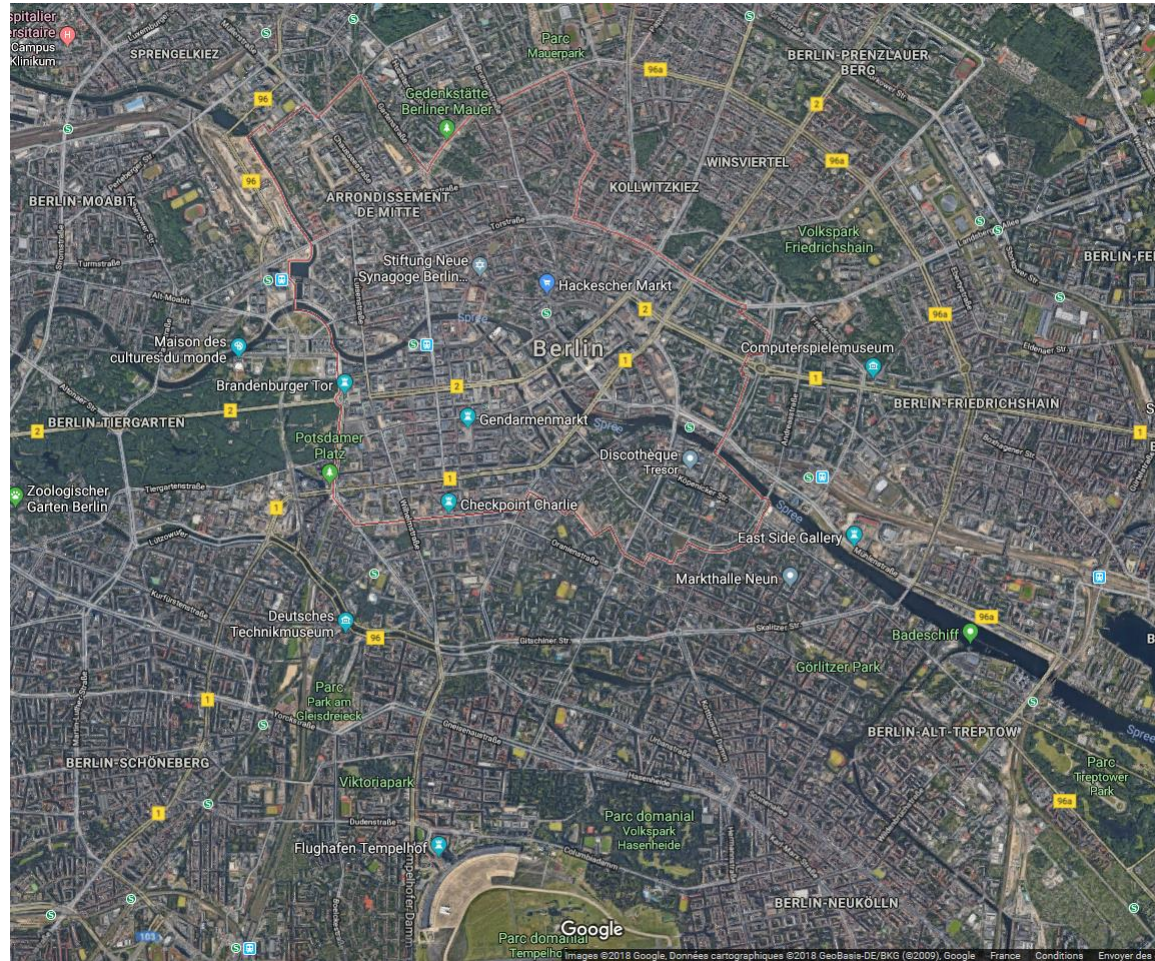
L'unité 32 est l'unité de production en énergie électrique. Elle dispose de deux Turbines A Gaz (T.A.G) 4,6 MW à cogénération qui permettent similairement de produire :

- de l'électricité par entraînement d'un alternateur
- de la vapeur par récupération des fumées de la combustion dirigées à travers un convoyeur, vers une chaudière



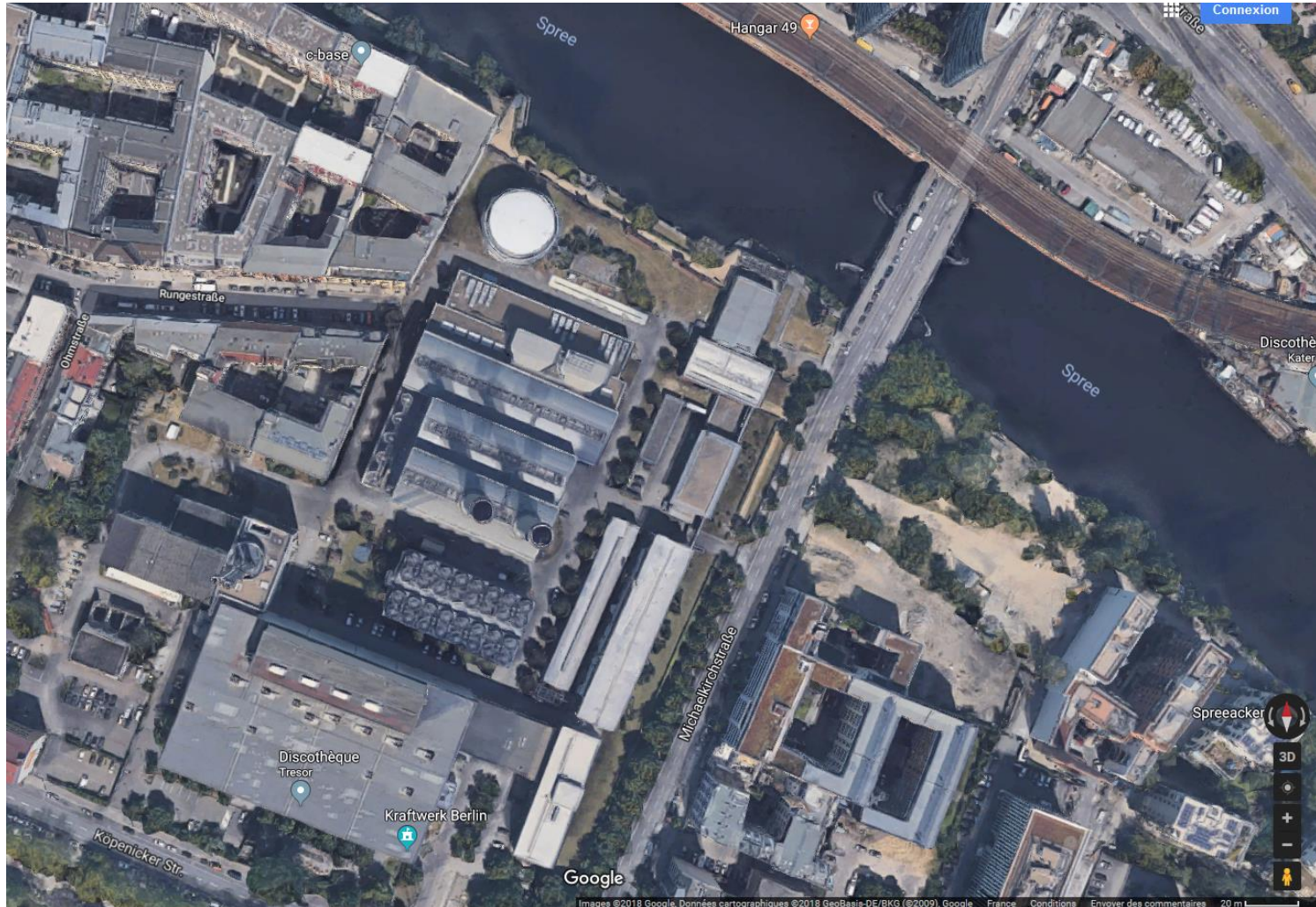
# Cogénération en Europe

# Berlin . Centrale cogénération      Mitte





# Berlin . Centrale cogénération Mitte



# Berlin . Centrale cogénération Mitte



444 MWe et 680 MWth

charbon / pétrole lourd gaz naturel )

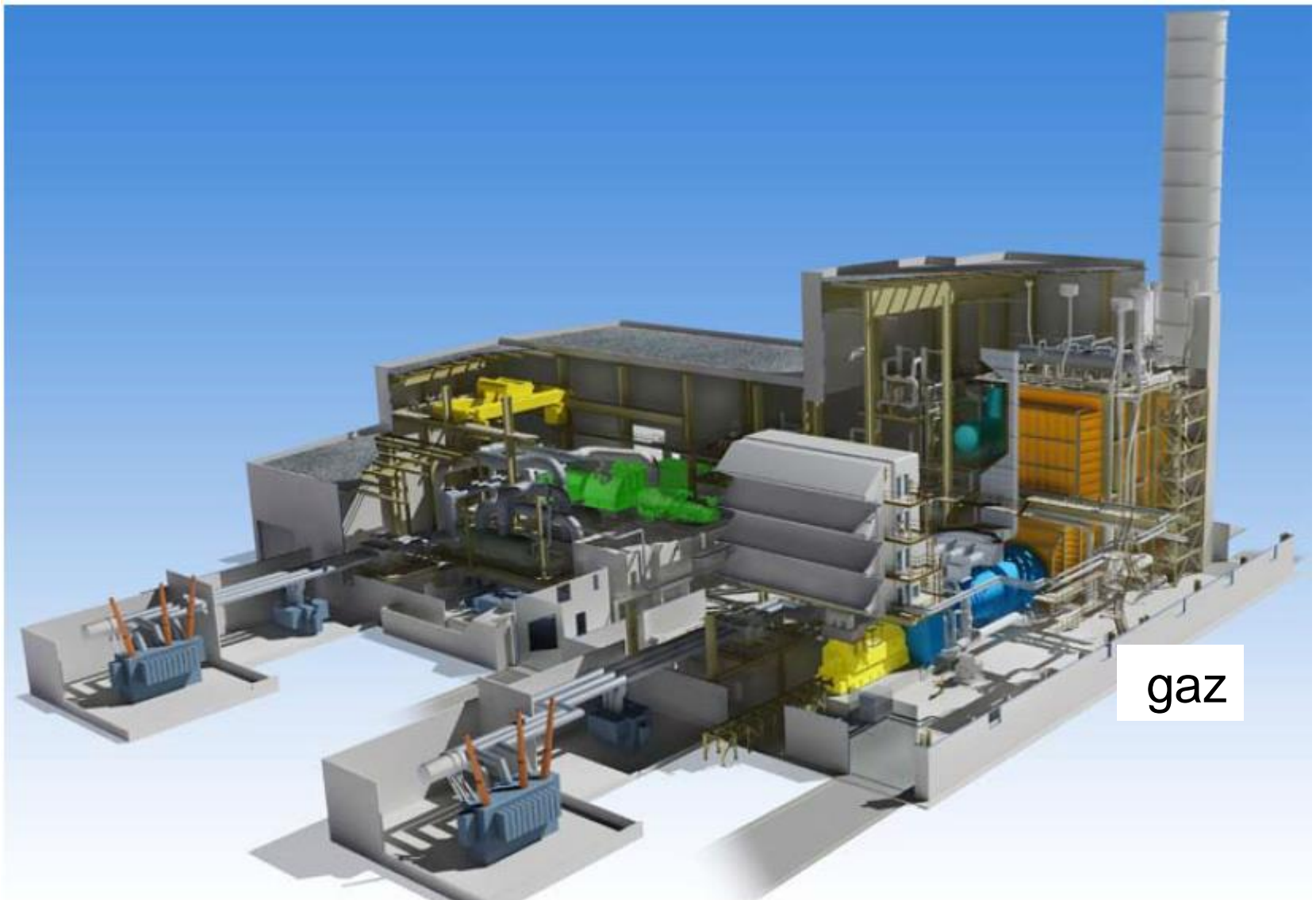
# Berlin . Centrale électrique (cogénération) Reuter Ouest



charbon / pétrole lourd

255 MWe et 363 MWth (par tranche)

# Moscou . Centrale TPP-26 [Mosenergo (Gazprom)]



Electric power 420MW and thermal power 265MW

# Avedøre / Copenhagen . Danemark



## Avedøre 2

4 combustibles  
différents:

- gaz naturel,
- pétrole,
- granulés de bois
- paille.

585 MWe +  
570 MWth

Chaleur → 130 000 foyers. Electricité → 1 million de foyers.

2 chaudières et 1 turbine à gaz naturel.

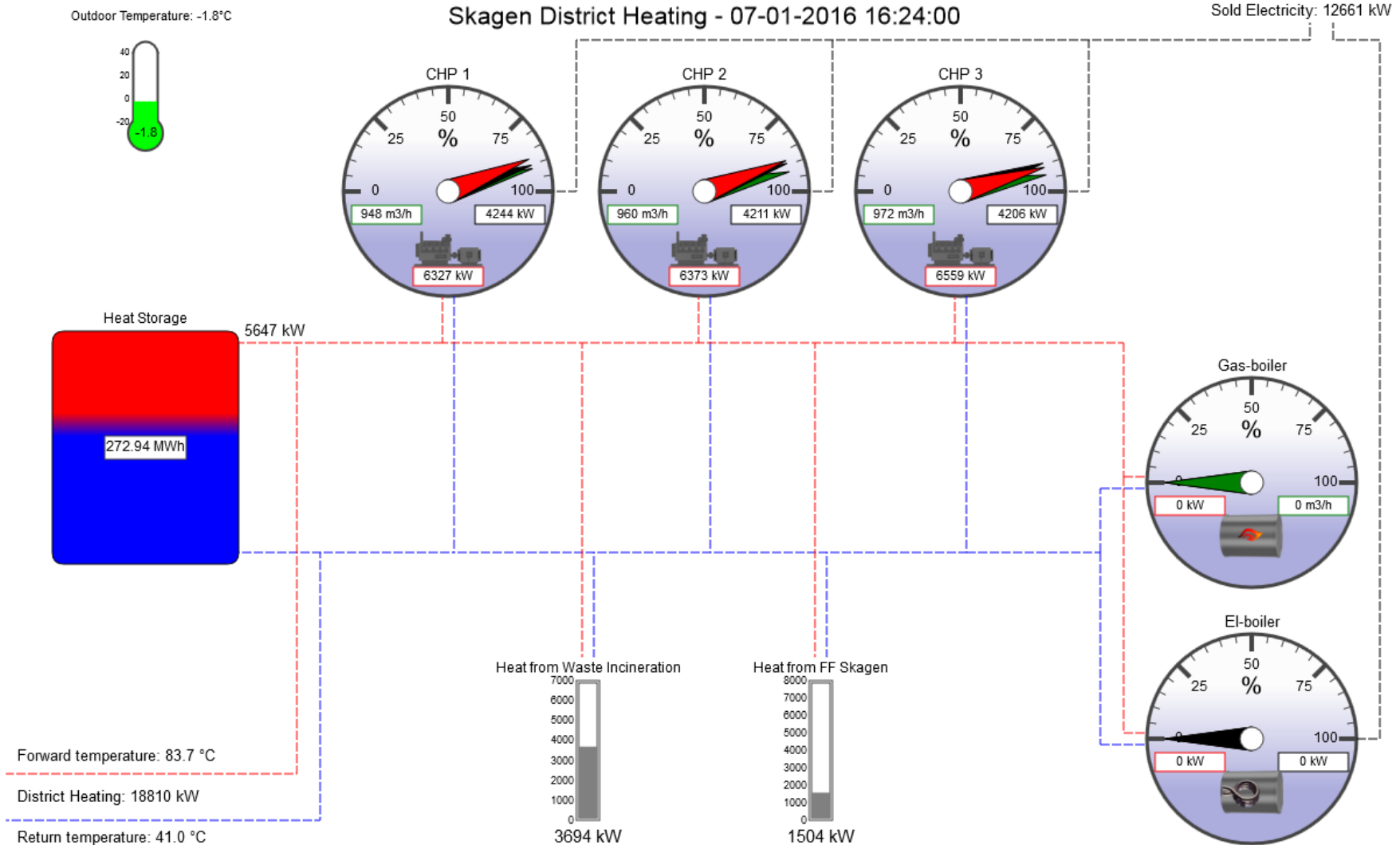
Chaudière à biomasse → matériaux ligno cellulaire (paille)

Chaudière à vapeur → gaz naturel, pétrole et granulés de bois.

# Skagen - DK

Number of consumers connected to the district heating network is 2,400.

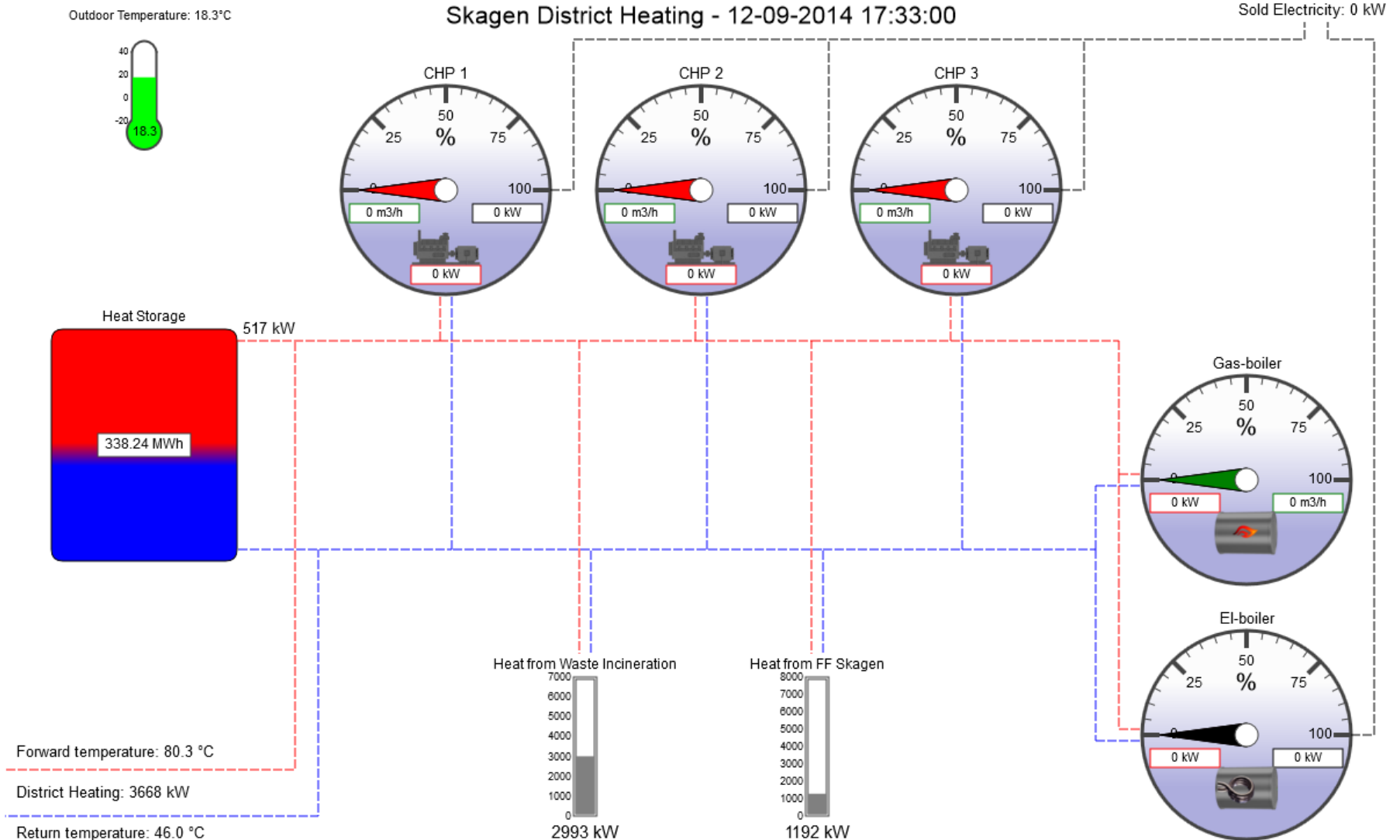
Heat storage tank : 4,150 m<sup>3</sup>



# Skagen - DK

Number of consumers connected to the district heating network is 2,400.

Heat storage tank : 4,150 m<sup>3</sup>



# Skagen - DK

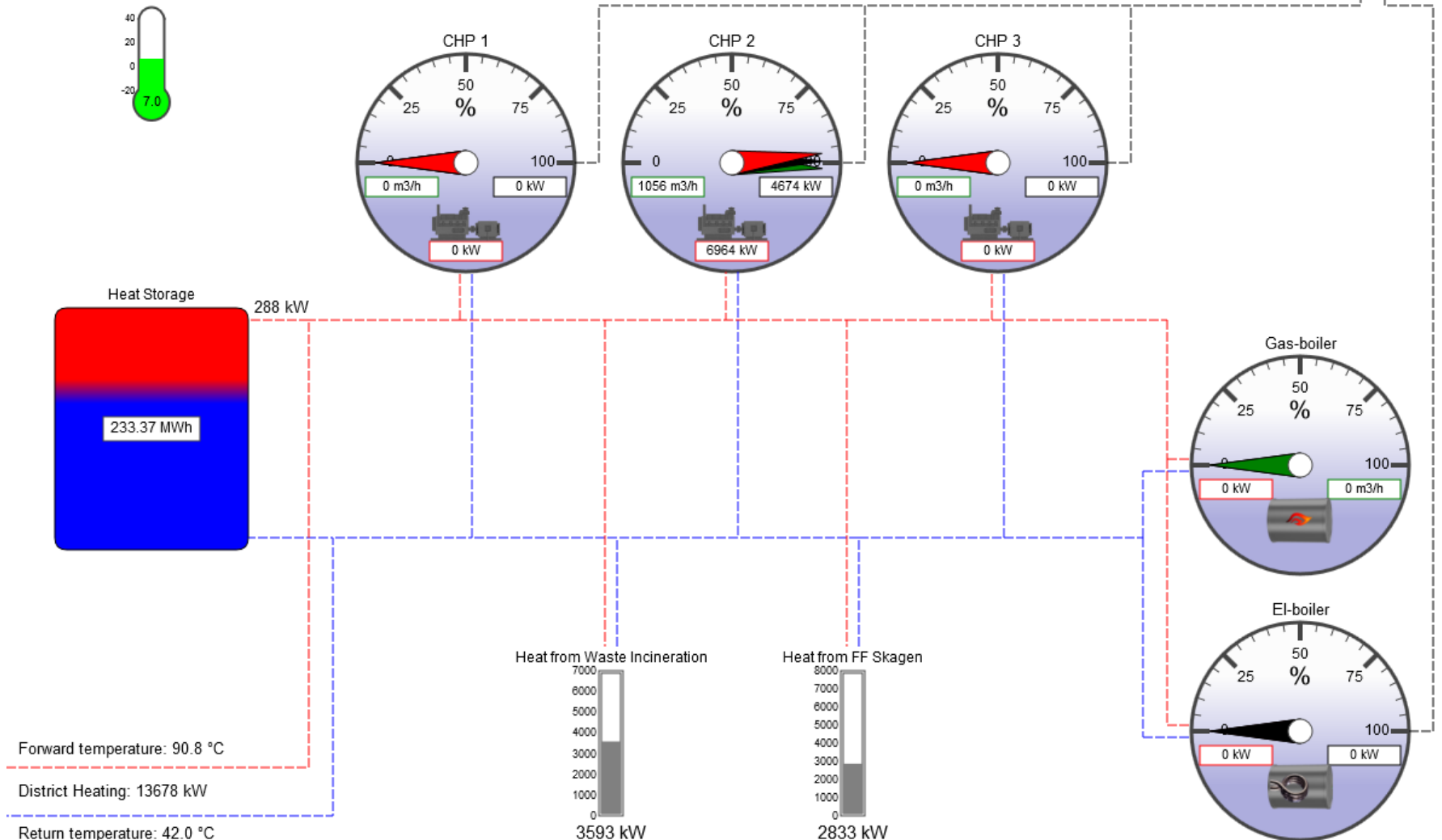
Number of consumers connected to the district heating network is 2,400.

Heat storage tank : 4,150 m<sup>3</sup>

Skagen District Heating - 14-02-2014 14:57:00

Outdoor Temperature: 7.0°C

Sold Electricity: 4674 kW



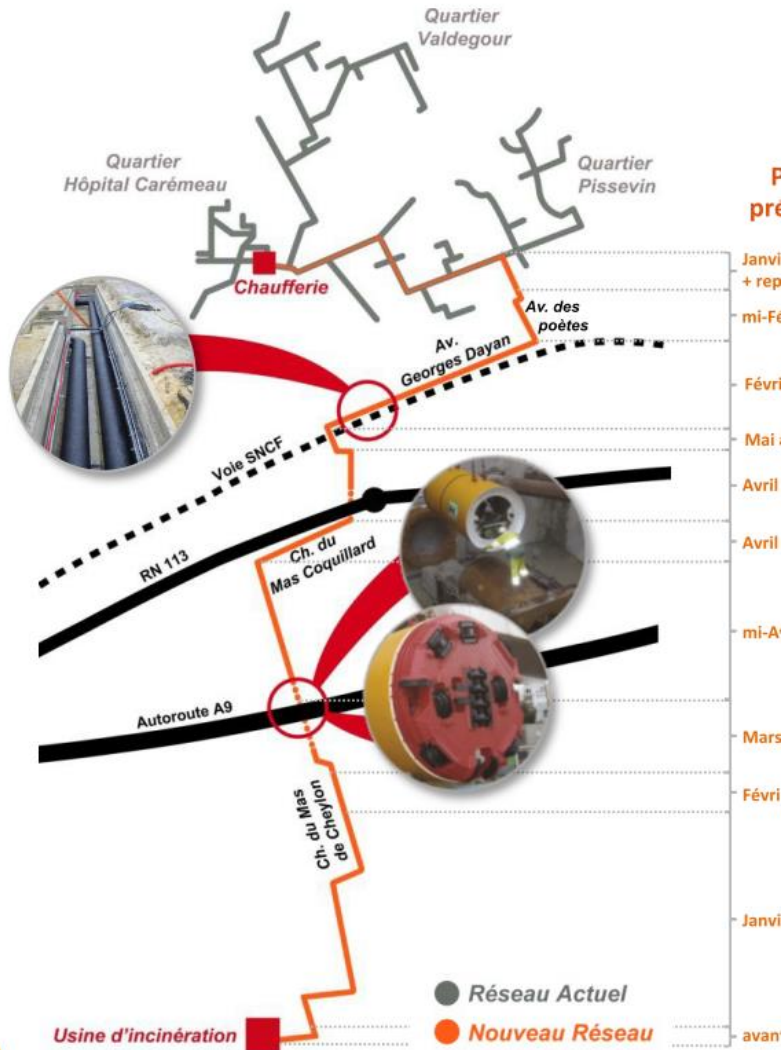


# Actualités régionales

# COGÉNÉRATION biomasse - UIOM

## Réseau de chaleur Nîmes

### Le tracé du nouveau réseau



Extension du réseau : 4.7 Km

Coût total de l'opération : 9.5 M€

Une **baisse significative du prix** moyen de la chaleur.

OM → vapeur →  
↪ TAV + Alternateur

6200 équivalents logements

Puissances cogénération : 20 MWth + 10 MWe

# Trigeneration, wood cogeneration, urban network cooling production by absorption of hot water

## URBAN Network :

300 000 m2 and 18 GWh uses by years



New building for wood CHP

Technology ORC  
Organic Rankine  
Cycle



### performance:

**Combined Heat and Power CHP 500 kWélec**  
**95% renewable heat**  
**Efficiency cogeneration > 84%**

Centrale biomasse Port-Marianne  
 8,3 MWth bois - 18 MW th gaz