



solutions techniques et R&D pour le collectif et l'industriel

8 octobre

Toulouse

The main event logo is a circular emblem on an orange background. The text 'COLLOQUE INNOVATION' is at the top, 'BOIS-ÉNERGIE' is at the bottom, and 'CIBE' is in the center. A stylized flame icon is positioned above 'CIBE'. Below the emblem, on a dark red background, is the text '16ème édition'.

En partenariat avec :



ETUDE DES DIOXINES/FURANES

DANS LES ÉMISSIONS GAZEUSES ET DANS LES CENDRES



COLLOQUE INNOVATION DU CIBE - 08/10/2024





Définition PCDD/ PCDF :

- Les polychlorodibenzo-paradioxines et polychlorodibenzofuranes sont des polluants organiques persistants (POP) produits lors de processus de combustion.

Risques sur la santé :

- 210 congénères identifiés et 17 dont la toxicité a été avérée
- Augmentation des risques de pathologies cancéreuses

Lien avec les chaufferies biomasse énergie :

- Limite d'émission atmosphérique de 0,1 ng TEQ / Nm³ (à 6% d'O₂)
- Dépassement de cette limite pour environ 0,5% des installations biomasse



OBJECTIF DES ESSAIS RÉALISÉS

LERMAB
RAGT ENERGIE



Objectif :

Comprendre les mécanismes qui font que des émissions de dioxines continuent d'exister en utilisant du bois propre pendant plusieurs semaines après le passage d'un combustible pollué.

Comment :

- **LERMAB** : Essais de traitement thermique sur des cendres contenant des dioxines pour évaluer le comportement
- **RAGT ENERGIE** : Essais de combustion sur chaudière pilote de granulés spécifiques



ESSAIS EN REACTEUR TUBULAIRE

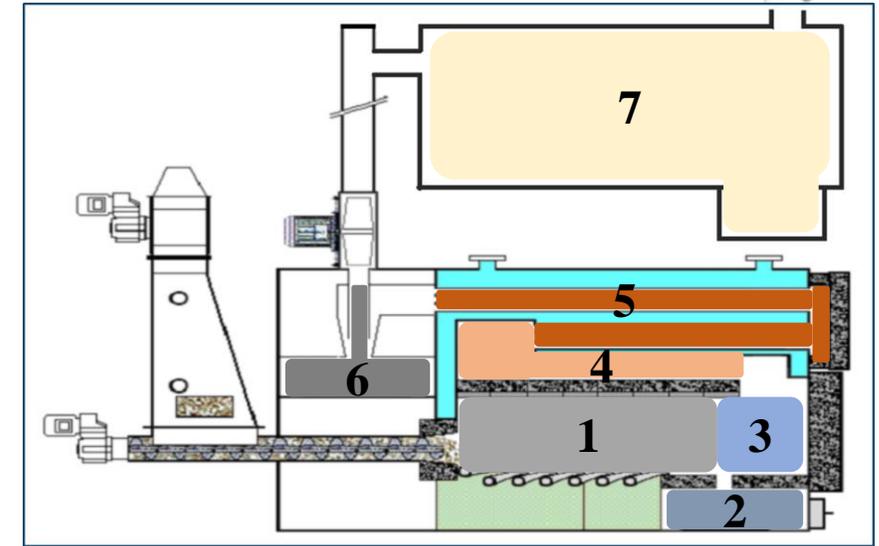
LERMAB

RETOURS D'EXPÉRIENCES + BIBLIOGRAPHIE

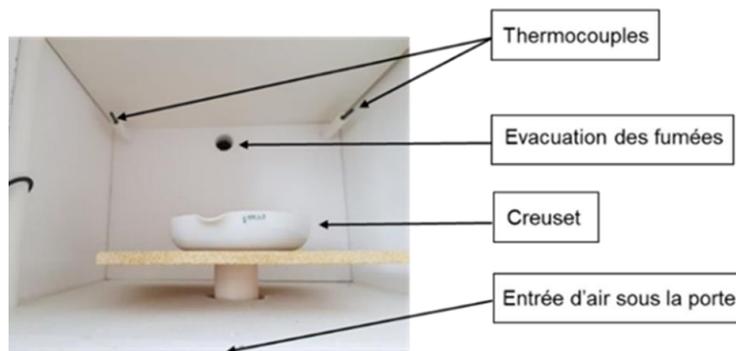
Thèse de Nada BARAKET

- 90% des dioxines formées lors d'un essai sur un bois pollué sont contenues dans les cendres qui sont collectées dans les différentes parties de l'installation.
- Les cendres les plus riches en dioxines sont principalement collectées aux points 4, 5 & 6.
- Ces points correspondent à des niveaux de température compris entre 600 et 200°C.

➔ Il est probable que des dioxines stockées dans les cendres soient relarguées ultérieurement lorsque les niveaux de températures locaux vont changer.

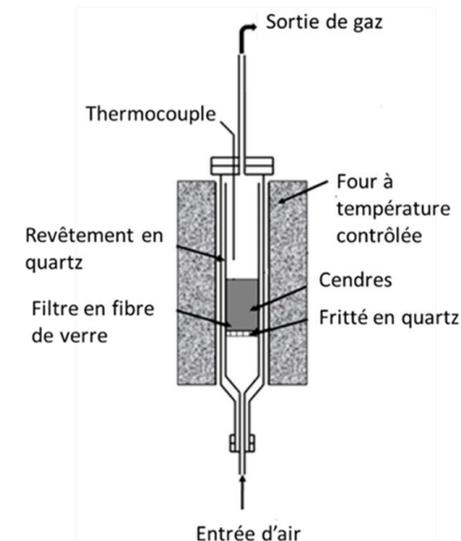


Essais de relargage



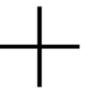
T(°C)	Diox après	Evolution
200	5290	+6%
250	4990	+2%
300	7130	+46%
350	44100	+800%
400	71300	+1355%
450	22100	+350%
500	1210	-93%

Dioxines au départ : 4900 ng/kg de cendres



T(°C)	Diox après	Evolution
350°C	1510	-69%
400°C	950	-81%

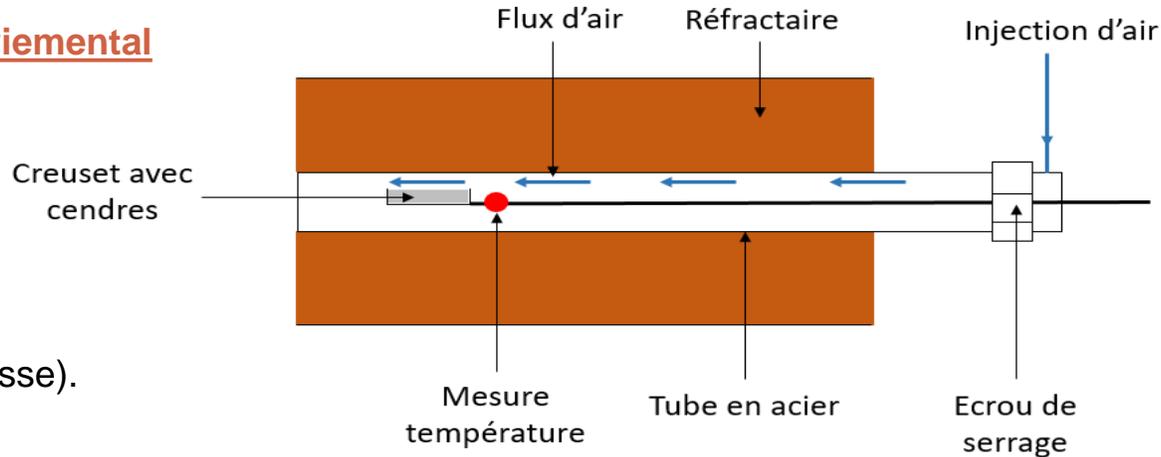
RETOURS D'EXPÉRIENCES + BIBLIOGRAPHIE



Dispositif expérimental

Idée du lit léché

(représente bien l'échangeur de chaleur d'une chaudière biomasse).



Cendres utilisées

Issues d'un site industriel, collectées au niveau des échangeurs et du cyclone pour obtenir des cendres chargées en dioxines.



Mesure	Teneur en dioxines (ng/kg de cendres)
Test 1	8 050
Test 2	6 070
Test 3	6 020
Test 4	6 840
Moyenne	6 745

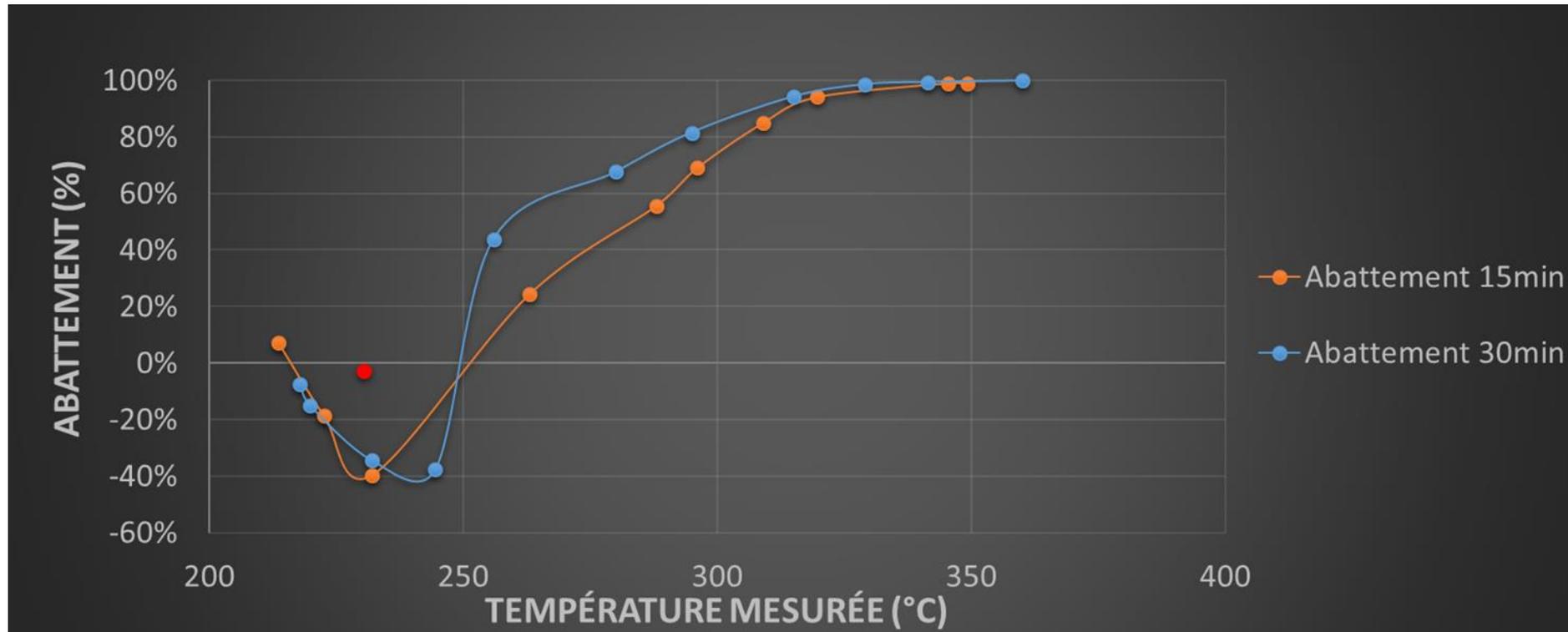
Conditions testées

Températures comprises entre 200 et 360 °C.

Temps de séjour de 15 et 30 minutes : les durées supplémentaires n'ont pas montré de changement clair.



Résultats obtenus



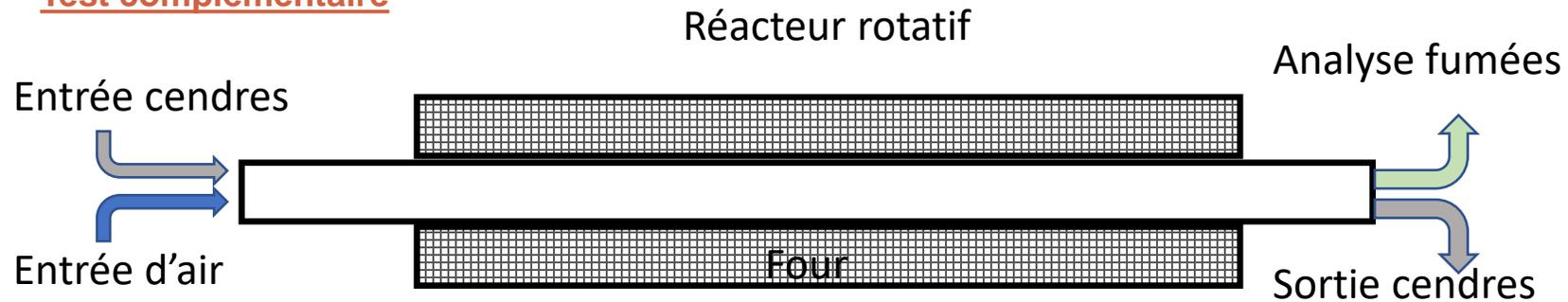
A partir de 330°C, les dioxines ont quasiment totalement disparues des cendres.
Que sont elles devenues : Relargage ? Craquage ? Combustion ?
A-t-on seulement éliminé le stock ou y a-t-il eut une production supplémentaire ?

RETOURS D'EXPÉRIENCES + BIBLIOGRAPHIE

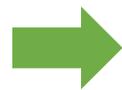
LERMAB
RAGT ENERGIE



Test complémentaire



Essais	Température	Dioxines dans les cendres à l'entrée (ng)	Dioxines dans les cendres à la sortie (ng)	Dioxines dans les fumées à la sortie (ng)	BILAN
Test 1	250°C	16 180	20 584	0,7	+27%
Test 2	260°C	17 928	22 538	0,6	+26%
Test 3	280°C	17 918	21 884	0,7	+22%
Moyenne	265°C	17 342	21 669	0,7	+25%



Les teneurs en dioxines dans les fumées sont faibles.
Il y a création de dioxines sur les cendres dans les conditions expérimentées.
Il est indispensable de réaliser d'autres essais pour mieux comprendre.



ESSAIS SUR CHAUDIÈRE PILOTE

RAGT ENERGIE

FORMULATION ET PRODUCTION DE GRANULÉS SPÉCIFIQUES

LERMAB
RAGT ENERGIE



Dosses de chêne



Typha

Déchiquetage

Séchage

Broyage
affinage

Mélange

Granulation

Matières premières :

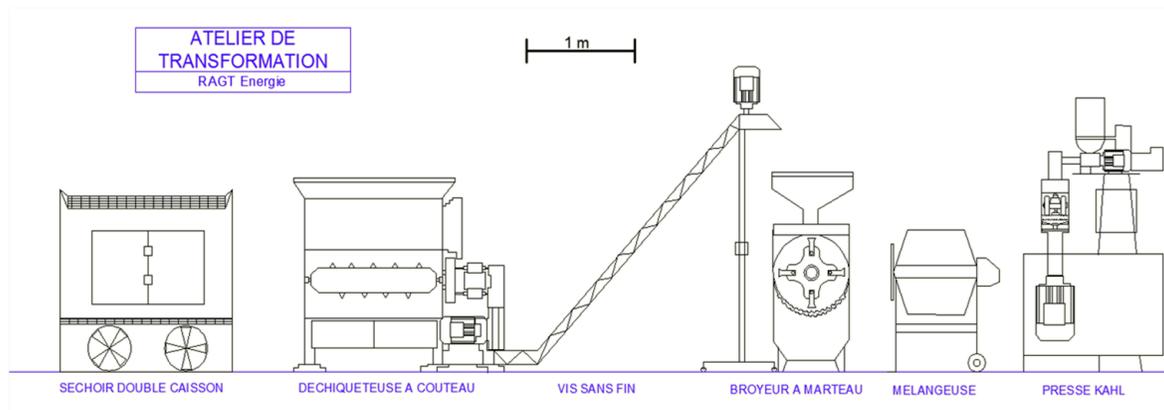
- Dosses de **chêne** écorcé - base des granulés
- **Typha** - ajout de Chlore

Transformation et pré-traitements :

- Déchiquetage
- Séchage
- Broyage/affinage
- Mélange selon des formules définies
- Granulation sur presse à filière plate

Formules de granulés définies afin d'étudier l'influence sur les dioxines/furanes :

- Du **Chlore** : sans ajout, 0.1% et 0.2% de Chlore
- Du **Cuivre** : sans ajout et 50 mg/kg de Cuivre
- D'un **agent inhibiteur** : selon dosage fabricant



Atelier de transformation de biomasse

ESSAIS DE COMBUSTION À ÉCHELLE PILOTE

LERMAB
RAGT ENERGIE



Echangeurs



Foyer de combustion

1. Silo de stockage combustible
2. Vis d'alimentation combustible
3. Pupitre de commande
4. Foyer de combustion
5. Echangeurs
6. Evacuation des fumées de combustions
7. Injection d'air primaire
8. Injection d'air secondaire
9. Ventilateur d'injection d'air

Chaudière HS
MULTIHEAT 2.5

Essais de combustion sur chaudière de 25kW à foyer fixe avec optimisation des émissions

- Analyse des émissions en continu
 - O₂, CO, CO₂, NO_x, température, tirage
- Prélèvements dans les fumées
 - Dioxines/furanes (NF EN 1948-1)
 - Poussières totales (En 13284-1)
 - HCl (EN 1911)
 - Métaux et Mercure (EN 14385 et EN 13211)
- Prélèvement des cendres dans plusieurs zones
 - Analyse des dioxines/furanes dans les cendres



Canne de prélèvement des
PCDD/F



Equipement de prélèvement des
émissions en continu

RÉSULTATS DES ANALYSES D'ÉMISSIONS

LERMAB
RAGT ENERGIE



Influence du Chlore

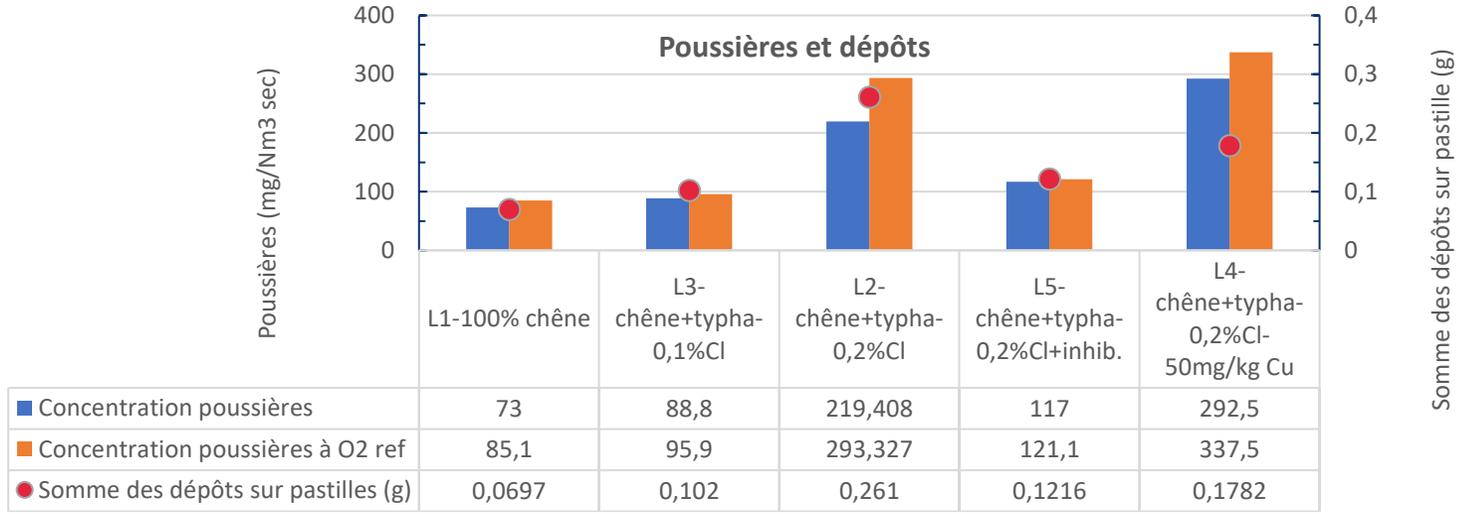
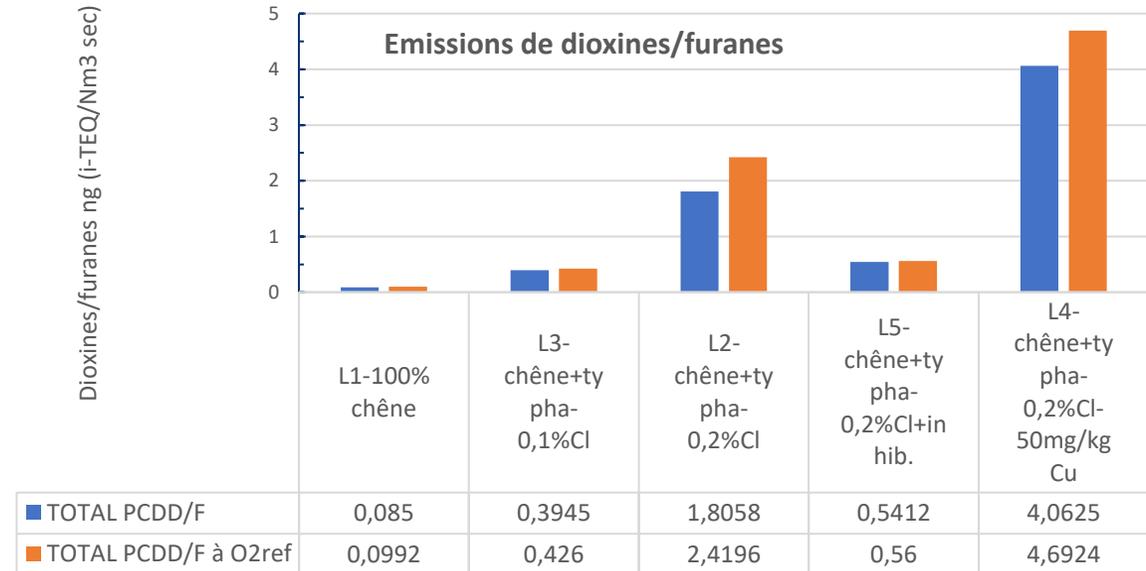
- Augmentation PCDD/F
X 4,3 entre 100% chêne et 0,1% Cl
X 5,7 entre 0,1% Cl et 0,2% Cl
- Augmentation poussières et dépôts
X 3 entre 0,1% Cl et 0,2% Cl

Influence du Cuivre

- Augmentation PCDD/F
X 1,9 entre L2 et L4 avec 50 mg/kg de Cuivre
- Augmentation poussières
+ 15% entre L2 et L4 avec 50 mg/kg de Cuivre
- Diminution dépôts
- 32% entre L2 et L4 avec 50 mg/kg de Cuivre

Influence de l'agent inhibiteur

- Diminution PCDD/F
/ 4 entre L2 et L5
- Diminution poussières et dépôts
/ 2,4 entre L2 et L5



RÉSULTATS DES ANALYSES DES CENDRES

LERMAB
RAGT ENERGIE



Influence du Chlore

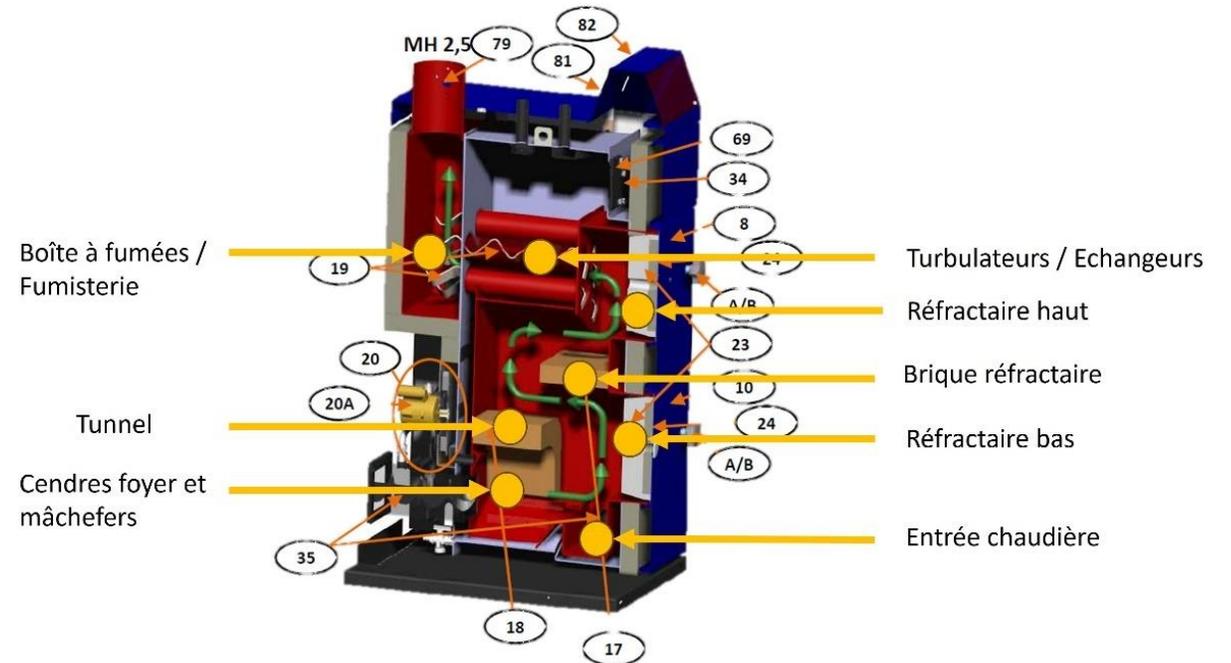
- Augmentation PCDD/F
 - X 17 à 30 entre 100% chêne et 0,1% Cl
 - X 2 à 5 entre 0,1% Cl et 0,2% Cl

Influence du Cuivre

- Augmentation PCDD/F
 - X 1 à 2 entre L2 et L4 avec 50 mg/kg de Cuivre

Influence de l'agent inhibiteur

- Pas d'effet notable sur les PCDD/F (dans la marge d'erreur des analyses)



Vue éclatée de la chaudière HS MULTIHEAT 2.5 et des endroits de prélèvement des cendres



CONCLUSIONS ET ENSEIGNEMENTS



- **Les relargages** de dioxines/furanes à partir de cendres semblent s'opérer majoritairement **entre 200 et 250°C** et le temps de séjour (15 et 30 minutes) semble avoir peu d'incidence.
- **Au-delà de 250°C**, il se produit un **abattement** des dioxines/furanes dans les cendres qui semble être favorisé par le temps de séjour (+13% entre 15 et 30 minutes).
- **L'abattement** des dioxines/furanes dans les cendres est **total à partir de 300 à 320°C**.

- Les émissions de dioxines/furanes **augmentent** fortement avec la concentration de **Chlore** du combustible.
- La présence de **Cuivre** dans le combustible **augmente** les émissions de dioxines/furanes pour un taux de Chlore donné.
- L'ajout d'un **agent inhibiteur réduit** considérablement les émissions de dioxines/furanes pour un taux de Chlore donné.
- Pour ces essais sur **chaudière pilote**, les dioxines/furanes sont **concentrées** dans les **cendres volantes** au niveau des **échangeurs**.



MERCI DE VOTRE ATTENTION !

CONTACT

Matthieu CAMPARGUE
mcampargue@ragt-energie.fr

Benjamin RABDEAU
brabdeau@ragt-energie.fr

Yann ROGAUME
yann.rogaume@univ-lorraine.fr

