



Journée technique le mardi 23 janvier 2018 à CHAMBERY (73)



Combustion du bois et émission d'oxydes d'azote

**Conférences (matin et début d'après-midi) & visite (après-midi)
de la chaufferie biomasse de Bissy**

Délégrant : Ville de Chambéry

Délégataire : SCDC (Société de Distribution de Chaleur de Chambéry)

*avec l'intervention des sociétés
PROSSERGY – ATANOR, UNICONFORT, VYNCKE,
SCDC (filiale de ENGIE Réseaux), COMPTE.R.
ainsi que de la ville de Chambéry, de l'ADEME et du CIBE*

Combustion du bois et émissions d'oxydes d'azote – journée
technique du CIBE à Chambéry, 23 janvier 2018

Bois-énergie et rejets atmosphériques optimums



uniconfort[®]
BIOMASS BOILERS AND CHP PLANTS

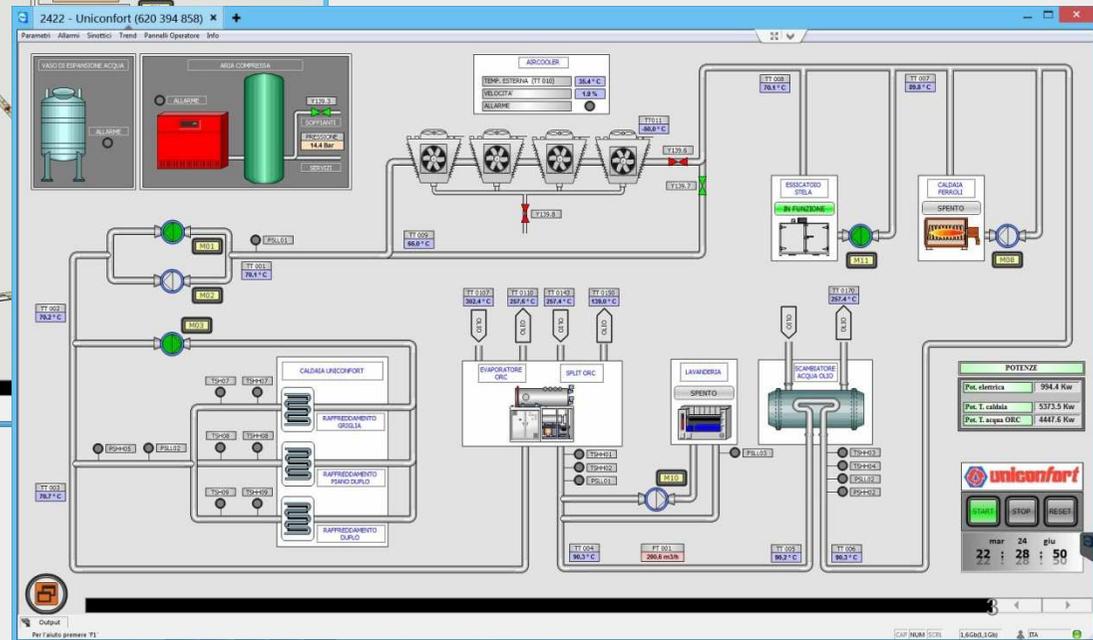
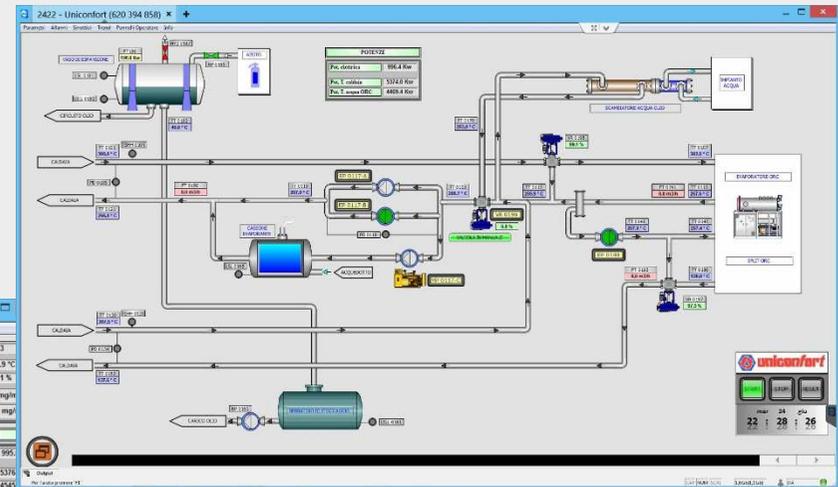
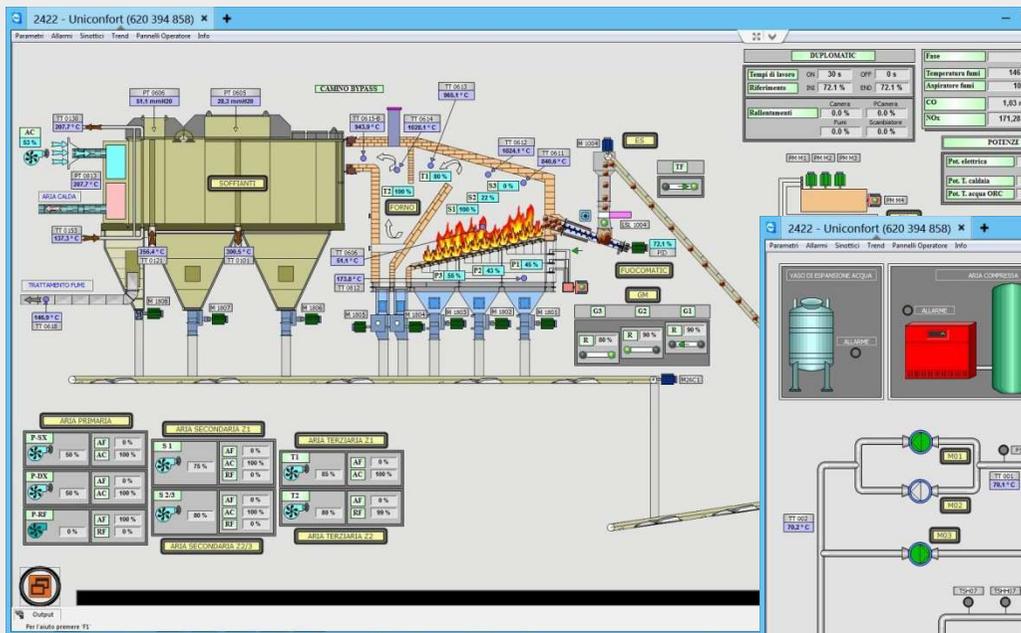
- 🔗 Présent sur le marché depuis 60 ans
- 🔗 **2 800** Installations réalisées
- 🔗 **54** Installations de Cogénération réalisées
- 🔗 Réduction des émissions de CO2 grâce aux installations UNICONFORT estimée > 4.500.000 ton/an
- 🔗 Gamme de puissance de 100 kW à 15 MW

OUR PLANTS ALL OVER THE WORLD



Déchets agricoles et forestiers avec une humidité sur brut	jusqu'à 60%
RENDEMENT	Jusqu'à 90%
EMISSIONS	Inférieurs aux réglementations en vigueur
SAVOIR FAIRE	60 ans d'expérience et 2800 installations

A chaque maître d'ouvrage - décideur et site, un contexte unique (implantation, intégration,...)



Un défi face à un contexte réglementaire de plus en plus exigeant : **bien concevoir, fabriquer et installer** des chaudières de 100 kW à 15 MW avec tous types de combustibles biomasse, tous types de fluides et respecter les VLE (NOx notamment...)

- Bois propre
- Bois B
- Paille
- Rafles de maïs
- Grignons d'olives
- Racines de vétiver distillées
- Litières de poulets et chevaux
- Etc...



2 MW dans une serre en Italie



5 x 8 MW pour un réseau de chaleur en Sibérie pour Gasprom



Rapide état des lieux de l'évolution des normes concernant les rejets :

- Il y a 15 ans aucune norme ne contraignait les rejets. A cette époque une « bonne » chaudière faisait entre 800 et 1500 mg/Nm³ de CO et 2000 à 2500 mg/Nm³ de NO_x à 11% d'oxygène.
- La biomasse en tant qu'énergie industrielle (réseaux, collectif,...) était encore très peu présente dans le mix énergétique français.
- Avec le **décollage de la filière biomasse** (chaudières bois plaquettes...), la **réglementation s'est renforcée** et l'arrivée attendue et imminente de l'application de la « MCP » imposera de faire moins de 250 mg/Nm³ de CO et moins de 300 mg/Nm³ de Nox à 6% d'oxygène.

Cela représente une division par rapport à l'historique par 10 des rejets atmosphériques une fois les conversions de taux d'oxygène faites !!



Rappel basique sur la formation des Nox et du CO :

De façon très simplifiée, il faut savoir que les Nox se forment de 2 façons :

- la **décomposition de l'azote contenu dans le combustible.**
Entre 60 et 80% de la production de Nox provient de l'azote du combustible.

- la **décomposition de l'azote contenu dans l'air.**

Cette réaction chimique se produit à **haute température.**

Le CO provient lui d'une combustion incomplète, le plus souvent à basse température.

Il faut donc concevoir des installations avec des températures de combustion suffisamment hautes pour ne pas produire de CO, mais pas trop pour ne pas faire de Nox dits « thermiques ».



La maîtrise des températures de combustion est la base de la réduction des rejets atmosphériques. Il faut pour cela:

- Parfaite maîtrise de la quantité de bois introduite
- Parfaite maîtrise des quantités d'air introduites
- Multiplication des zones d'air comburant
- Multiplication des recirculations de gaz ou préchauffage d'air
- Agrandissement des zones de combustion



Ces 2 installations font 5 200 kW et produisent du fluide thermique à 320 °C pour des cogérations ORC

Les solutions :

1- L'introduction du combustible

⇒ La parfaite **maîtrise de l'introduction du combustible** dans le foyer est fondamentale.

⇒ Le **combustible varie en permanence** d'un point de vue de sa densité et de son humidité, et donc de son pouvoir calorifique

⇒ Le système doit donc pouvoir **réagir et moduler en continu** la quantité de matière introduite.

⇒ Une **introduction continue et régulière** permet aussi de bien stabiliser la combustion.

⇒ Les systèmes d'introduction volumétriques type poussoir deviennent problématiques, voire inadaptés (sauf à avoir une maîtrise parfaite ou quasi de la granulométrie et de la densité du bois → pas toujours évident, envisageable ou même possible dans la réalité).

- Non seulement l'alimentation est discontinue,
- mais en plus on introduit des volumes plus ou moins maîtrisés

⇒ Les **technologies à vis sans fin** sont bien mieux adaptées sous réserve de réussir à accepter des granulométries type P100 pour ne pas trop contraindre la filière d'alimentation.



Exemple de solution mise en œuvre au niveau conception (système « Duplo »)
Consiste en 2 vis sans fin positionnées dans un corps de poussoir.
Du fait des espaces importants entre les vis et le corps, les morceaux les plus gros peuvent passer sans se bloquer.
Cette technologie est mise en œuvre depuis plusieurs années sur de nombreuses installations → solution industrielle éprouvée



Le système Duplo peut être installé pour toutes les puissances à partir de 300 kW



2- La maîtrise de l'air comburant

La parfaite maîtrise des quantités d'air introduites est elle aussi fondamentale.

- Les excès d'air favorisent la formation des Nox.
- Il est donc important d'ajuster en permanence la bonne quantité d'air comburant à la bonne quantité de combustible.

L'introduction en mélange dans l'air de combustion de recirculations de gaz ou d'air préchauffé permettra de moduler les températures dans les différentes zones du foyer.

En fonction des combustibles les zones de recirculation et de réinjection sont différentes.

- Donc plus la plage de combustibles est large, plus l'installation sera complexe.



Chaudière vapeur à tubes d'eau de 14 MW



Chaudière fluide thermique de 5 200 kW



3- L'augmentation des volumes de chambre de combustion

Pour que les réactions chimiques de combustion puissent se faire de façon optimum il faut du temps.

Les **introductions d'air comburant étagées** permettent de bien maîtriser les températures de combustion à condition d'avoir des espaces suffisants entre chaque zone.

Chaque concepteur - constructeur de chaudières à son approche de la mise en œuvre de la combustion et des VLE qui en découlent (NOx notamment...), travaillant par exemple sur le **ratio de volume de combustion par MW**, la **géométrie du foyer**, qui varient et constituent une part importante du savoir-faire, et donc du secret de conception.

On constate cependant que les volumes sont passées de moins de 1 m³/MW à plus de 6 m³/MW en 15 ans !

4- L'injection de réactifs

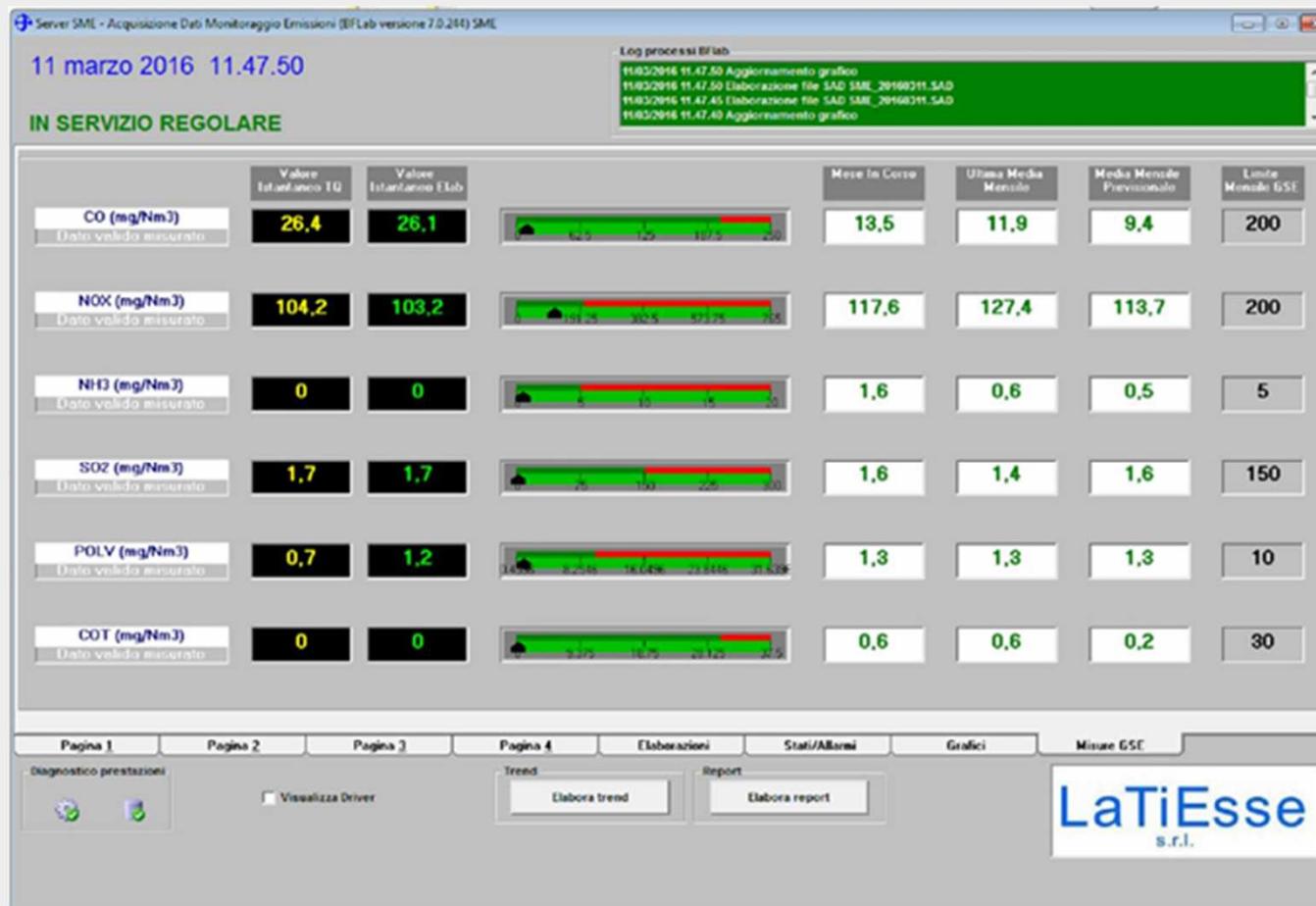
L'injection de réactifs est la dernière solution pour abaisser encore plus les Nox. Elle consiste à injecter de l'urée soit pendant la combustion dans le foyer (SNCR), soit après la combustion dans un catalyseur spécifique (SCR).

La SNCR permet un abaissement d'environ 50% des Nox, Le SCR est plus performante et permet un abaissement d'environ 80%.

Ces solutions qui pourraient paraître séduisantes ont plusieurs contraintes majeures et impactantes tant au niveau technique, qu'économique, et humaine (compétence supplémentaire du personnel d'exploitation à maîtriser) :

- **Coût de mise en œuvre.** Environ 100 k€ pour une SNCR, souvent plus de 1000 k€ pour une SCR.
- **Cout de fonctionnement.** On doit injecter en continu de l'urée.
- Guère, voire pas, rentable - tenable en investissement pour les petites – moyennes chaudières.
- **Contraintes réglementaires supplémentaires.** Souvent une mesure en continu (ou a minima périodique par un organisme agréé = coût) des NH₃ rejetés est imposée par les autorités (appareillage de contrôle certifié).

Quelques exemples de résultats obtenus



LaTiEsse s.r.l.
Site industriel
5200 kW
Ecorces
Fluide thermique

Valeurs données à
11% d'oxygène
Pour les ramener à
6% d'oxygène il faut
les multiplier par
1,5.

Le taux de Nox
instantané est de
156,3 mg/Nm³ à 6%
d'O₂

La chaudière était à
100% de charge,
sans injection
d'urée.



Quelques exemples de résultats obtenus

Guéret Energie Services

Réseau de chaleur urbain

2100 + 4650 kW

Plaquettes forestières G100

Humidité 25 à 50%

Eau chaude

Chaudières à 100% de charge, sans injection d'urée

	Ch 4650 kW	Ch 2100 kW	Valeur limite
CO	232	246	250
NOx	251	172	750
Poussières	3	2,4	50
COV	4,3	3,2	50

Valeurs données en mg/Nm³ à 6% d'oxygène



Quelques exemples de résultats obtenus

Client industriel hors bois
1200 kW
Granulés bois
Eau chaude

Chaudière à 100% de charge, sans injection d'urée

	1200 kW	Valeur limite
CO	163	250
NOx	200	500
Poussières	8,7	50
SO2	40	200

Valeurs données en mg/Nm³ à 6% d'oxygène

Conclusion

- La **réglementation** est devenue de plus en plus **exigeante**
- Les installations doivent s'y adapter, quitte à devenir de plus en plus complexes. **Les solutions techniques fiables existent** et sont à ce jour déjà installées sur de nombreux sites.
- Dans le même temps la demande est de plus en plus souvent de pouvoir **brûler une gamme de combustible très vaste**, avec des amplitudes de variation de puissance extrêmes, le tout bien entendu en réduisant / optimisant les coûts ⇒ **Limites techniques et aussi limites économiques** – rentabilité ? ⇒ Enjeu aussi en termes de responsabilité et engagement,
- **Tout n'est pas possible** (même une DéNox a des limites / caractéristiques ou flexibilité de la biomasse, et même si un contrat de réalisation « borde tout », la responsabilité n'est pas qu'une affaire purement achat, de rédaction contractuelle ou juridique.

- **Réaliser une installation biomasse reste un ensemble de décision, négociation et responsabilisation solidaires :**
 - ⇒ Responsabilité du maître d'ouvrage ou donneur d'ordre (ou acheteur)
 - ⇒ Responsabilité de ou des entreprises remettant et portant l'offre
 - ⇒ Dimension commerciale versus dimension technique
 - ⇒ Enjeux engagements et responsabilités contractuelles versus situation du constructeur
 - ⇒ Acceptation sans mesurer les conséquences = avantage court terme versus risque à moyen ou long termes



Merci de votre attention

Grégory RAT
06 78 71 84 58
gregory.rat@gr2e.fr