



Journée technique

le mercredi 6 avril 2016
à BOURG-EN-BRESSE (01)



Chaudières bois à condensation :
haute performance énergétique
Intérêts et exigences d'une technologie émergente
Conférences (matin) & visite (après-midi)



Journée technique Bourg-en-Bresse, 6 avril 2016



Condensation des fumées sur des installations bois énergie

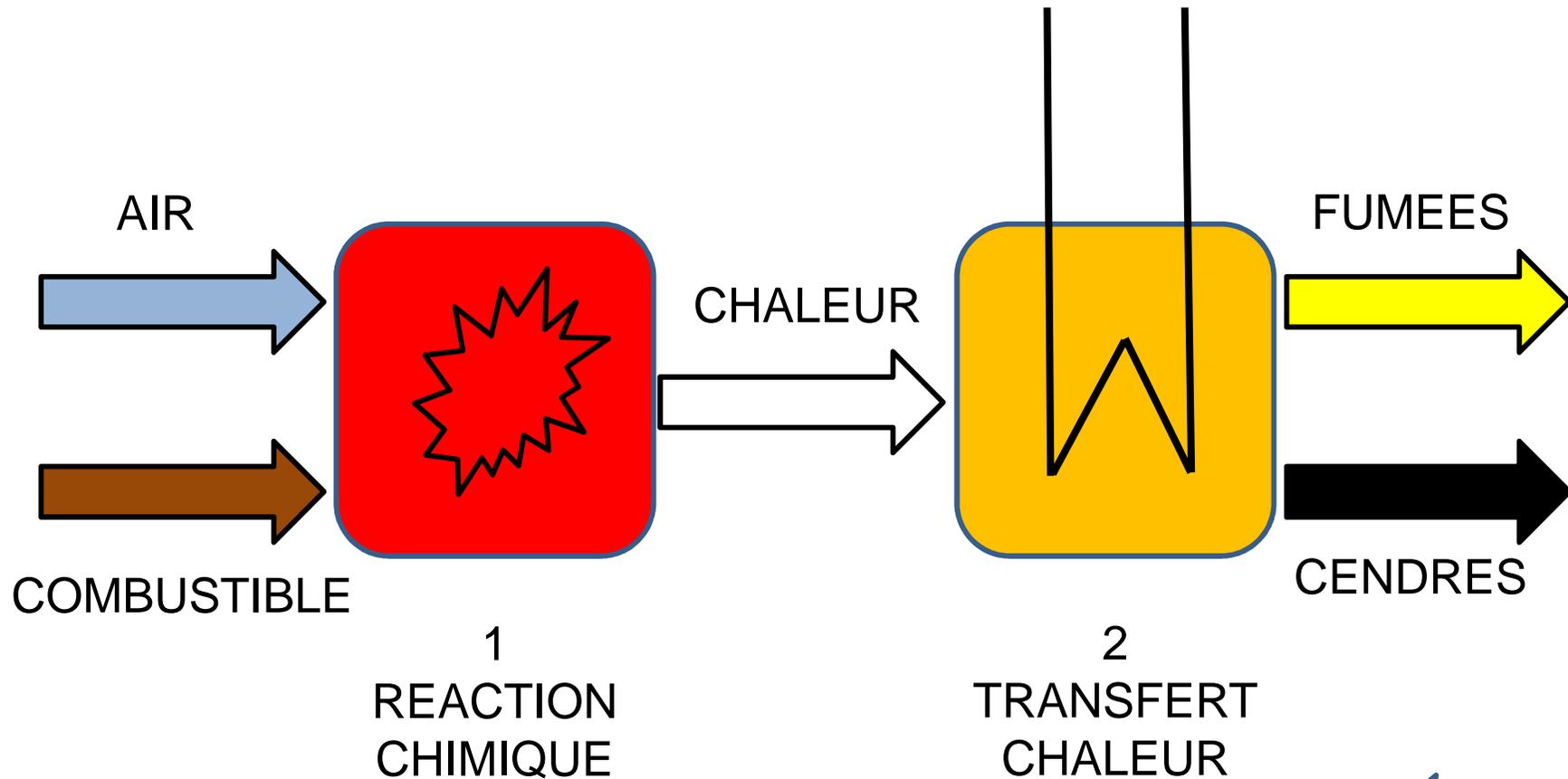


Jean-Pierre TACHET, Conseiller technique du CIBE,
animateur de la commission « REX »



Comité Interprofessionnel du Bois-Energie
E-mail : contact@cibe.fr - Site Internet : www.cibe.fr

Principes de la combustion



Etapes de la combustion du bois

- Introduction combustible et air de combustion
- Chauffage du combustible
- Séchage du combustible (**évaporation de l'eau**) 100°+
- Pyrolyse (décomposition du bois: carbone + gaz combustible) 250° ... 500°
- Gazéification du carbone (>> CO₂, **vapeur eau**), 500°+
- Oxydation gaz (>> CO₂, **vapeur eau**) 700° ... 1300°
- Transfert de chaleur (flammes > parois et combustible frais, gaz chauds > échangeurs chaleur)
- Évacuation des gaz (refroidis)
- Évacuation des cendres

Combustion en chaudière

Séchage >> vaporisation
eau du combustible

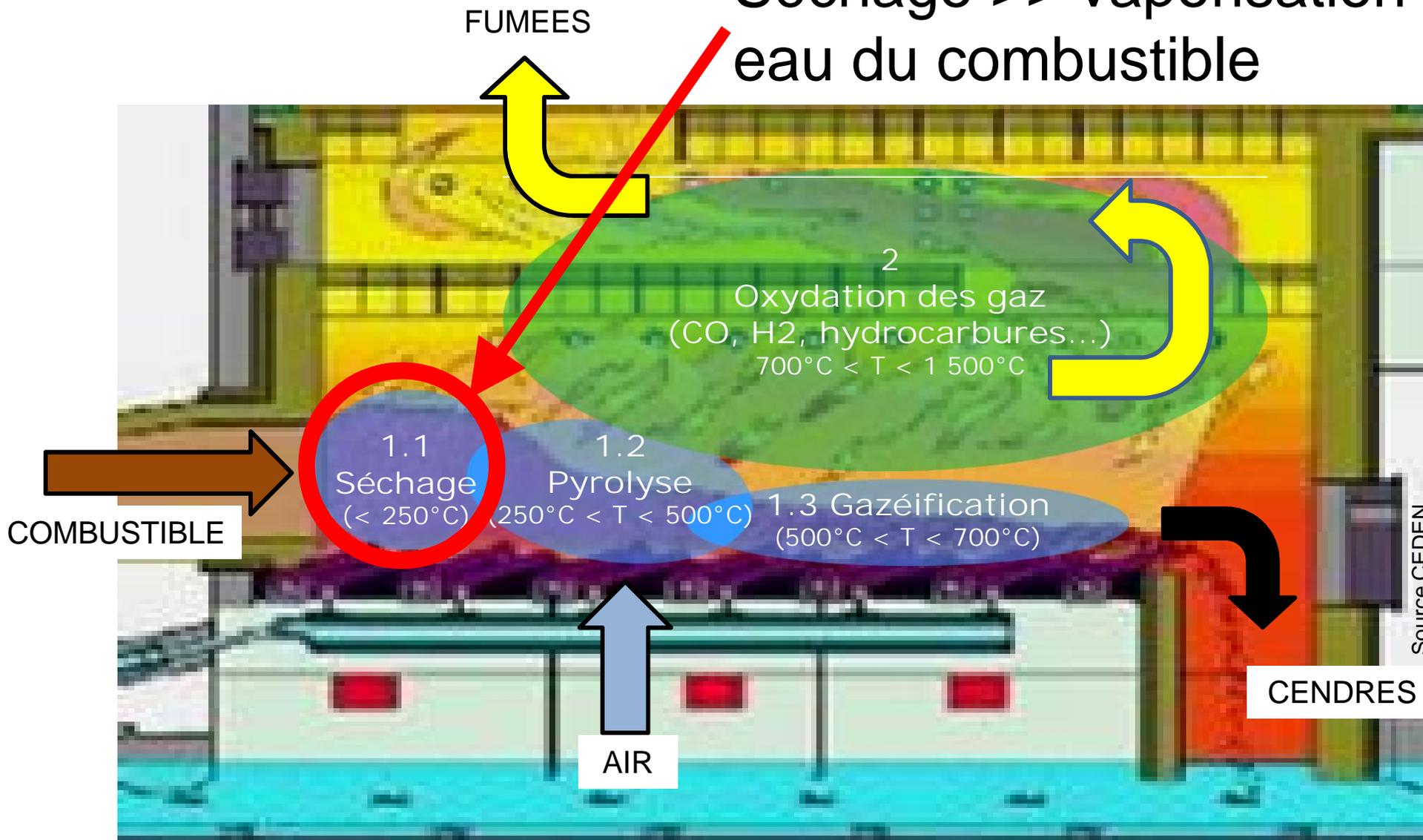
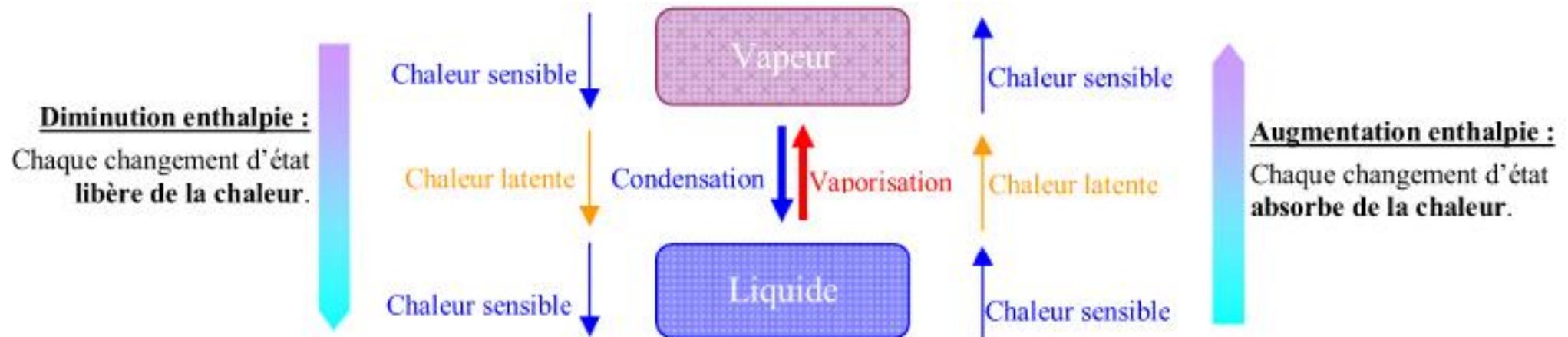
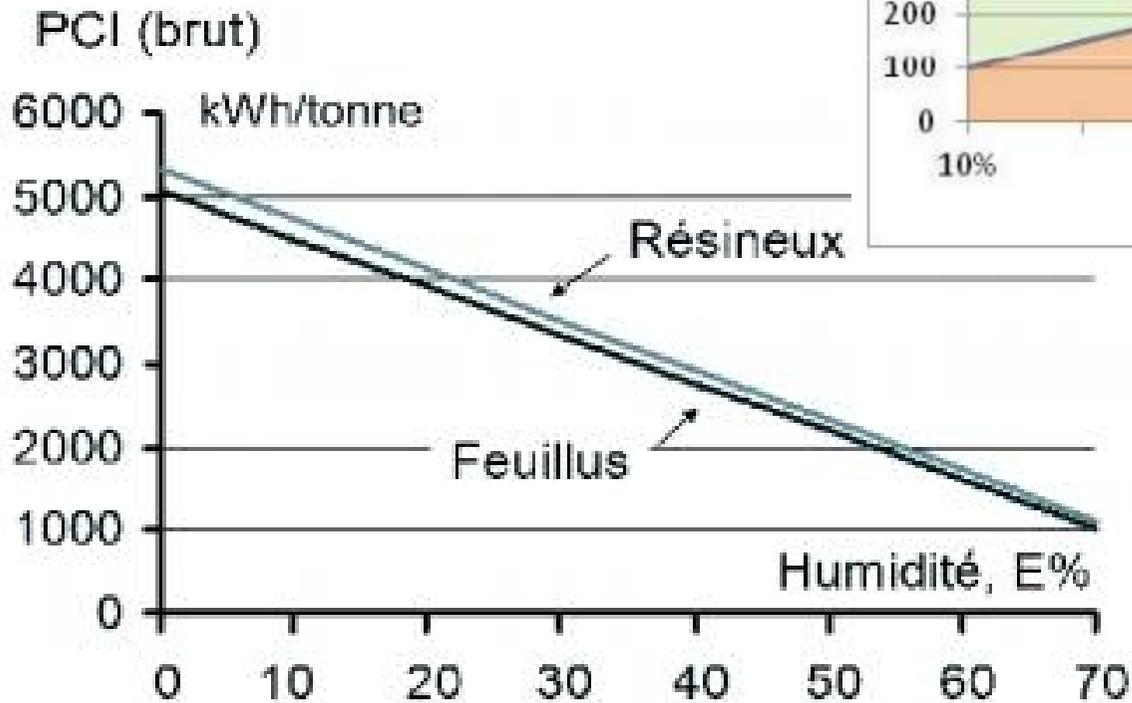
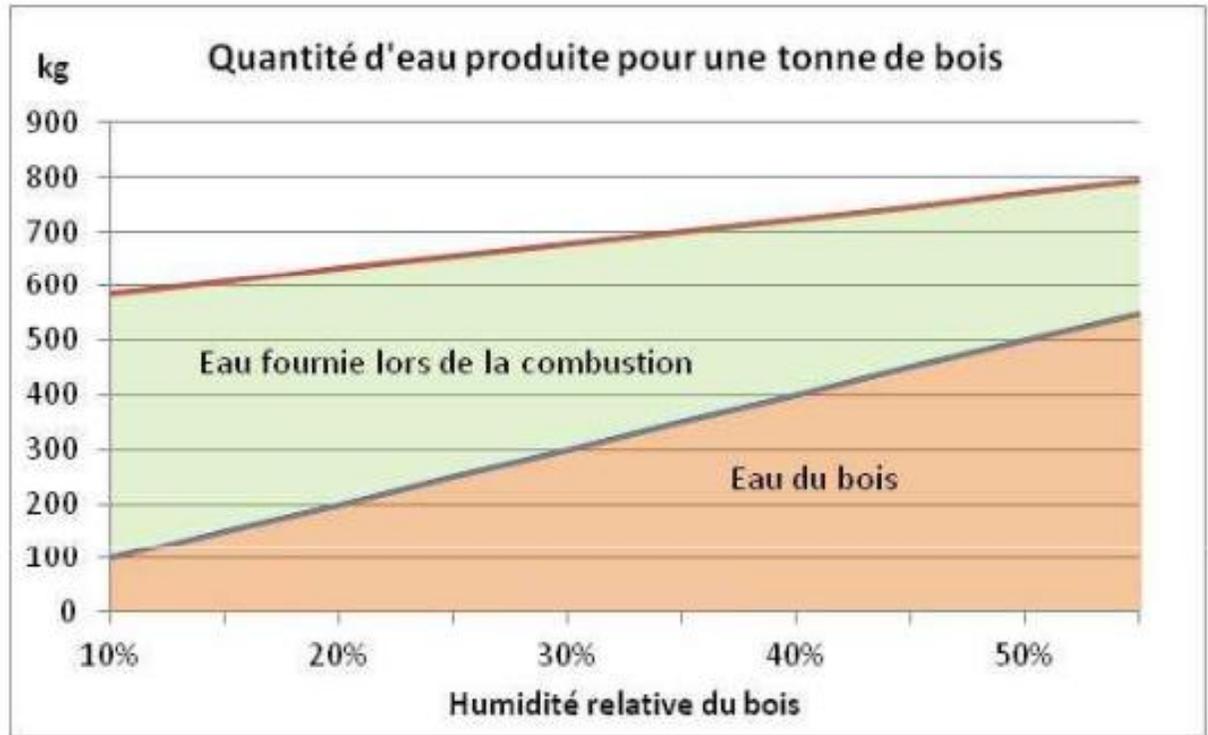


Schéma simplifié du cycle de changement d'état de l'eau : chaleur sensible et chaleur latente



L'eau dans le bois



Condensation des fumées: principe

Condenser la vapeur d'eau contenue dans les fumées de combustion et **récupérer la chaleur latente** libérée lors du changement d'état, en abaissant leur température au-delà du point de rosée.

Intérêt : récupérer une quantité de chaleur très importante qui sinon est dispersée à l'atmosphère

Pouvoirs calorifiques(*) inférieur et supérieur d'un combustible

$$\begin{aligned} &\text{Pouvoir calorifique supérieur (PCS)} \\ &= \\ &\text{Pouvoir calorifique inférieur (PCI)} \\ &+ \text{Chaleur latente de vaporisation} \end{aligned}$$

(*) exprimés en quantité d'énergie par
unité de masse :
(Kcal/Kg, KWh/t, KJ/Kg, etc...)

Diagramme de Mollier (ou d'Enthalpie) de l'eau

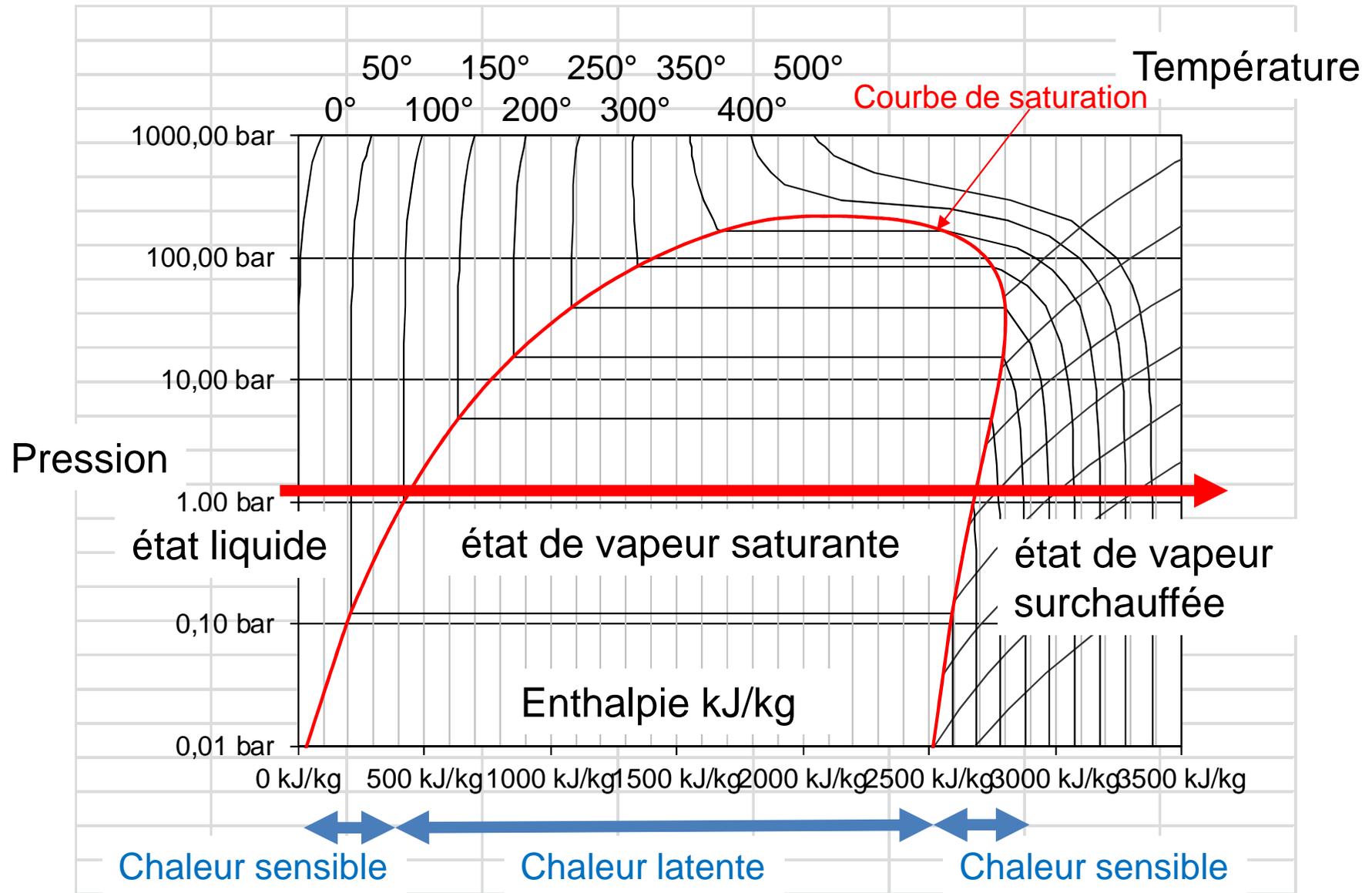


Diagramme de Mollier (ou d'Enthalpie) de l'eau

Exemple, lu sur le diagramme :

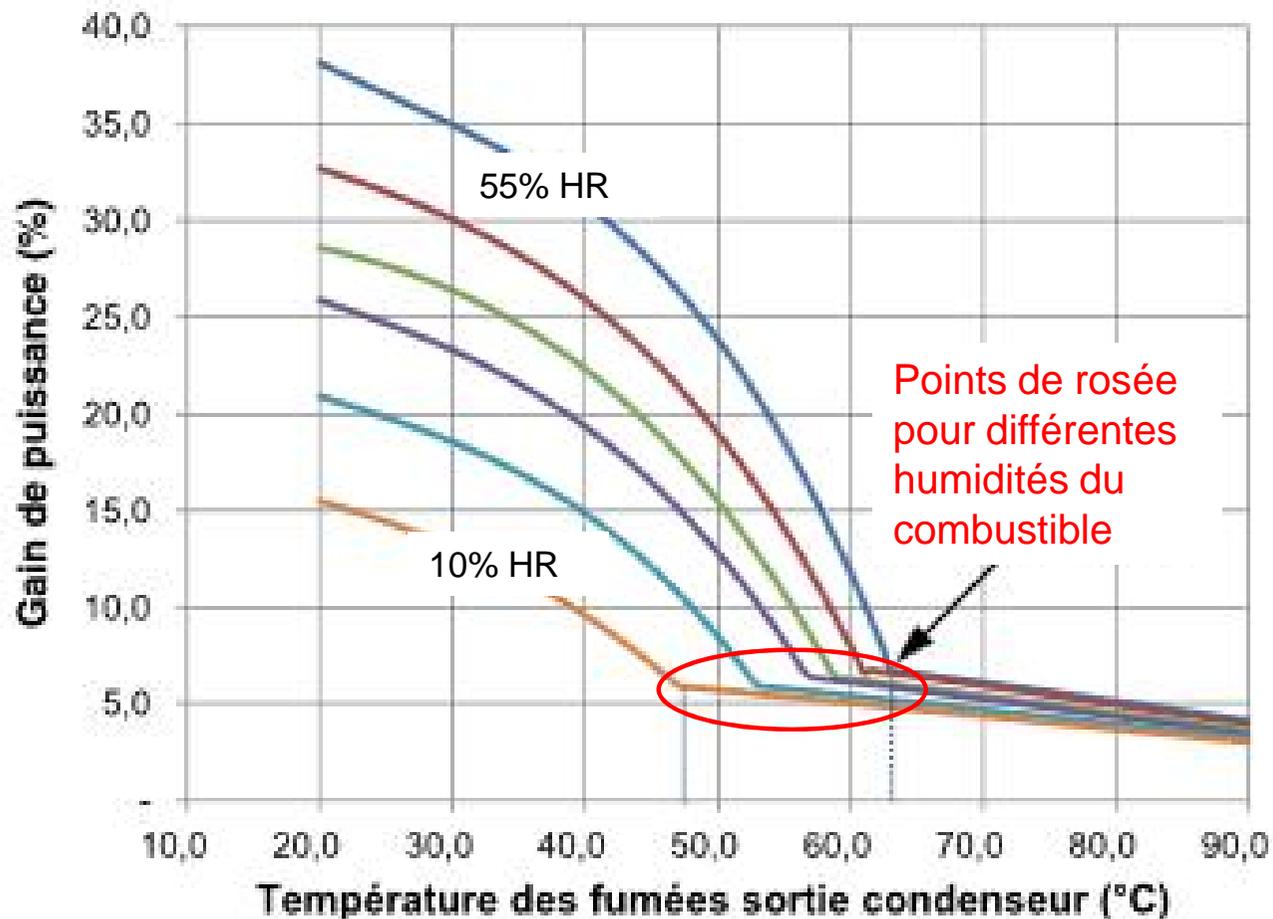
- Chaleur sensible (eau) entre 80 et 100°C : 23 KWh/t
- Chaleur latente vaporisation/condensation : 626 KWh/t
- Chaleur sensible (vapeur) entre 100 et 200°C : 58 KWh/t

*NB Attention il s'agit de valeurs numériques
concernant de la vapeur pure,
pas un mélange vapeur d'eau/fumées*

Condensation des fumées: 3 paramètres principaux

- Le niveau de température des fumées
- L'humidité du combustible
- L'excès d'O₂ dans les fumées

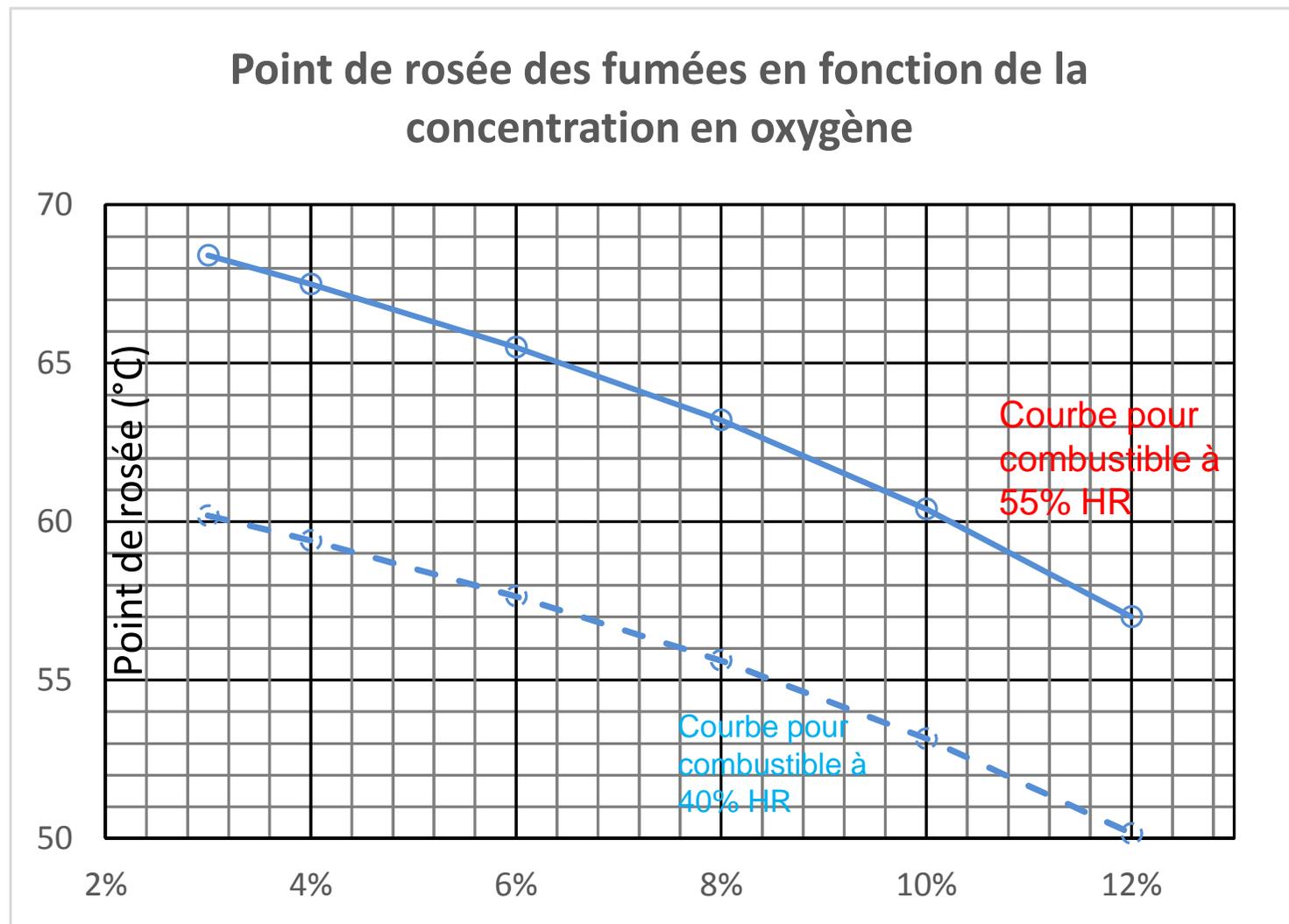
Impact de l'humidité du combustible et de la température des fumées



Accroissement de la chaleur récupérée (%) en fonction de la température des fumées pour différentes humidités relatives du combustible

source : CFP sept.2015.

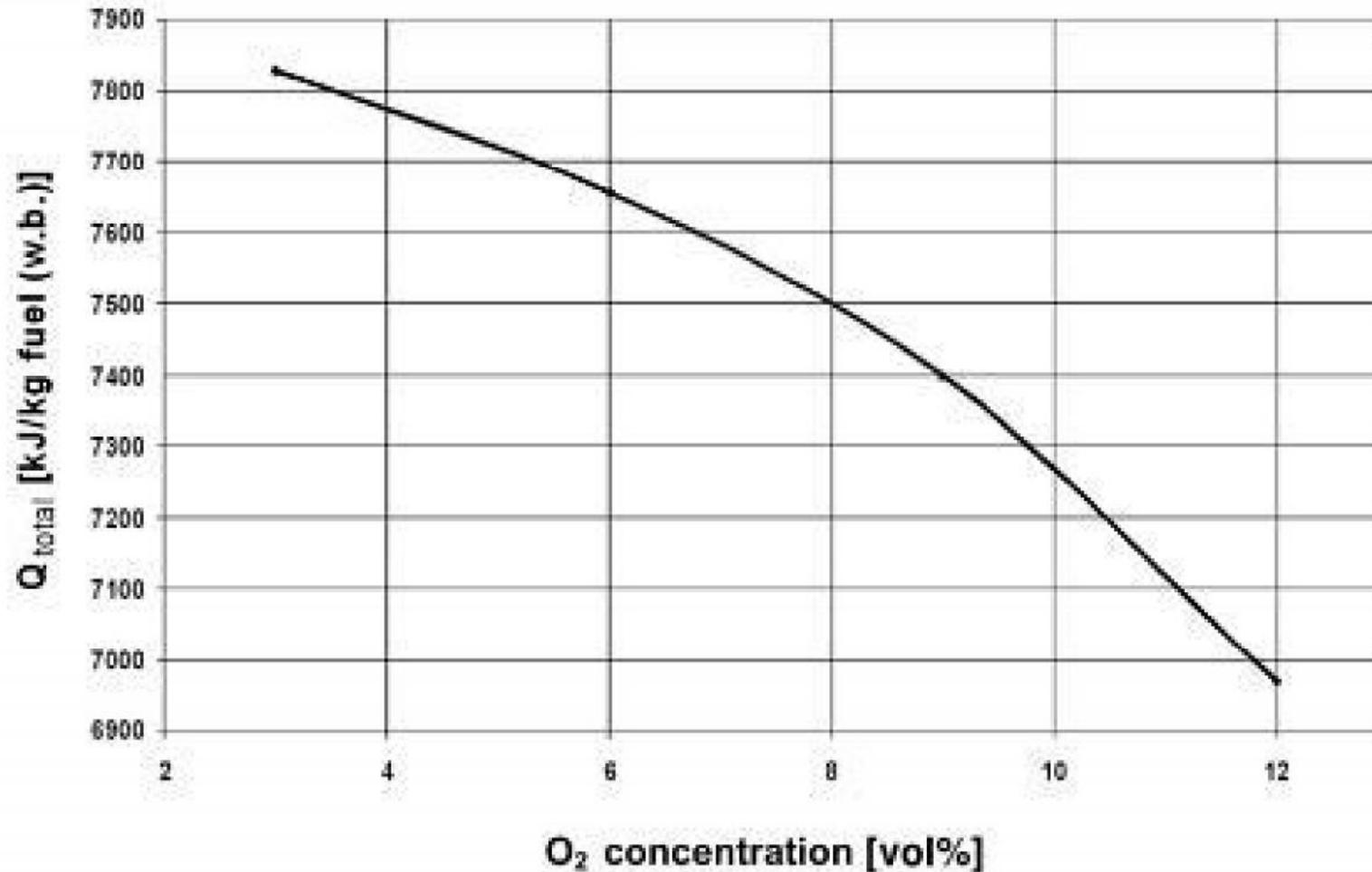
Impact de l'excès d'O₂ dans les fumées



Évolution de la température du point de rosée en fonction du taux d'oxygène dans les fumées

Source : *The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing* .

Impact de l'excès d'O₂ dans les fumées



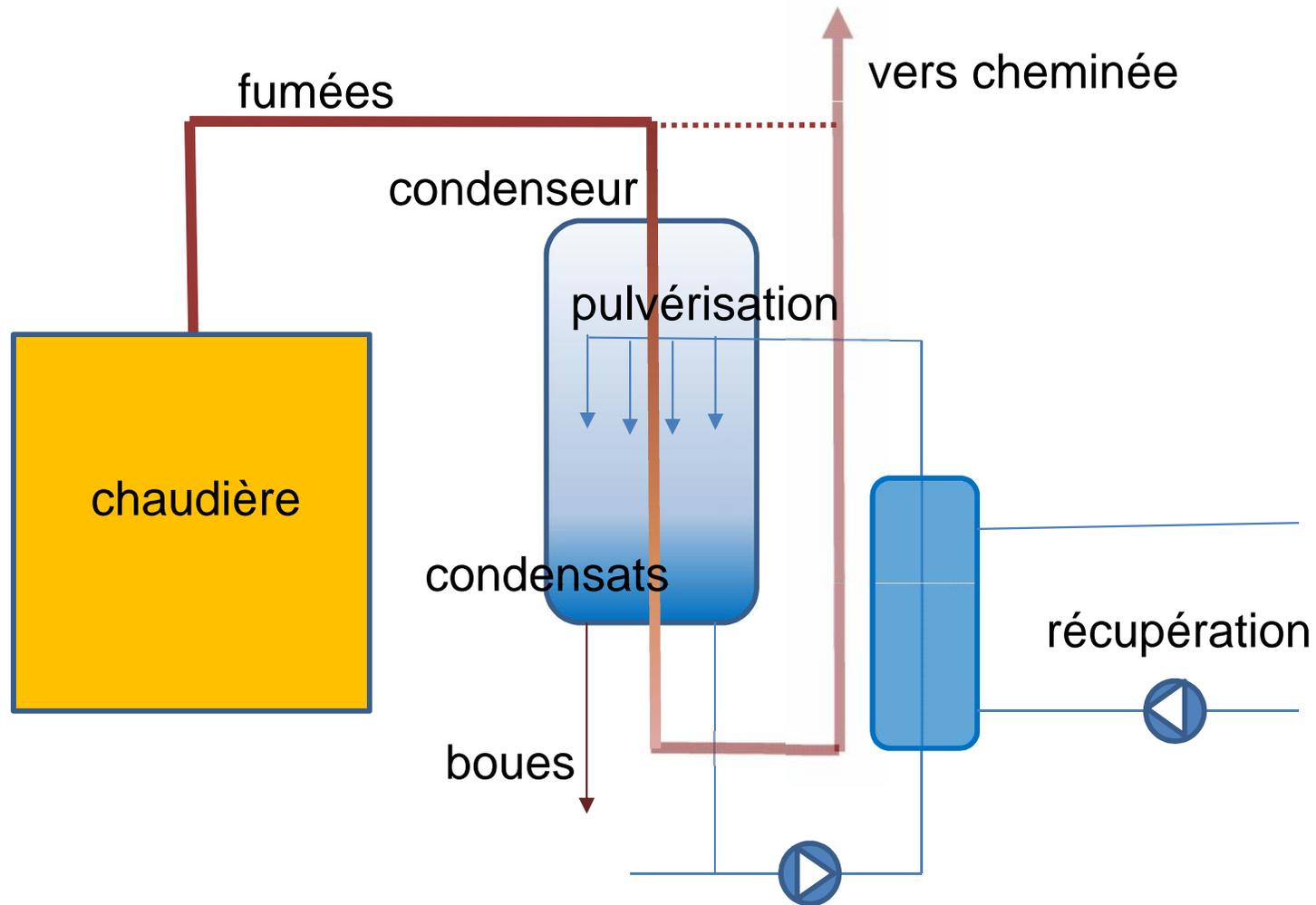
Évolution de la quantité de chaleur contenue dans les fumées en fonction du taux d'oxygène

Source : *The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing* .

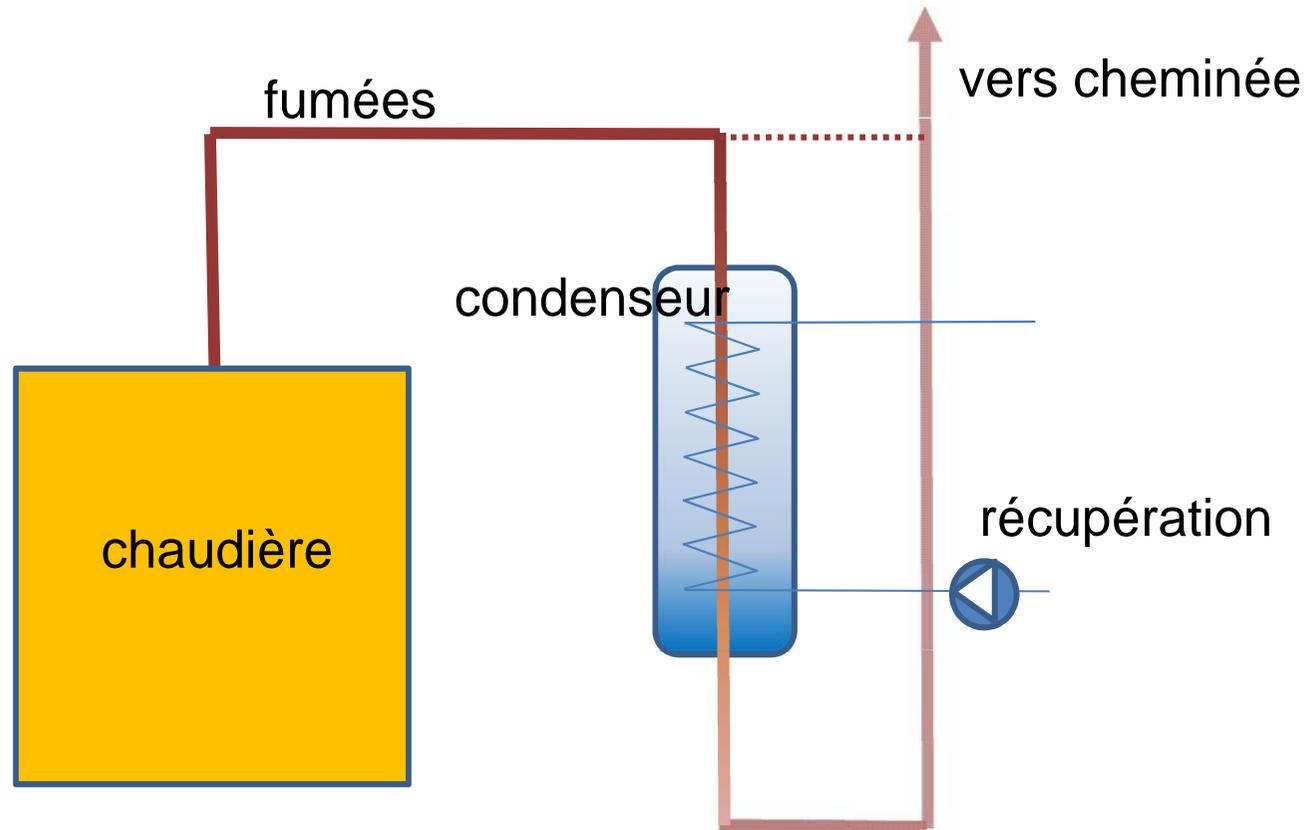
Deux technologies principales

- Lavage des fumées (pulvérisation d'eau dans les fumées, voie humide)
 - Récupération des condensats
 - Echange condensats / source froide
- Condensation par échange indirect (voie sèche) :
 - Echange fumées / source froide

Lavage des fumées (pulvérisation d'eau dans les fumées, voie humide), principe :



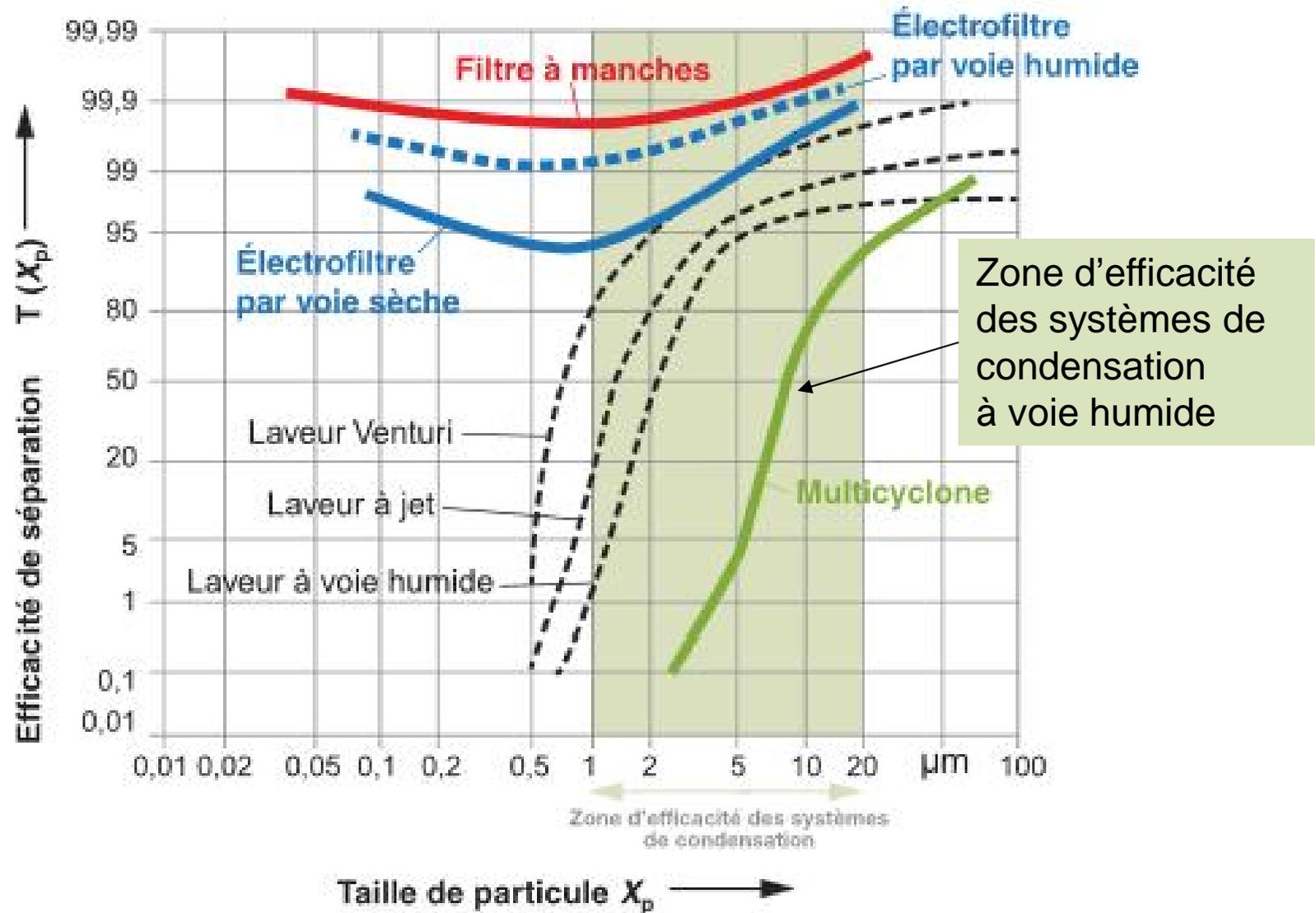
Condensation par échange indirect (voie sèche), principe :



Des architectures différentes

- Condensation puis dépoussiérage aval
>> impact de la condensation sur le dépoussiérage
- Dépoussiérage puis condensation sur fumées
>> condensation neutre sur dépoussiérage

Condensation et dépolluage



source : CFP sept.2015.

Contraintes et points de vigilance

- Encrassement, si pas de dépoussiérage amont
- Corrosion / tenue dans le temps des matériaux (condenseur, cheminée)
- Traitement et élimination des résidus de traitement

Condensation des fumées sur des installations bois énergie

Pour aller plus loin ...



Comité Interprofessionnel du Bois-Energie

**LA CONDENSATION DES FUMÉES ISSUES DE LA
COMBUSTION DU BOIS :
ETAT DES LIEUX, PERTINENCE DE LA MISE
EN ŒUVRE ET CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT**

Document interne ^(a)

Résumé
Ce document présente les principes thermodynamiques et thermochimiques de la condensation de la vapeur d'eau des technologies appliquées aux chaufferies bois, souligne les points de réflexion sur la condensation et conclut sur une évolution nécessaire des habitudes françaises.

Document produit par la **commission REX « Retour d'expériences de conception, construction et exploitation des chaufferies et réseaux »**
Rédacteurs : Nicolas SEGLAS et Dominique PLUMAIL (CEDEN)
Date de première émission : Avril 2011
Date de la présente version : Avril 2011
Référence : 2011-REX-1



Comité Interprofessionnel du Bois-Energie

Condensation des fumées sur les chaudières bois

Document interne ^(a)

Résumé
Ce document fait la synthèse d'un premier retour d'expérience en ce qui concerne les installations de condensation de fumées.

Document produit par la **commission REX « Technologies, conception, construction et exploitation des chaufferies et réseaux »**
Rédacteur : Jean-Pierre TACHET, collectif
Date de première émission : Mai 2013
Date de la présente version : Mai 2013
Référence : 2013-REX-2



**L'efficacité des systèmes
de production et de distribution de
chaleur**

17 avril 2012

Dominique PLUMAIL

C E D E N
CARNE ET OUVRIER SUR LES DECORS ET L'ENERGIE



Journée technique Bourg-en-Bresse, 6 avril 2016



Merci pour votre attention

Comité Interprofessionnel du Bois-Energie
E-mail : contact@cibe.fr - Site Internet : www.cibe.fr