



CIBE



Journée technique

le jeudi 25 octobre 2018
à AMIENS - ÉTOUVIE (80)



**Chaufferie biomasse et écart de température
d'eau : les solutions de la performance**

Condensation biomasse via pompe à chaleur : mise en œuvre et retour d'expérience

Juha Järvenreuna, Directeur Général de Caligo Industria Oy

Version française, traduite de la présentation originale en anglais



CALIGO

C L E A N E F F I C I E N C Y

Journée Technique CIBE
25 octobre 2018

Caligo Industria Oy

- ❖ Entreprise fondée le 1^{er} août 2013.
- ❖ Propriétaires : détenue à 51% par Elomatic Oy et à 49% par le Management.
- ❖ Établissements à Turku et Jyväskylä, en Finlande.
- ❖ L'entreprise possède ses propres installations de R&D pour la mise en œuvre de prototypes et des essais.
- ❖ Collaborateurs : 7 ingénieurs + achat de prestations d'ingénierie auprès d'Elomatic.
- ❖ Niveau d'études du personnel : Maîtrise en thermodynamique, génie des procédés, automatisme et chimie.
- ❖ Expérience : 5 (minimum) à 30 ans en génie thermodynamique et technologies de lavage.
- ❖ Fabrication externalisée chez des partenaires spécialisés.
- ❖ Des marchés clés dans les pays nordiques et la France.

Encore aujourd'hui un gros volume de chaleur fatale (et pourtant potentiellement valorisable !) et d'argent part dans l'atmosphère au travers des cheminées des centrales énergétiques du monde entier.

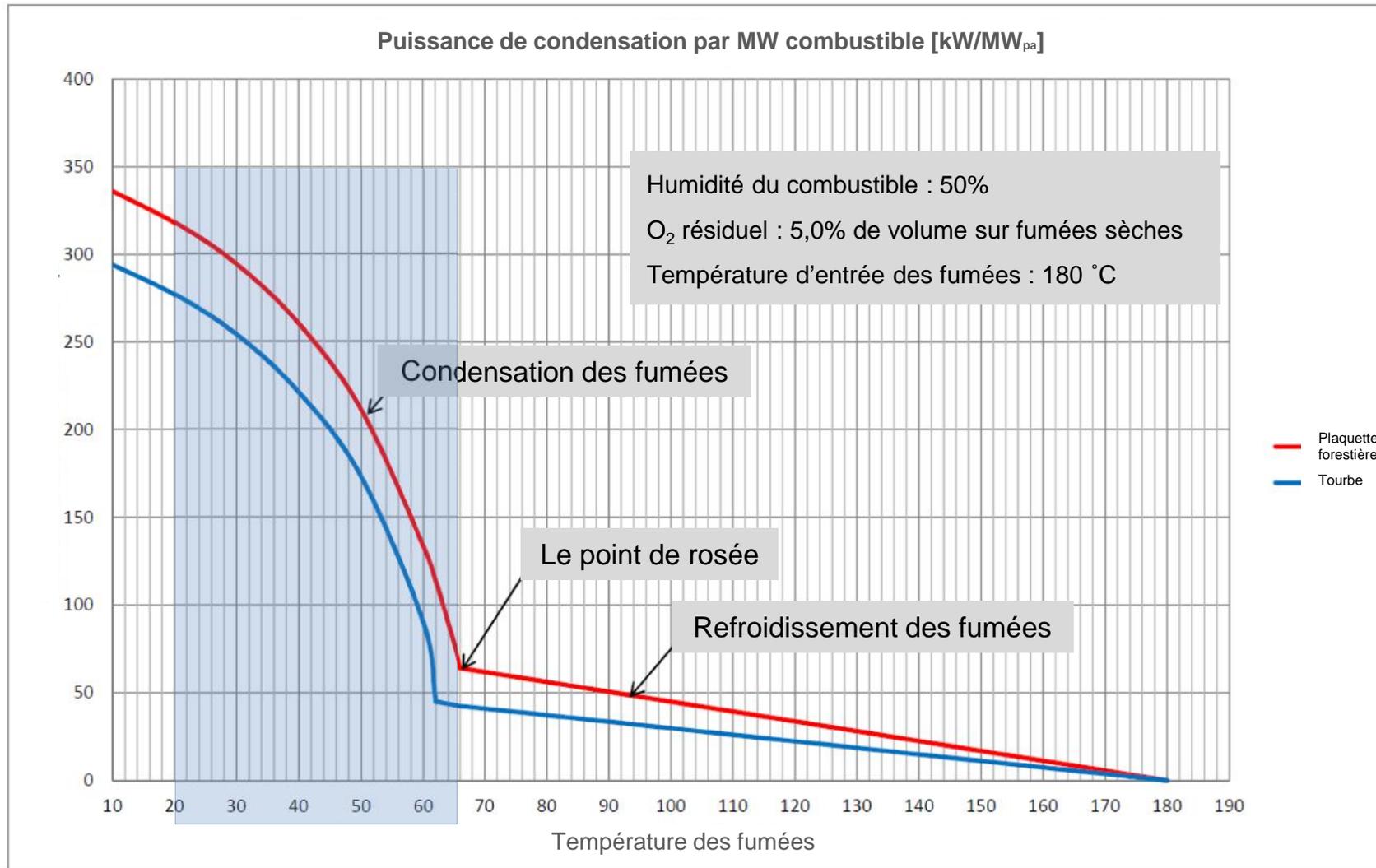
Nous fournissons aux énergéticiens des solutions innovantes, et économiquement viables, pour le traitement des fumées et la valorisation de la chaleur fatale.

170 °C

30 °C

Chaleur latente

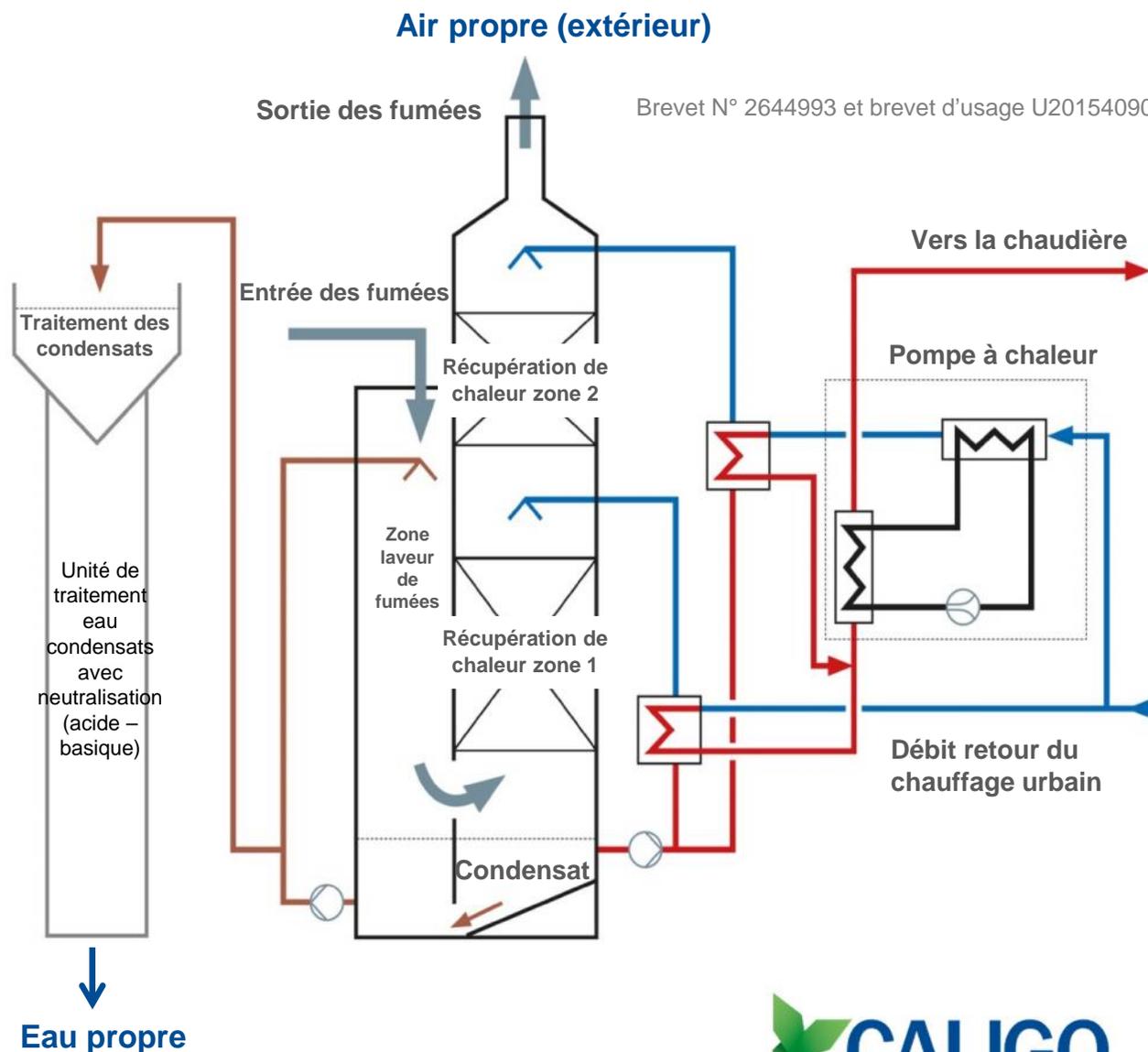
Un élément essentiel de puissance dans la thermodynamique de condensation



La thermodynamique derrière l'application brevetée

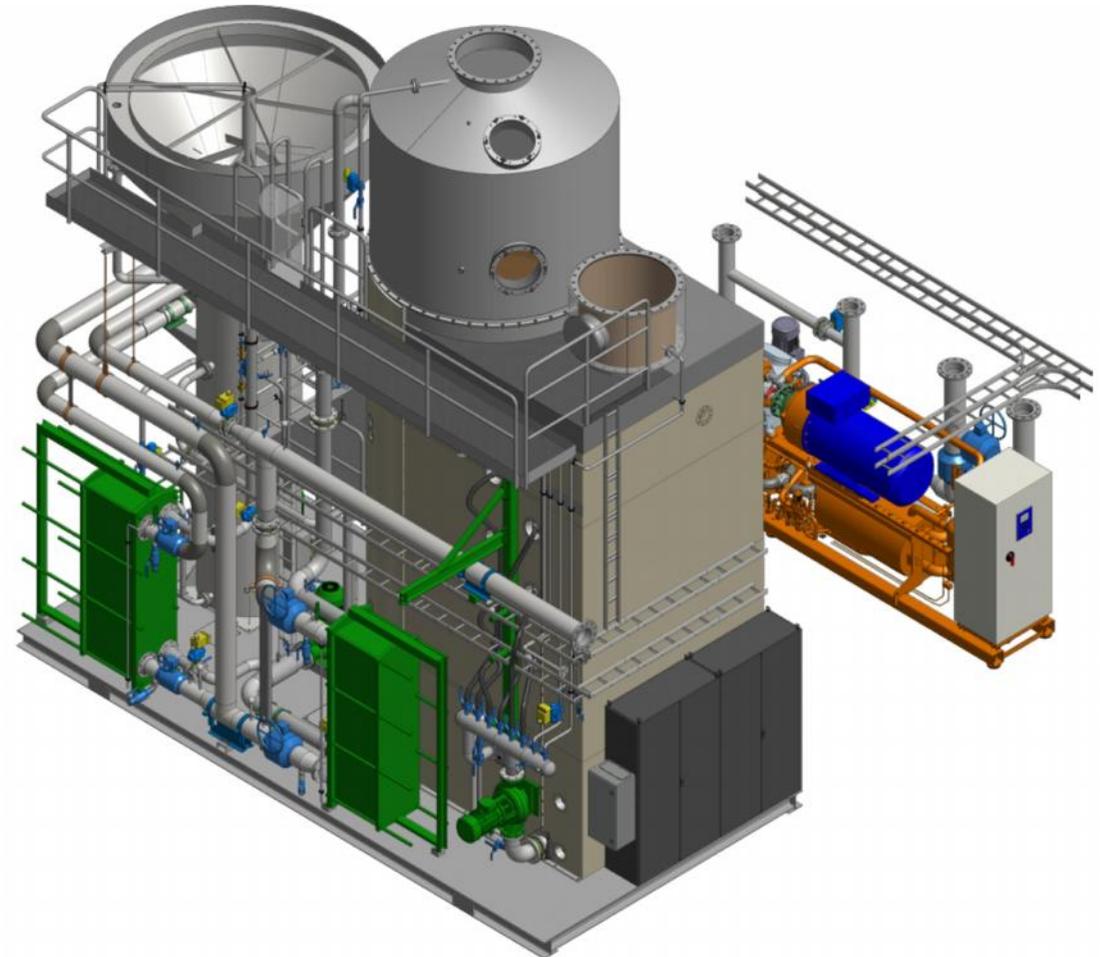
Brevet Elomatic N°2644993

- ▣ Le débit retour du chauffage urbain est utilisé comme fluide de base pour refroidir les fumées.
- ▣ Les fumées étant humides, la condensation commence lorsque celles-ci atteignent le point de rosée.
- ▣ Le processus de condensation permet de libérer une importante quantité de chaleur en provenance des fumées.
- ▣ L'énergie thermique est envoyée vers le réseau de chauffage urbain à travers des échangeurs de chaleur.
- ▣ La zone inférieure (zone 1) de circulation des condensats permet de refroidir et de condenser lorsque la température de retour du chauffage urbain est suffisamment basse.
- ▣ La zone supérieure (zone 2) de circulation des condensats est connectée à la pompe à chaleur laquelle refroidit le débit retour, notamment lorsque la température de celui-ci est élevée. Le mode « PAC en parallèle » convient à des températures de retour chauffage allant jusqu'à 63 °C.
- ▣ L'énergie thermique ne se perd pas pendant le refroidissement par la pompe à chaleur. Cette énergie finit par être transférée via la PAC, utilisant l'ammoniac comme fluide frigorigène, vers le réseau de chauffage urbain.
- ▣ L'utilisation de la pompe à chaleur garantit un niveau élevé de condensation dans le condenseur, quelque soit la température retour du chauffage urbain (sous réserve qu'elle ne dépasse pas 63°C).
- ▣ La température de sortie des fumées dans la cheminée, en aval du laveur des fumées du système « PAC en parallèle & laveur (condenseur) », se situe typiquement entre 30 et 40 °C.
- ▣ La valeur du coefficient de performance (COP_h) de ce système « PAC en parallèle & laveur (condenseur) » est en général entre 11 et 30 selon les conditions d'exploitation de la centrale (chauffage urbain par biomasse par exemple).



Principaux avantages du module CSXPHP de Caligo

- ❑ Le modèle en parallèle utilise toujours la plus petite dimension de pompes à chaleur → le coût du système (CAPEX) est le plus bas possible.
- ❑ Les applications de la PAC « Caligopack » ont les valeurs de coefficient de performance (COP_h) parmi les plus hautes disponibles → Le coût d'exploitation (OPEX) du système est le plus bas possible !
- ❑ Pour maximiser les gains annuels, il convient bien sûr d'avoir une dynamique optimisée de la performance de récupération grâce au process et fonctionnement de la centrale de production et de sa distribution (chauffage urbain avec biomasse par exemple).
- ❑ L'intégration totale du module de la PAC avec le condenseur - laveur de condensats assure une plus haute fiabilité au système en tant qu'ensemble.
- ❑ Un produit prêt à l'emploi fabriqué et essayé chez le fabricant - aucun assemblage ou essais sur le site de la centrale concernant le module !



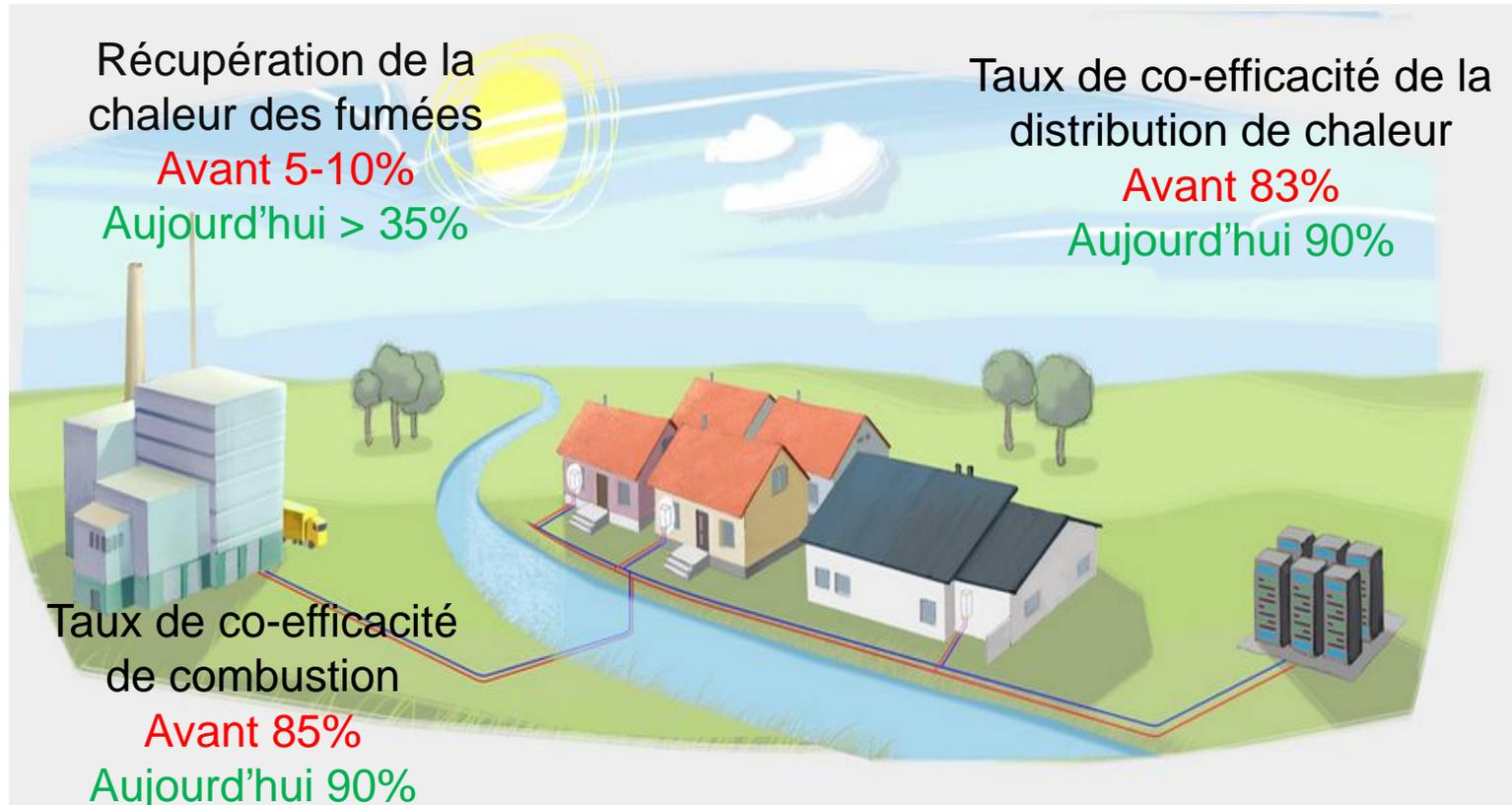
Étude de cas : Kauhava, Finlande

Centrale de bio-énergie de 10 MW construite et mise en service en 2015 incluant le système de laveur (condenseur) avec PAC en parallèle Caligo



Étude de cas : Kauhava, Finlande

Objectif principal du nouveau projet de construction de centrale : l'amélioration de l'efficacité énergétique.

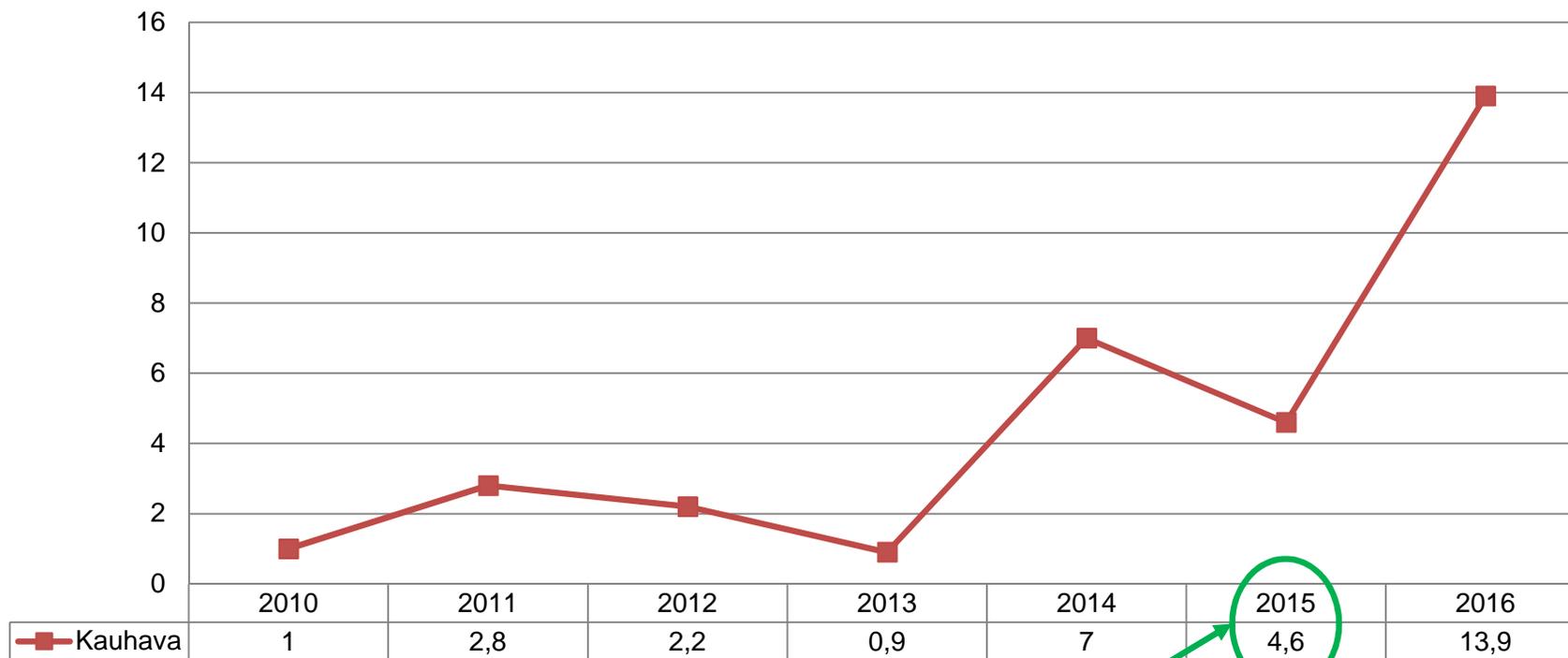


Actuellement, toutes les livraisons par camion du 3^{ème} combustible utilisé par le site (appoint en fioul) sont annulées !

Étude de cas : Kauhava, Finlande

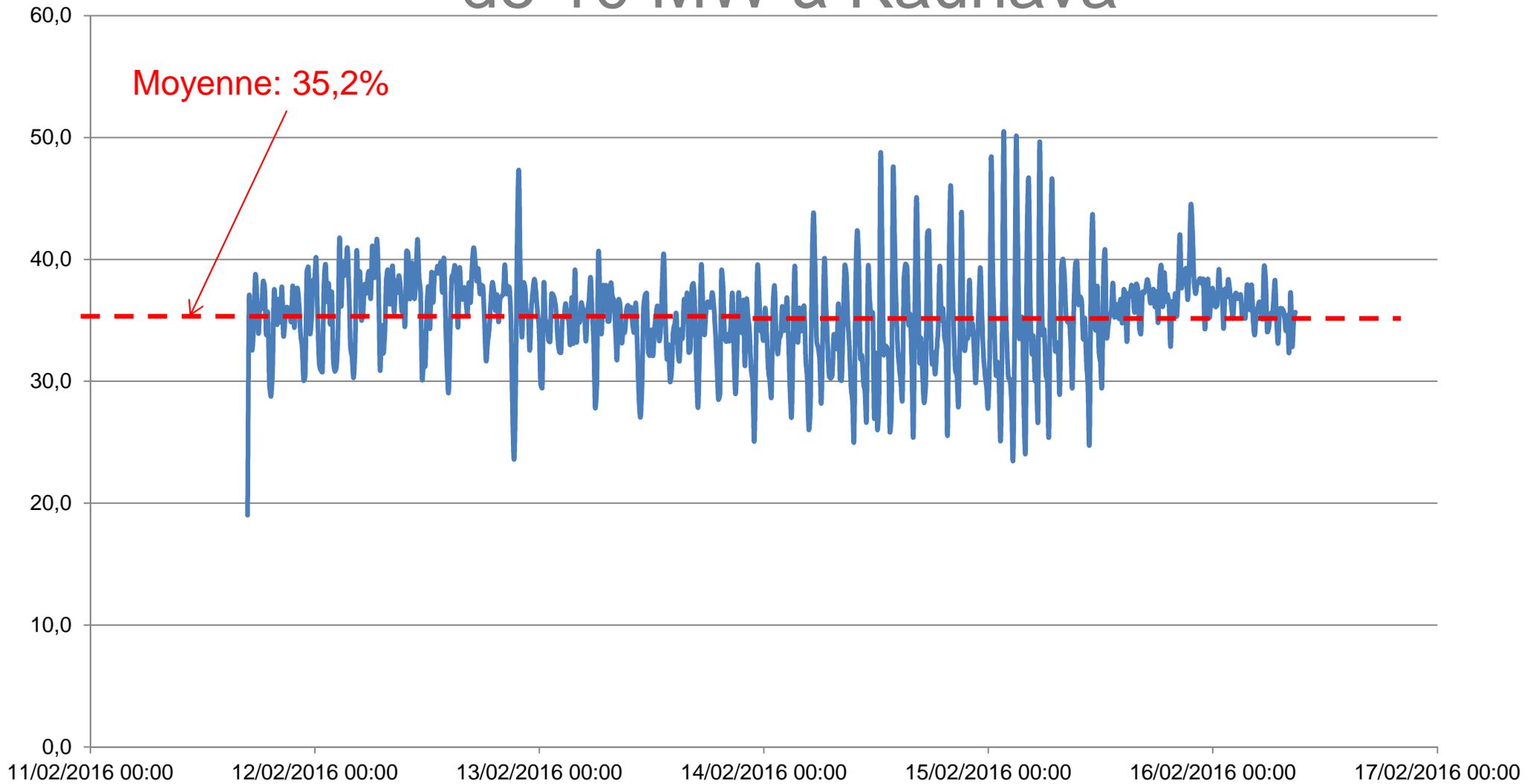
Résultat net du développement 2010-2016

Résultat net: %



Mise en service de la nouvelle centrale !

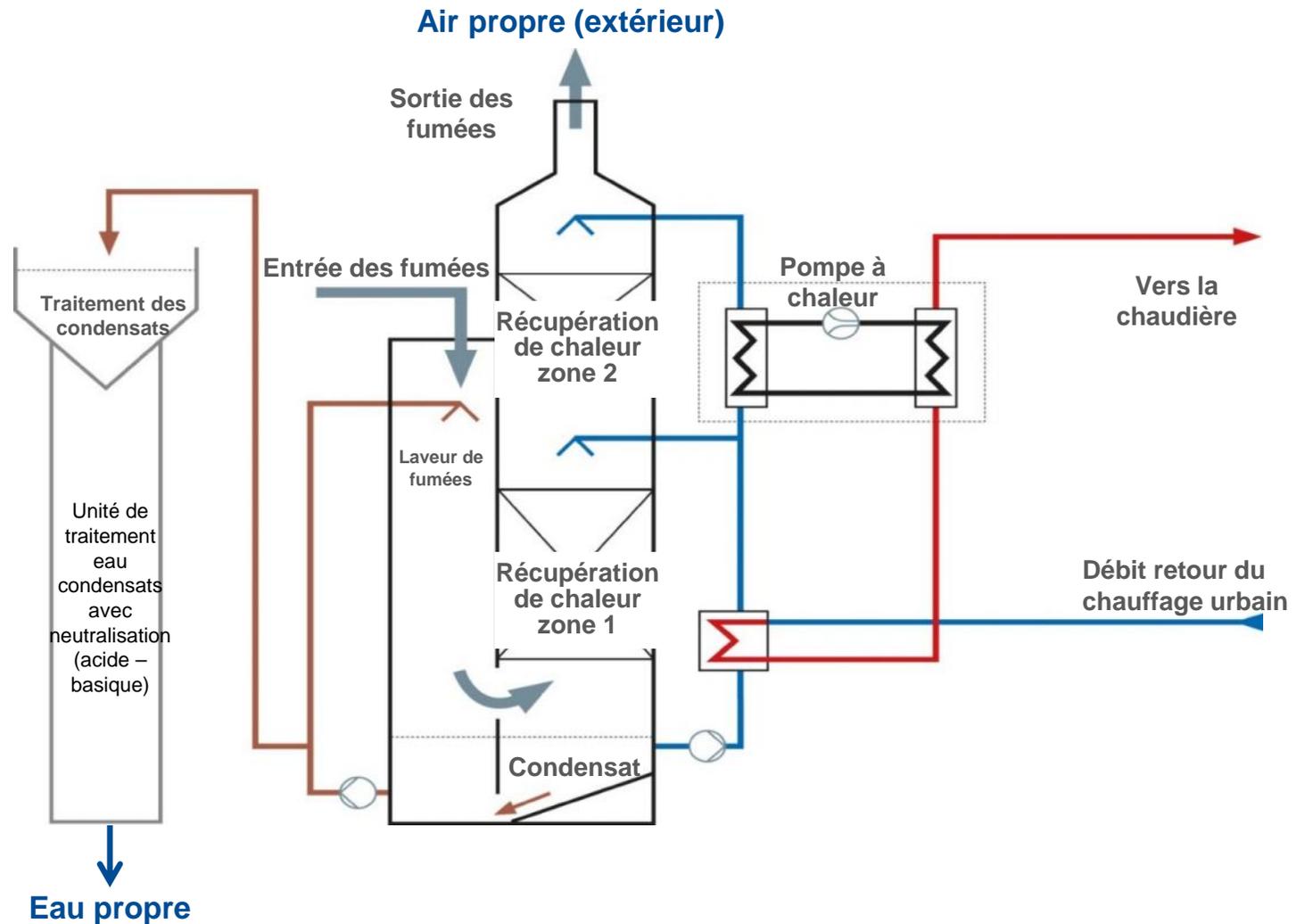
Récupération de chaleur des fumées de la centrale de 10 MW à Kauhava



Laveur (condenseur) avec PAC installée en série

« Façon traditionnelle » pour des températures retour du chauffage urbain élevées

- ❑ Les principes thermodynamiques sont les mêmes que pour l'application brevetée.
- ❑ Convient à des situations où la température retour du chauffage urbain est élevée : supérieure à 63 °C.
- ❑ Toute la chaleur récupérée est transmise au travers de la mise en œuvre de la pompe à chaleur → une pompe à chaleur surdimensionnée est nécessaire.
- ❑ En raison des niveaux de température retour du chauffage urbain élevés, il est nécessaire de mettre en œuvre des PAC à 60 bars.
- ❑ Des valeurs du coefficient de performance_h (COP_h) du système relativement basses → Consommation électrique du module se situe en fourchette haute.



- ✓ Combustion annuelle à puissance nominale = 3 500 heures
- ✓ Humidité du combustible : 50% - m (plaquettes forestières)
- ✓ Prix d'achat du combustible : 22€/ MWh
- ✓ Prix d'achat de l'électricité : 75€/ MWh

Étude de cas : Kauhava, Finlande

Comparaison des modules de PAC en série et en parallèle

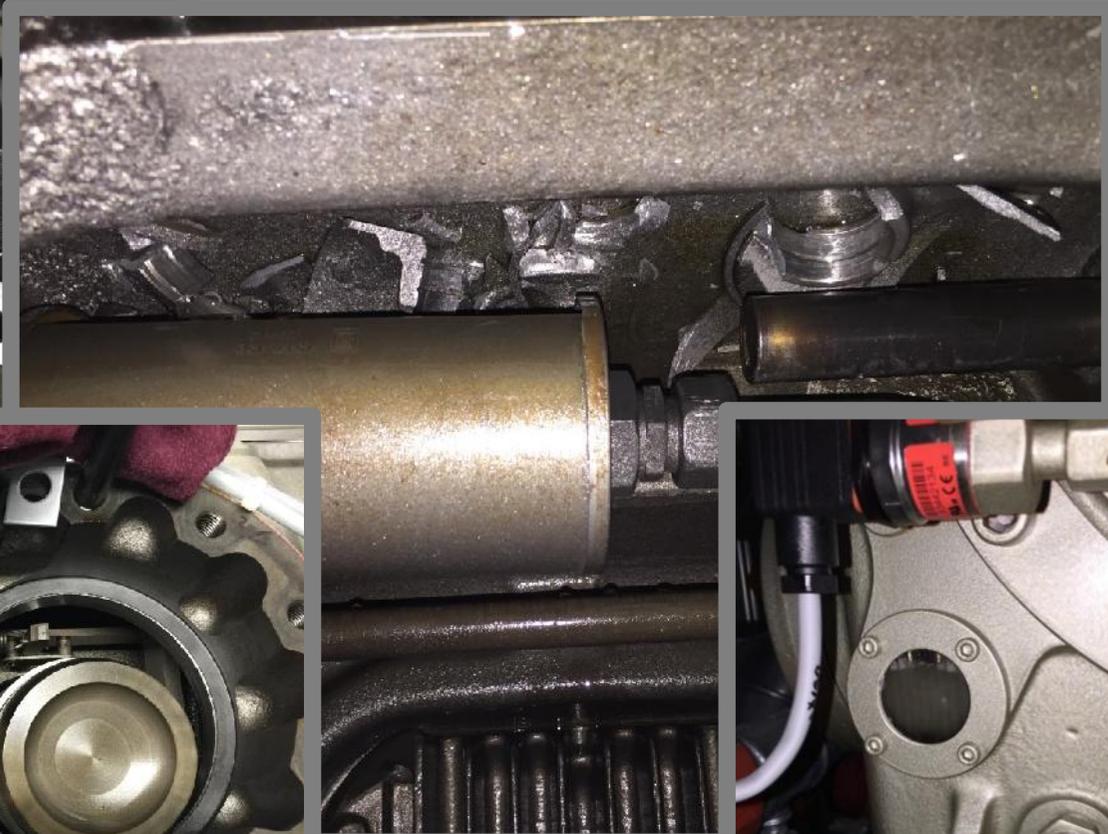
| | | PAC Caligo installée en parallèle à 50 °C Retour chauffage urbain | PAC Caligo installée en série à 50 °C Retour chauffage urbain | PAC Caligo installée en parallèle à 60 °C Retour chauffage urbain | PAC Caligo installée en série à 60 °C Retour chauffage urbain | Combustion des plaquettes forestières |
|---------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Énergie de combustion biomasse | [MWh/a] | 35 000 | 35 000 | 35 000 | 35 000 | 35 000 |
| Valorisation thermique via le module Caligo | [MWh/a] | 10 549 | 11 183 | 8 120 | 10 685 | - |
| Consommation électrique module Caligo | [MWh/a] | 514 | 1 628 | 612 | 1 487 | - |
| Gains de combustible | [€/a] | 257 864 | 246 026 | 198 489 | 261 201 | - |
| Coût de l'électricité pour le laveur (condenseur) | [€/a] | 38 588 | 122 100 | 45 938 | 111 563 | - |
| Coûts d'investissement et de financement | [€/a] | 8 000 | 22 000 | 8 000 | 22 000 | - |
| Coefficient de performance (COP _h) | | 20,5 | 6,9 | 13,3 | 7,2 | - |
| Coûts OPEX (exploitation & maintenance) | [€/MWh] | 4,4 | 12,9 | 6,6 | 12,5 | 25 - 30 |

Commentaire 1 : Les coûts OPEX sont calculés sur la base de l'année 2017 ; l'information des prix est à titre indicatif.

Commentaire 2 : Coefficient de performance_h = valorisation thermique du système (MWh) divisée par la consommation électrique du même système (MWh)

Un facteur critique : l'intégration thermodynamique

Une expérience confirmée et une bonne conception de l'intégration d'une pompe à chaleur avec un laveur de condensats (condenseur) sont indispensables !



Références

Dernières installations de condenseurs - laveur
de fumées avec PAC Caligo

Retour d'expérience : Nummela

CLIENT : Adven Oy

SITE : Centrale de chauffage urbain de 8MW à Nummela

COMBUSTIBLE : Plaquettes forestières

PRODUIT CALIGO : CS50D20PHP104WT22 (condenseur
- laveur de fumées avec PAC)

ANNÉE de LIVRAISON : 2014

VALORISATION DE CHALEUR : 32%

CONSO. ÉLEC. : Inférieure à 110kW

ÉLIMINATION DU SO₂ : Supérieure à 95%

PARTICULES ENTRANTES/SORTANTES :
150/50 mg/nm³

SOLIDES DANS LES CONDENSATS :
Inférieurs à 10mg/l

pH DES CONDENSATS : 6-10



Retour d'expérience : Kauhava

CLIENT : Kauhavan Kaukolämpö Oy

SITE : Centrale de chauffage urbain de 10 MW à Kauhava

COMBUSTIBLE : Plaquettes forestières à haute teneur en humidité (60%-m)

PRODUIT CALIGO : CS40D22PHP106WT26-ESC
(condenseur - laveur avec PAC et un module de lavage amélioré)

ANNÉE de LIVRAISON : 2015

VALORISATION DE CHALEUR : 33 %

CONSO. ÉLEC. : Inférieure à 160 kW

ÉLIMINATION DU SO₂ : Supérieure à 95%

PARTICULES ENTRANTES/SORTANTES :
300/40 mg/nm³

SOLIDES DANS LES CONDENSATS :
Inférieurs à 10mg/l

pH DES CONDENSATS : 6-10



Retour d'expérience : Sotkamo

CLIENT : Vapo Oy

SITE : Centrale de cogénération de 15MW à Sotkamo

COMBUSTIBLE : Tourbe

PRODUIT CALIGO : CS50D26PHP108WT30 (condenseur
- laveur de fumées avec PAC)

ANNÉE de LIVRAISON : 2015

VALORISATION DE CHALEUR : 30 % (prévision)

CONSO. ÉLEC. : Inférieure à 190 kW

ÉLIMINATION DU SO₂ : Supérieure à 95%

PARTICULES ENTRANTES/SORTANTES :
150/50 mg/nm³

SOLIDES DANS LES CONDENSATS :
Inférieurs à 10mg/l

pH DES CONDENSATS : 6-10



Retour d'expérience : Alajärvi

CLIENT : Alajärven Kaukolämpö Oy

SITE : Centrale de bio-énergie de 9 MW à Alajärvi

COMBUSTIBLE : Plaquettes forestières et tourbe

PRODUIT CALIGO : CS50D22PHP106WT34 (condenseur
- laveur de fumées avec PAC)

ANNÉE de LIVRAISON : 2016

VALORISATION DE CHALEUR : 30 %

CONSOMMATION ÉLECTRIQUE : Inférieure à 190 kW

ÉLIMINATION DU SO₂ : Supérieure à 95%

PARTICULES ENTRANTES/SORTANTES :

300/50 mg/nm³

SOLIDES DANS LES CONDENSATS :

Inférieurs à 10mg/l

pH DES CONDENSATS : 6-10



Retour d'expérience : Paimio

CLIENT : Paimion lämpökeskus Oy

SITE : Chaudière biomasse de 9 MW

COMBUSTIBLE : Plaquettes forestières

PRODUIT CALIGO : CS50D22PHP106WT34 (condenseur -
laveur de fumées avec PAC)

ANNÉE de LIVRAISON : 2017

VALORISATION DE CHALEUR : Supérieure à 30 % (prévision)

CONSOMMATION ÉLECTRIQUE : 180 kW

ÉLIMINATION DU SO₂ : Supérieure à 95%

PARTICULES ENTRANTES/SORTANTES : 50/50 mg/nm³

SOLIDES DANS LES CONDENSATS : Inférieurs à 10mg/l

pH DES CONDENSATS : 6-10



Retour d'expérience : Nivala

CLIENT : Nivalan Kaukolämpö Oy

SITE : Chaudière biomasse de 25 MW

COMBUSTIBLE : Plaquettes forestières

PRODUIT CALIGO : CS055DS32BWTS16-CC

(condenseur - laveur de fumées avec
PAC)

ANNÉE de LIVRAISON : 2017

VALORISATION DE CHALEUR : 25 % (prévision)

CONSOMMATION ÉLECTRIQUE : 45 kW

ÉLIMINATION DU SO₂ : Supérieure à 95%

PARTICULES ENTRANTES/SORTANTES : 50/50 mg/nm³

SOLIDES DANS LES CONDENSATS : Inférieurs à 10mg/l

pH DES CONDENSATS : 6-10



Retour d'expérience : Dalkia Tours

CLIENT : Dalkia

SITE : Chaudière biomasse de 9,5 MW

COMBUSTIBLE : Plaquettes forestières

PRODUIT CALIGO : CS055DS22HPS712WTS16 (condenseur -
laveur avec deux PAC)

ANNÉE de LIVRAISON : 2018

VALORISATION DE CHALEUR : Supérieure à 25 % (prévision)

CONSOMMATION ÉLECTRIQUE: Inférieure à 515 kW

ÉLIMINATION DU SO₂ : Supérieure à 95%

PARTICULES ENTRANTES/SORTANTES : 50/50 mg/nm³

SOLIDES DANS LES CONDENSATS : Inférieurs à 10mg/l

pH DES CONDENSATS : 6-10



Merci !