

# DI MENSIONNEMENT D'UNE COGÉNÉRATION BIOMASSE

**Jacques Haushalter**

Responsable Commercial France et Suisse,  
Correspondant pour la Belgique francophone

Wärtsilä France sas - Power

1 rue de la Fonderie - BP1210

68054 MULHOUSE Cedex

Tél. fixe : 03 89 66 69 60

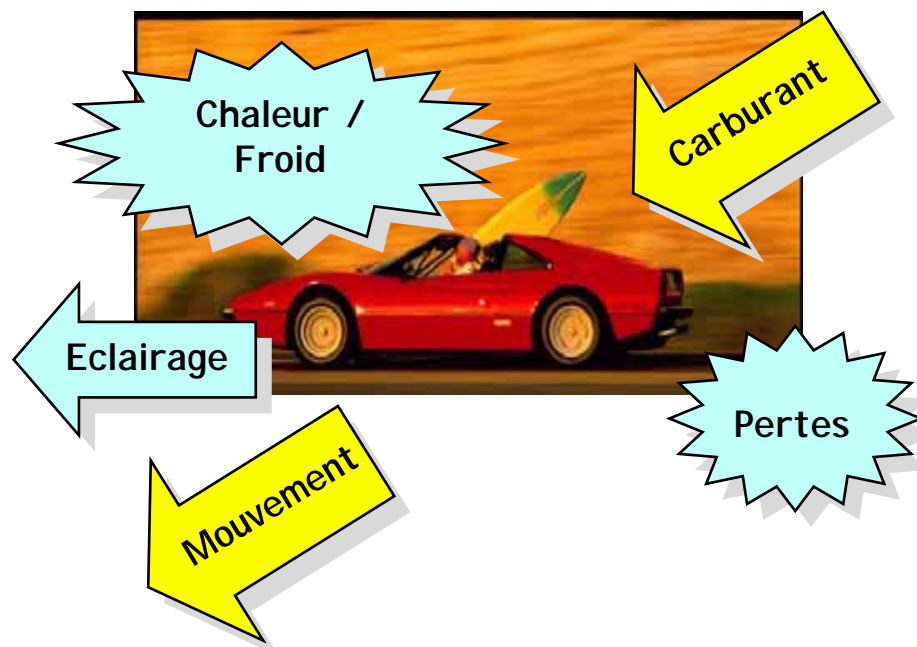
Tél. mobile : 06 07 86 50 54

E-mail : [jacques.haushalter@wartsila.com](mailto:jacques.haushalter@wartsila.com)



# Définition de la Cogénération

- La cogénération consiste en la production simultanée et l'utilisation d'énergie mécanique ou électrique et de chaleur, à partir d'une seule machine et à partir d'une seule source d'énergie primaire.
- Exemple de cogénérateur : la voiture automobile



- La cogénération peut se décliner sous forme de production de plus de deux énergies : exemple trigénération, quadrigénération, etc...

# Machines et techniques de Cogénération

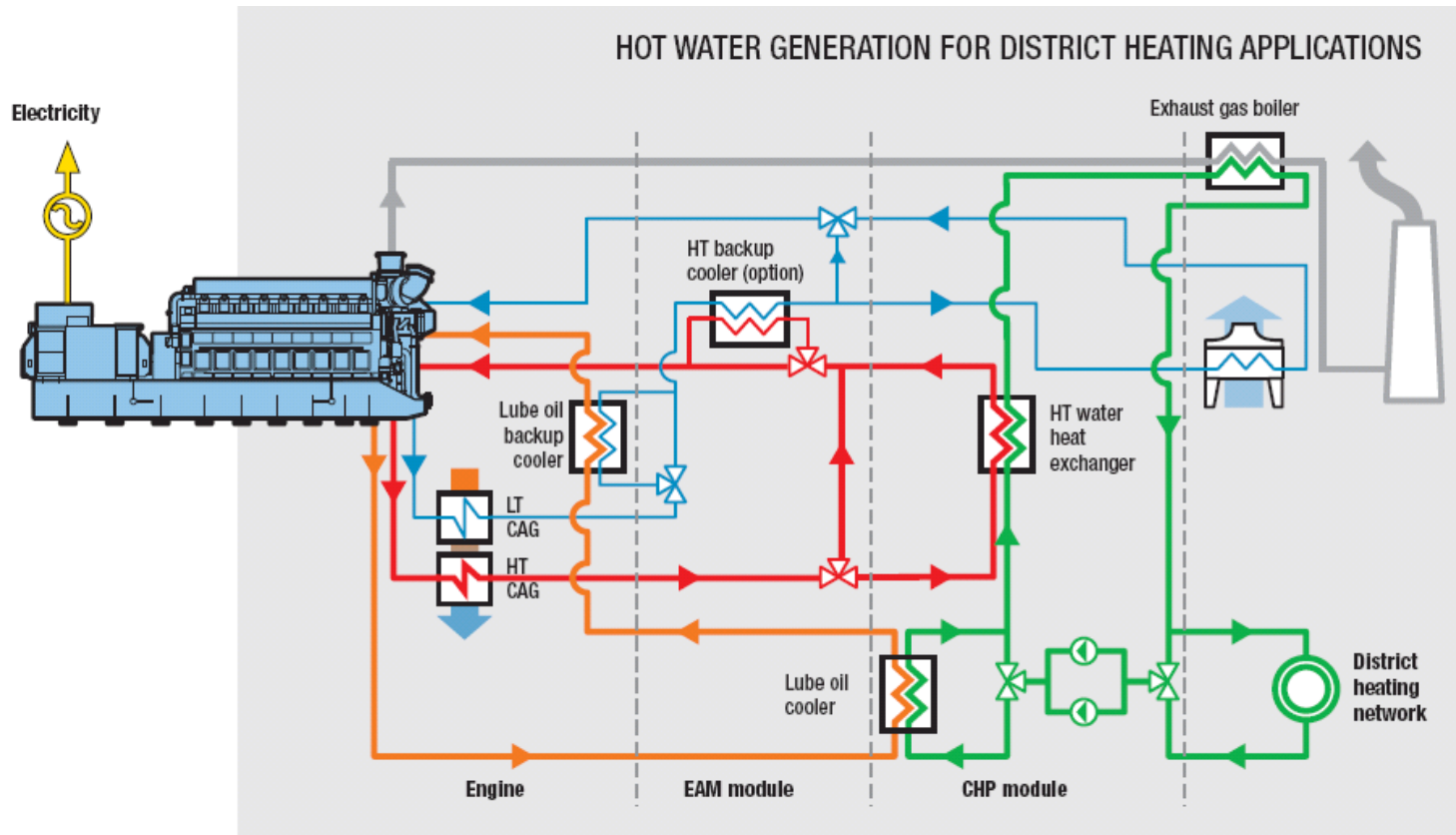
- Le combustible est traditionnellement d'origine fossile, majoritairement du gaz naturel, mais il peut aussi être liquide (fioul domestique, fioul lourd, ...) ou renouvelable tel que le biogaz ou d'origine biomasse par gazéification ou méthanisation.
- La machine est traditionnellement le moteur alternatif ou la turbine à gaz.
- Pour la biomasse : différentes techniques avec différentes machines de cogénération :
  - Moteur à combustion interne :  
Moteur alternatif : gazéification
  - Machine à combustion externe :  
Ensemble chaudière à vapeur et turbine à vapeur :  
Cycle de Rankine

# La cogénération par gazéification

- Le gaz de gazéification est produit à partir de biomasse solide sèche pulvérulente dans un gazéificateur,
- Le gaz épuré est brûlé dans un moteur à gaz,
- L'énergie mécanique du moteur est transformée en électricité par un alternateur,
- L'énergie thermique produite par le moteur sur les circuits d'échappement, d'eau de refroidissement et d'huile de lubrification sont récupérables pour une utilisation thermique industrielle ou climatique sur un réseau de chaleur,
- Les différents circuits sont à différentes températures,
- Les besoins thermiques doivent être en adéquation avec les températures des circuits et notamment les températures de retour des circuits hydrauliques

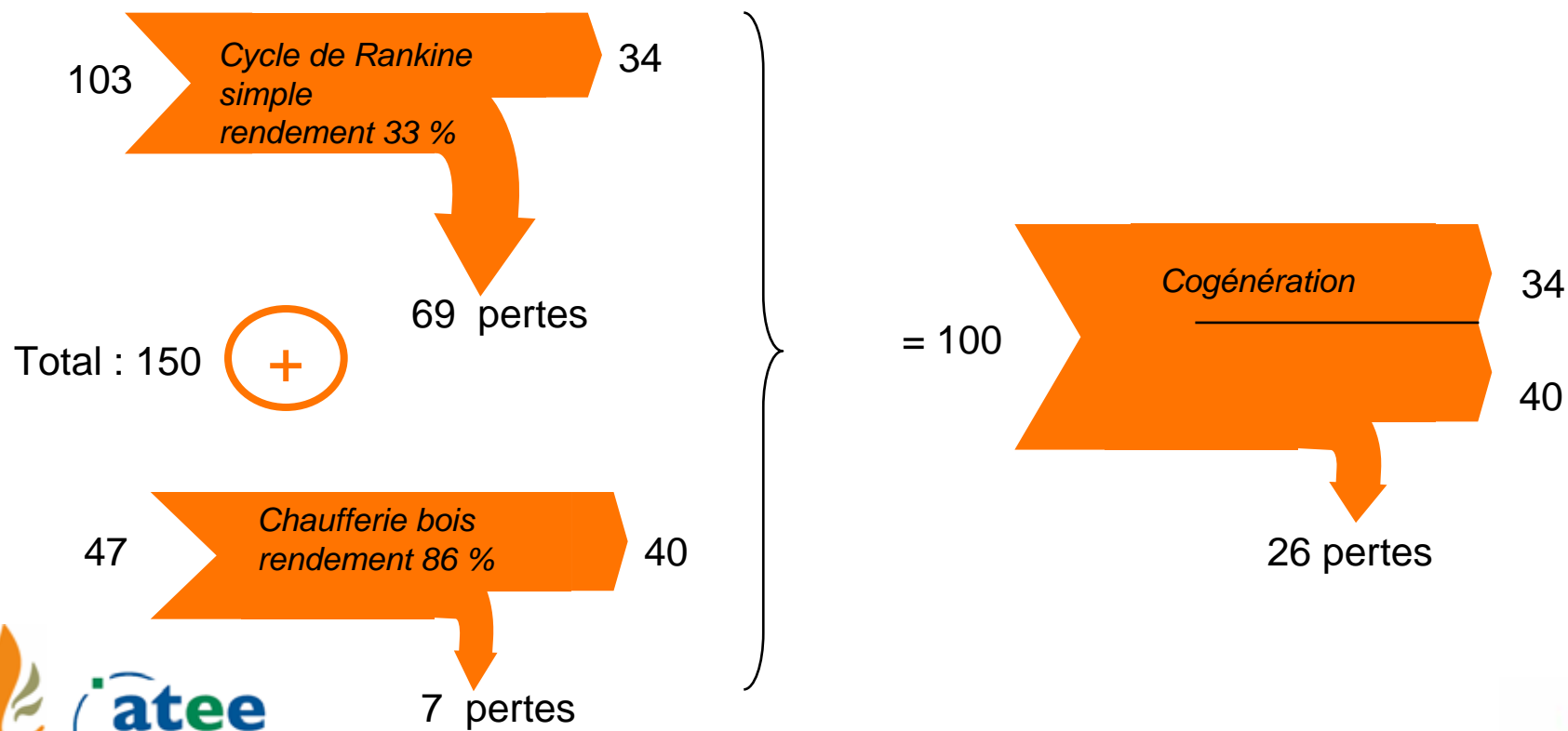
# La cogénération par moteurs alternatifs

- Les systèmes de production thermiques et d'électricité sont développés pour optimiser la puissance électrique et la chaleur à partir de la biomasse :



# Intérêt de la Cogénération a moteurs

- Deux énergies avec une seule machine :  
1 cogénération = 1 centrale électrique + 1 centrale de chauffe  
Exemple : 1 Cycle de Rankine bois + 1 chaufferie bois



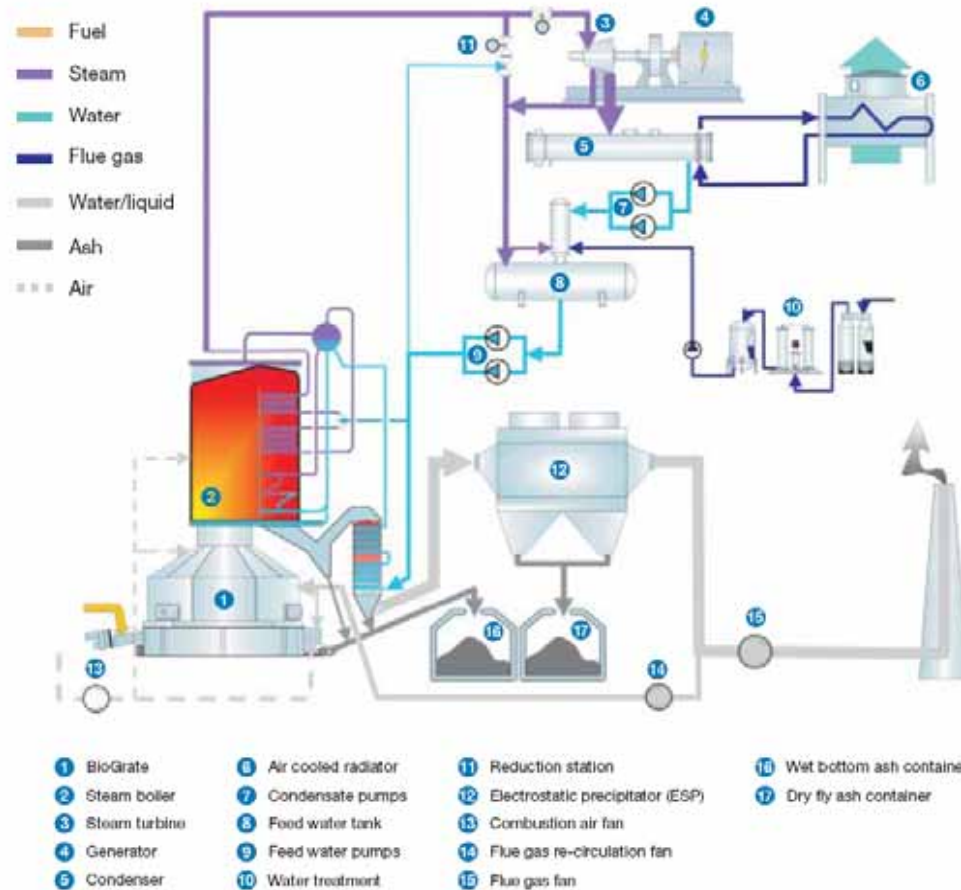
# La cogénération par Cycle de Rankine

- La biomasse est brûlée dans un foyer adéquat,
- Les gaz de combustion produisent de la vapeur surchauffée à forte pression dans une chaudière,
- La vapeur est détendue dans une turbine à vapeur,
- L'énergie mécanique de la turbine est transformée en électricité par un alternateur,
- L'énergie thermique nécessaire à la production de chaleur est prélevée à différents niveaux de l'installation selon le niveau de température et de pression requis par les circuits de distribution thermique :
  - Soutirage de vapeur avant la turbine,
  - Soutirage de vapeur entre étages de la turbine,
  - Utilisation de la vapeur en sortie turbine ou utilisation de la chaleur de condensation de la vapeur.



# La cogénération par cycle de Rankine

- Les systèmes de production thermiques et d'électricité sont développés pour optimiser la puissance électrique et la chaleur à partir de la biomasse:

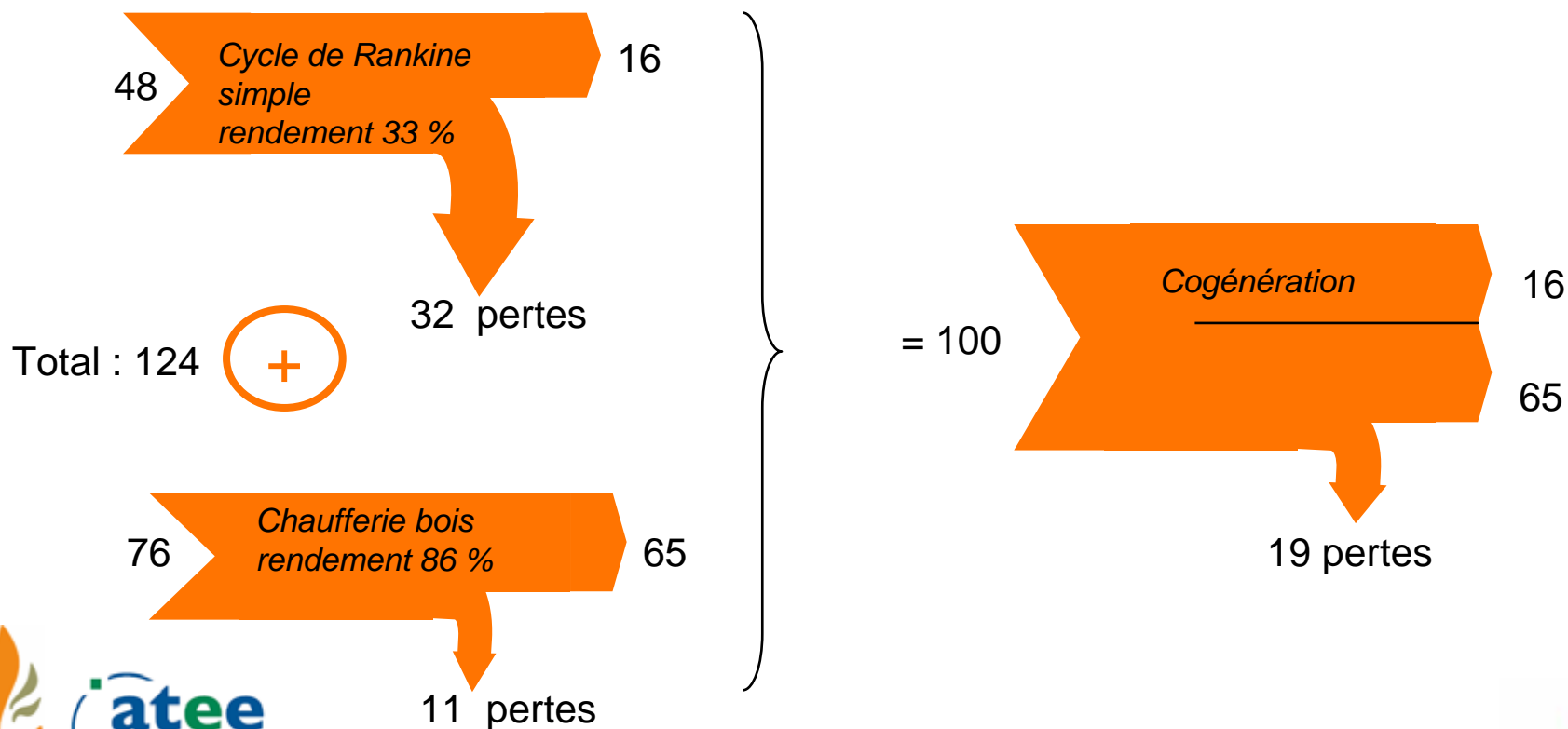


Flow diagram BioPower 5 CEX



# Intérêt de la Cogénération

- Deux énergies avec une seule installation :  
1 cogénération = 1 centrale électrique + 1 centrale de chauffe  
Exemple : 1 cycle de Rankine simple + 1 chaufferie bois



# Pertinence de la cogénération

- La pertinence de la cogénération s'apprécie au travers d'un coefficient d'Economies d'Énergies primaires.
- $E_p = 1 - Q / (E/R_e + C/R_{th})$
- La Communauté Européenne prend en compte les rendements des systèmes de production séparés utilisant la même énergie de base : Décision du 21 décembre 2006.

Exemple : Une cogénération biomasse se substitue à une production électrique de rendement 33 %, et une production thermique de rendement 86%.

- Les critères de cogénération pris en compte en France pour tout type de combustible sont éloignées de ces valeurs car considérant un cycle combiné gaz naturel de 650 MWe.

Pour le tarif cogénération les rendements pris en compte au niveau français sont respectivement de 54% et 85 à 90%

# Cogénération à Moteurs alternatifs

- Les Economies d'Energies Primaires sont d'autant plus importantes que les systèmes thermiques alimentés permettent d'épuiser la chaleur.
  - Sur un moteur l'énergie thermique est répartie de la manière suivante :
    - 22% sur les échappements à environ 400°C ramenés à 110°C,
    - 13% sur le circuit d'eau HT qui refroidit l'eau des culasses et la passe HT du RAS, à 80/95°C
    - 5% sur le circuit d'huile à 65/75°C.
    - 4% sur le circuit BT d'eau de refroidissement du RAS, à 33/38°C
- Ex. : production d'eau à 50/90°C, rdt thermique = 40%,  $E_p = 20\%$   
production d'eau à 70/90°C, rdt thermique = 34%,  $E_p = 16\%$   
production d'eau à 85/105°C, rdt thermique = 26%,  $E_p = 9\%$   
production d'eau à 90/115°C, rdt thermique = 21%,  $E_p = 4\%$   
production de vapeur à 4 bar(a), rdt thermique = 17%,  $E_p = 0\%$

# Cogénération par Cycle de Rankine

- Là aussi les Economies d'Énergies Primaires sont d'autant plus importantes que les systèmes thermiques alimentés permettent d'épuiser la chaleur.
- Production d'eau à 50/90°C :  
rdt électrique = 16%, rdt thermique = 65%,  $E_p = 18\%$
- Production d'eau à 90/115°C :  
rdt électrique = 13%, rdt thermique = 67%,  $E_p = 14\%$
- Production de vapeur à 4 bar(a) par dérivation :  
rdt électrique = 9%, rdt thermique = 61%,  $E_p = 0\%$
- Production de vapeur à 2 bar(a) par soutirage :  
rdt électrique = 17%, rdt thermique = 52%,  $E_p = 11\%$

# Pertinence de la cogénération

- Ainsi pour toute cogénération, il faut épuiser la chaleur produite sur des réseaux à température la plus basse possible.
- De plus réaliser des réseaux à basse température diminue les pertes thermiques en ligne des réseaux.
- Il existe aujourd'hui de grandes opportunités avec les planchers chauffants basse température
- Dans les pays nordiques les réseaux de chaleur sont à 50/90°C pour maximiser les économies d'énergies primaires auxquelles ils sont sensibles du fait de leur climat.
- Dans le cas de besoins de vapeur, l'Ep peut être atteinte s'il y a additionnellement des besoins de chaleur à basse température.

# Cas de la cogénération sur site industriel

- Historiquement et antérieurement à la cogénération à moteurs, la cogénération par cycle de Rankine était pratiquée pour satisfaire simultanément les besoins de process et les besoins électriques des industries, notamment textiles et papetières.
- Aujourd'hui les opportunités de l'obligation d'achat par EDF de l'électricité produite avec des Enr ou par cogénération, ou les appels d'offre CRE, permettent le redéveloppement des cogénérations, à condition de respecter les cahiers des charges, et notamment les conditions de rendements globaux:
  - 50% pour l'appel d'offre CRE I I
  - 25 ou 50% pour le projet de tarif.

# Cas de la cogénération sur site industriel

- Plus les besoins de chaleur sont à haute pression et/ou à haute température,
- Plus le rendement thermique de cogénération est faible.
- En dessous d'un certain seuil la cogénération n'est plus applicable.
  
- Solutions :
  - Favoriser des sites ayant des besoins de chaleur constants et à basse température
  - Rechercher des besoins complémentaires de chaleur à basse température :
    - Process de séchage,
    - Chauffage de locaux,



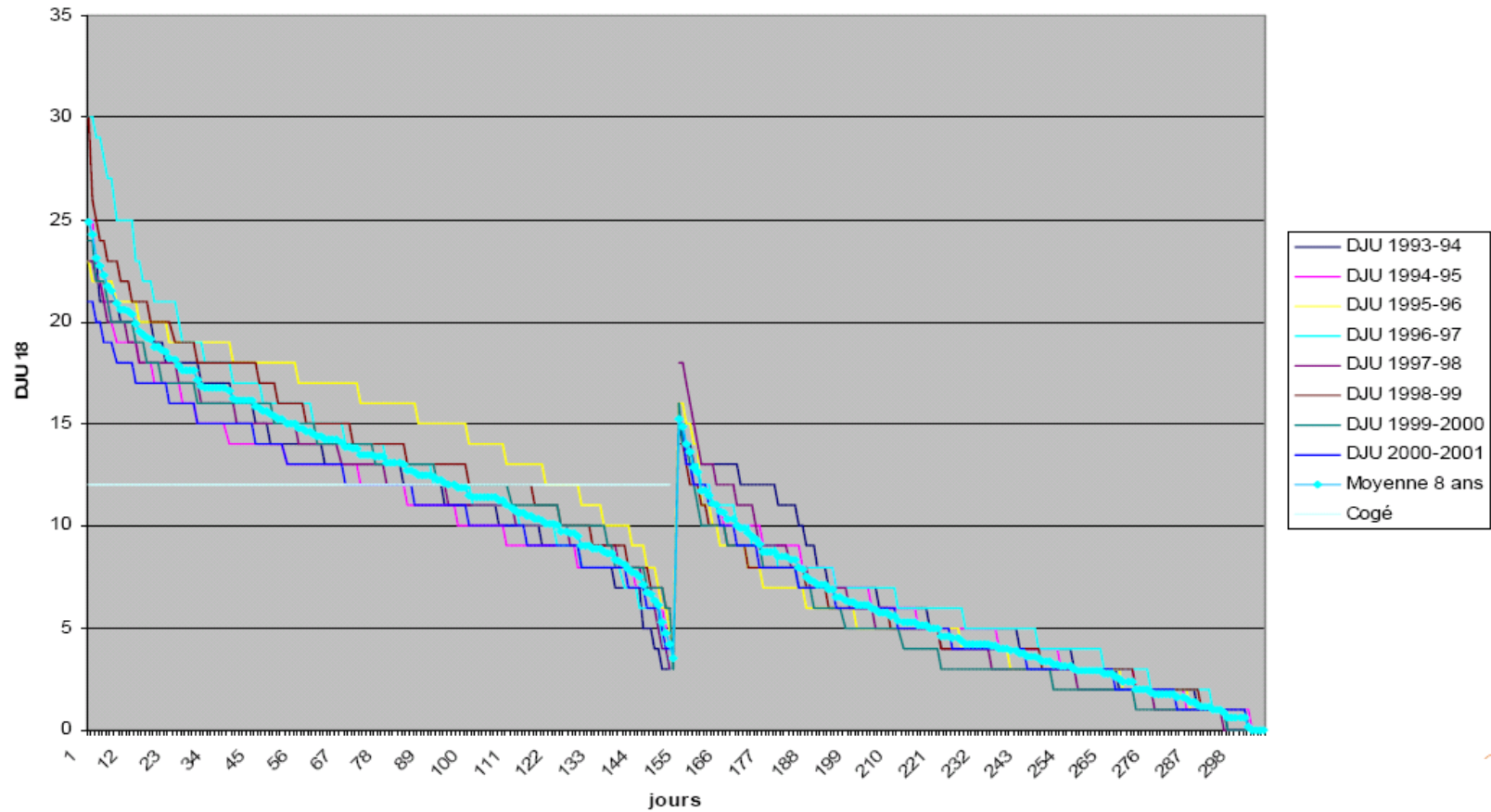
# Cas de la cogénération sur réseau de chaleur

- Les besoins de chaleur sont variables durant l'année,
- Dimensionner la cogénération pour un fonctionnement limité à la période d'hiver,
- Prendre connaissance des conditions de fonctionnement entre les différents tarifs d'obligation d'achat pour définir la période et la durée de fonctionnement.
- Normalement une cogénération climatique ne fonctionne qu'environ 3 500 à 4 000 heures par an (3 623 heures pour le tarif cogénération)
- Les réseaux de chaleur existants sont habituellement à 70/90°C pour les petits réseaux, et à 85/105°C pour les réseaux moyens comprenant des sous-stations et des réseaux secondaires d'immeubles : rechercher des possibilités d'abaisser les températures de retour des circuits de chauffage.

# Cas de la cogénération sur réseau de chaleur

- Tracer la monotone des besoins thermiques du site:

Monotones Hiver-Eté Mulhouse de 1993 à 2001



# Cas de la cogénération sur réseau de chaleur

- Favoriser un bon Ep (ou un bon rendement global) en évacuant un minimum de chaleur aux aéros,
- Se baser sur les monotones d'au mois 7 à 8 années passées :

Années	DJU 18		Taux de récupération	Ep
Trentenaire 1951-1980	2 234	100 %	-	
1993-94	1 960	88 %	89 %	
1994-95	1 865	83 %	<b>88 %</b>	10.637
1995-96	2 356	<b>105 %</b>	<b>96 %</b>	13.410
1996-97	2 166	97 %	90 %	
1997-98	1 971	88 %	91 %	
1998-99	2 202	99 %	94 %	
1999-2000	2 060	92 %	94 %	
2000-2001	1 840	<b>82 %</b>	89 %	
<b>Moyenne</b>	<b>2 053</b>	<b>92 %</b>	<b>91 %</b>	<b>11.723</b>

# Cas de la cogénération sur réseau de chaleur

- Vérifier que pour l'année la plus défavorable, pas forcément la plus chaude (i.e. 93-94 et non 2000-2001), l'Ep, ou le rendement global reste bien supérieur au minimum réglementaire :

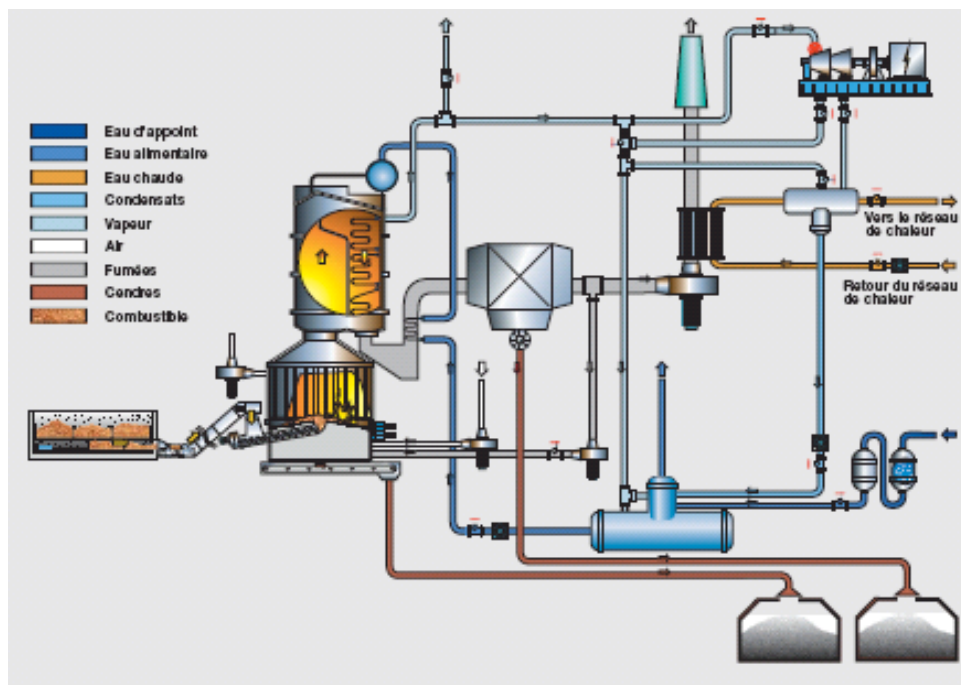
	Taille 12 DJU18		Taille 16 DJU18	
	Taux de récupération	Ep	Taux de récupération	Ep
Mini	88,47 %	10,637	74,01 %	4,982
Maxi	96,25 %	13,410	89,11 %	10,872
Moyenne	91,46 %	11,723	79,53 %	7,223

- Ne pas surdimensionner les cogénérations : sensibilité moins forte aux variations climatiques.

# Cas de la cogénération sur réseau de chaleur

- L'expérience des pays nordiques :

En Suède aucune centrale de cogénération biomasse n'est équipée de condenseurs. La condensation de la vapeur en sortie turbine à vapeur se fait par les retours des réseaux de chauffage généralement aux alentours de 40 à 50°C.



# Cas de la cogénération sur réseau de chaleur

- Dans ce cas il est même possible de récupérer de la chaleur de condensation des fumées :

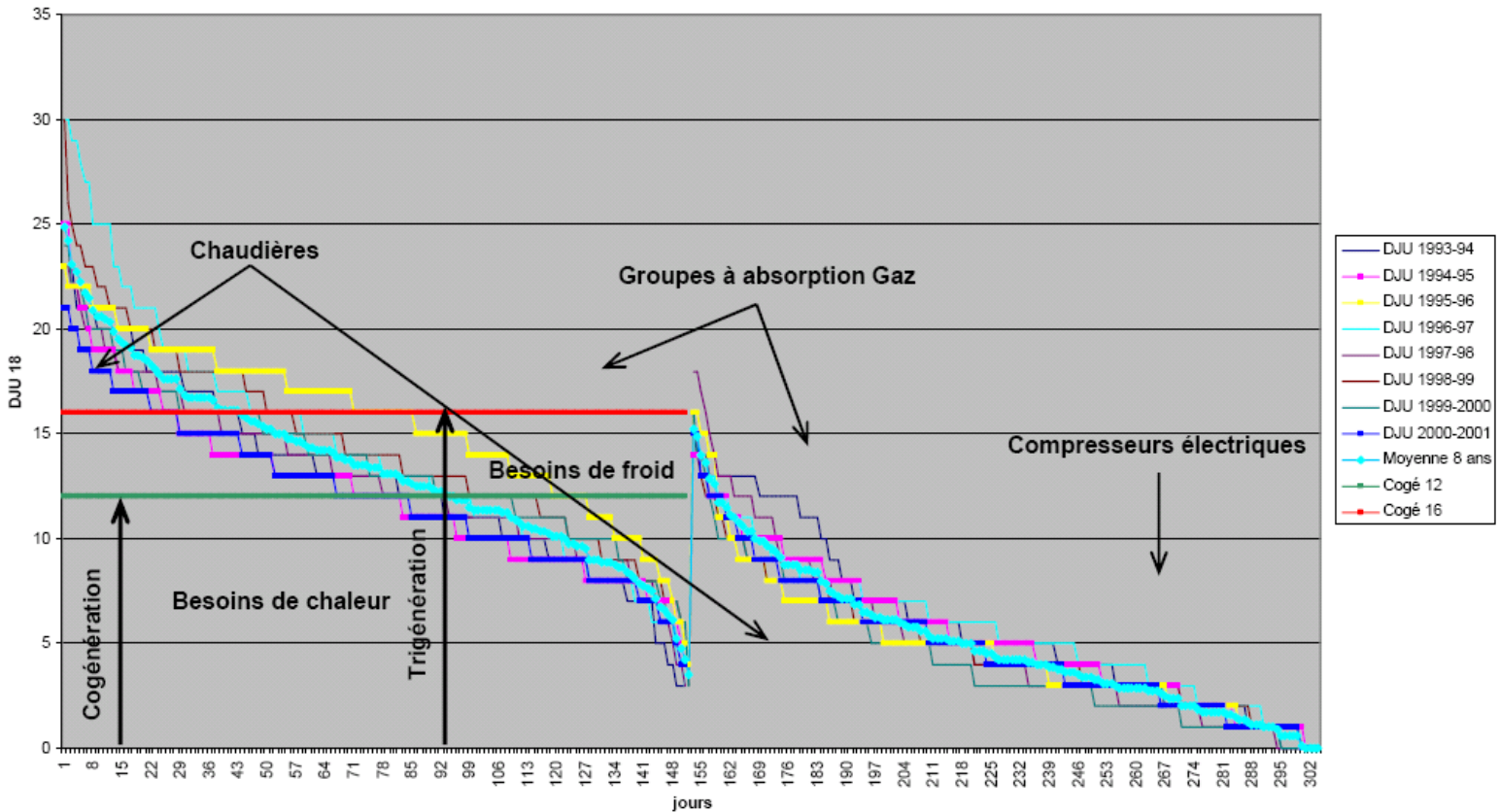
Trollhättan : 3,6 MWe + 17 MWth (12,5 produits par la vapeur à contre-pression issue de la turbine + 4,5 MWth issus de la condensation des fumées)



# Opportunités de la trigénération

- Production de froid avec des groupes à absorption durant les périodes où il n'y a pas de besoin de chaleur :

Monotones Hiver-été Mulhouse de 1993 à 2001

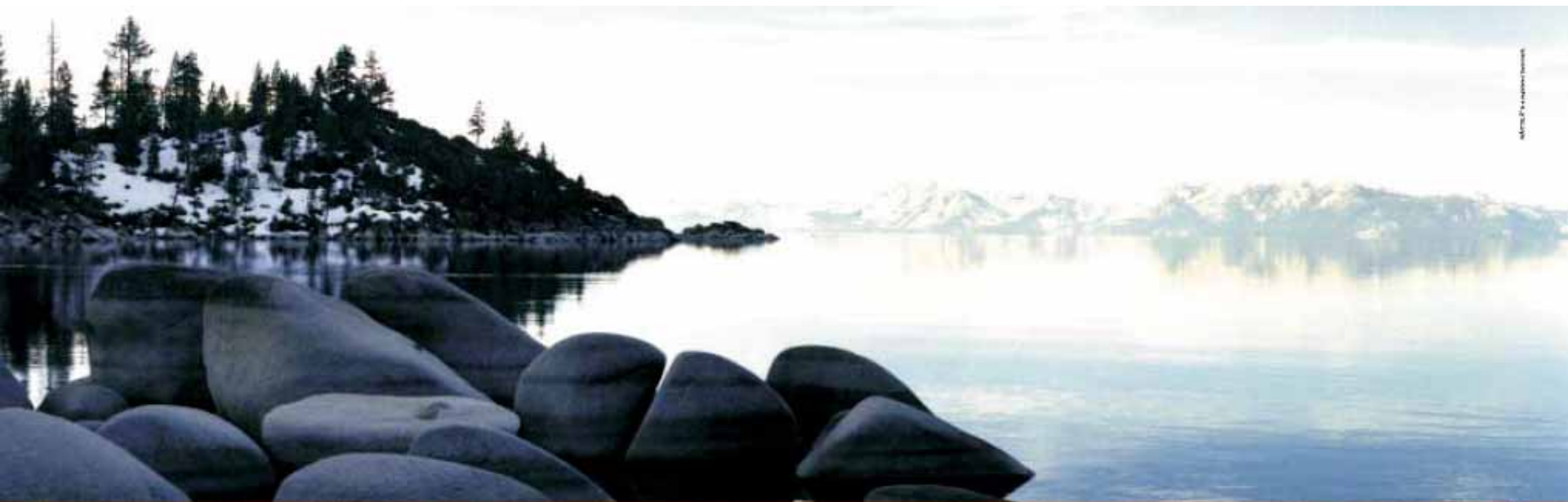




# Acheminement du combustible

- Last but not least :
  - Une centrale à cycle de Rankine de 5 à 7 MWe consomme :
    - 26 MW PCI entrants de biomasse,
    - Soit 10 tonnes de bois à l'heure,
    - Ou 34 m<sup>3</sup>/h
    - Soit 20 semi-remorques par jour
    - Annuellement pour 8 000 heures de fonctionnement la consommation de bois est de 82 000 t/an ou 270 000 m<sup>3</sup>/an

Merci, et n'hésitez pas à nous confier vos projets,...



## RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT AVEC DES TECHNOLOGIES HAUT RENDEMENT ET BASSES ÉMISSIONS.

Le monde est conscient des problèmes énergétiques et du réchauffement climatique. Nous sommes plus de 13 000 hommes et femmes dans le monde dont la motivation est d'atteindre les objectifs de nos clients, y compris les économies d'énergies primaires et l'usage d'énergies renouvelables. Visitez nos réalisations sur [wartsila.com](http://wartsila.com).

[WARTSILA.COM](http://WARTSILA.COM)

Wärtsilä à Mulhouse : 1, rue de la Fonderie, BP 1210, 68054 Mulhouse Cedex • Tél. : 03 89 66 69 60  
• Fax : 03 89 66 66 50 • [www.wartsila.com](http://www.wartsila.com) • E-mail : [contact.power.fr-ch@wartsila.com](mailto:contact.power.fr-ch@wartsila.com)



WÄRTSILÄ