



Réunion plénière du CIBE Paris, 17 avril 2012

Réduction des émissions d'oxydes d'azote issues de la combustion du bois en chaudière

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

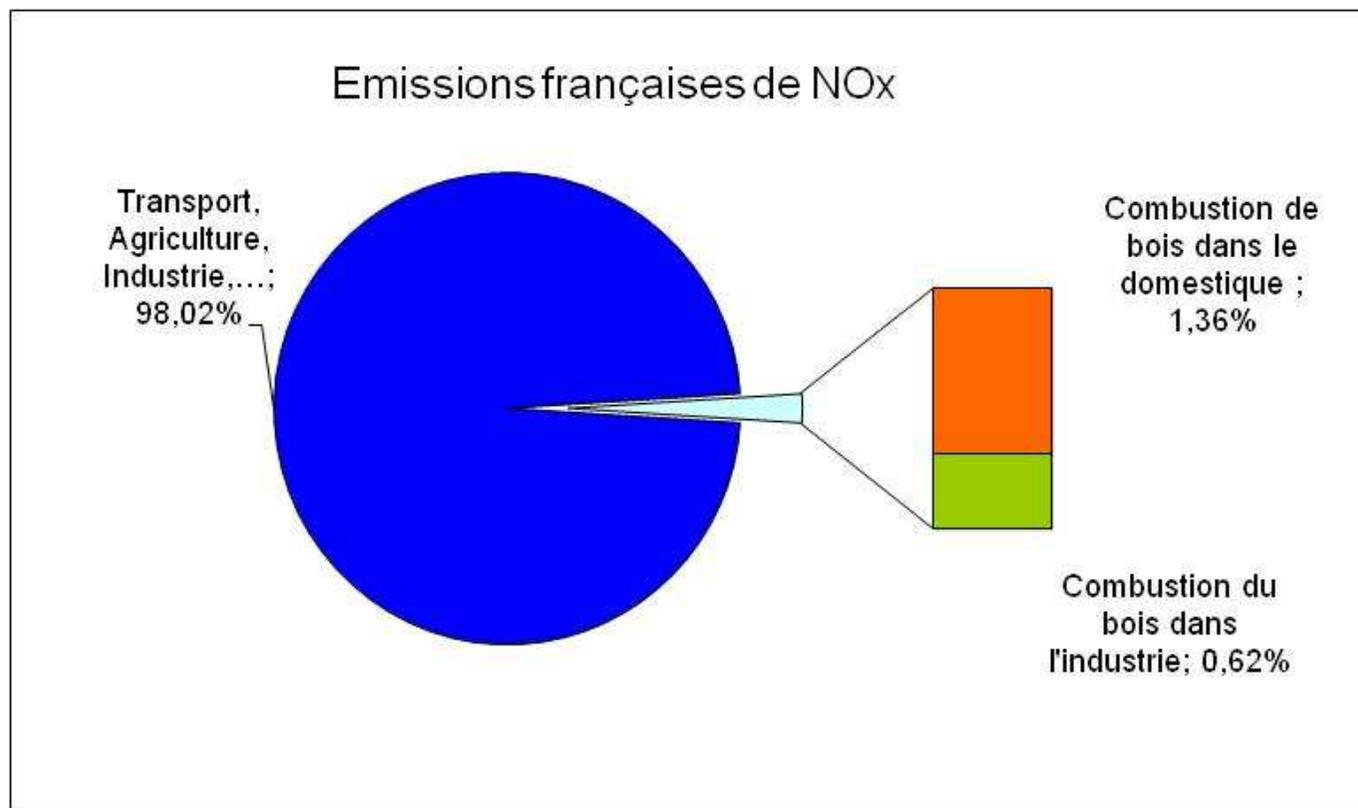
Comité Interprofessionnel du Bois-Energie
E-mail : contact@cibe.fr - Site Internet : www.cibe.fr

Oxydes d'azote et effets sur la santé

Présence dans l'air, conséquences pour les enfants, les personnes âgées, les asthmatiques et les insuffisants respiratoires :

- altération de la fonction respiratoire,
- hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique,
- accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

Origine des oxydes d'azote, contribution du secteur énergétique



Formation des oxydes d'azote dans la combustion du bois

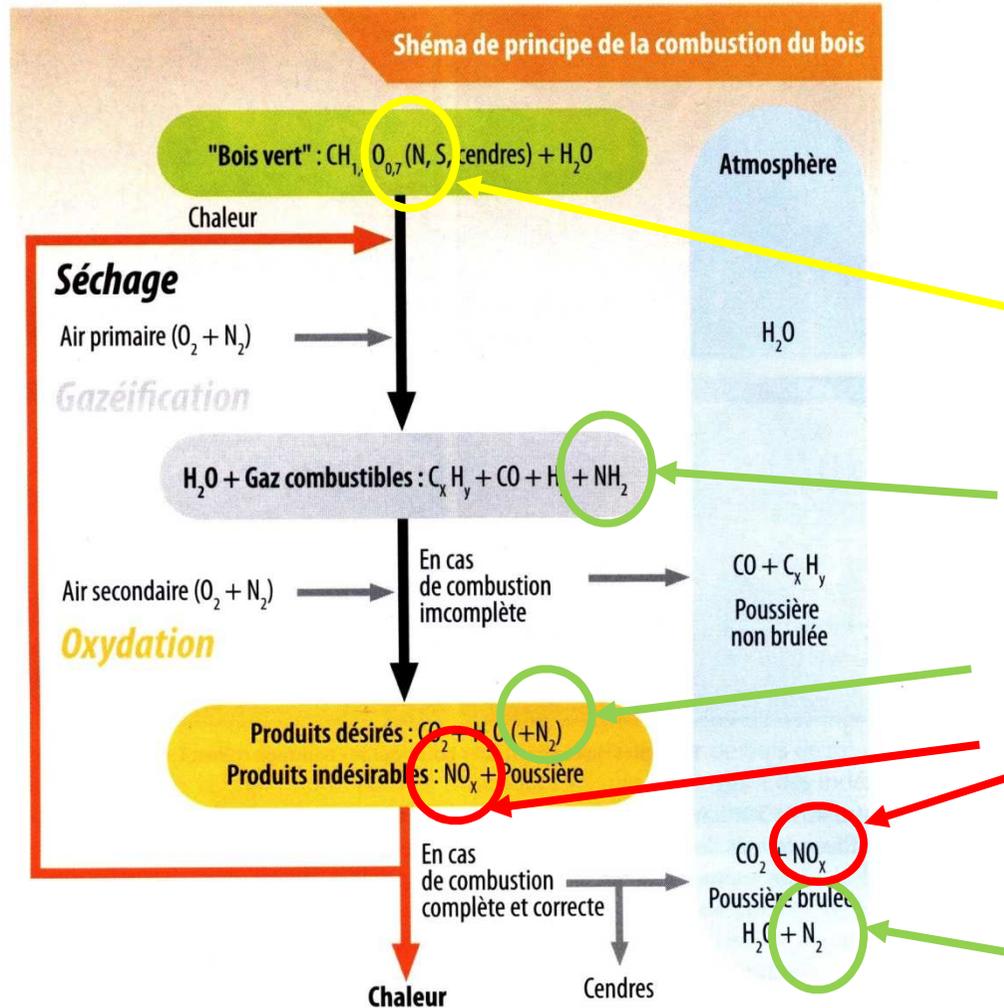


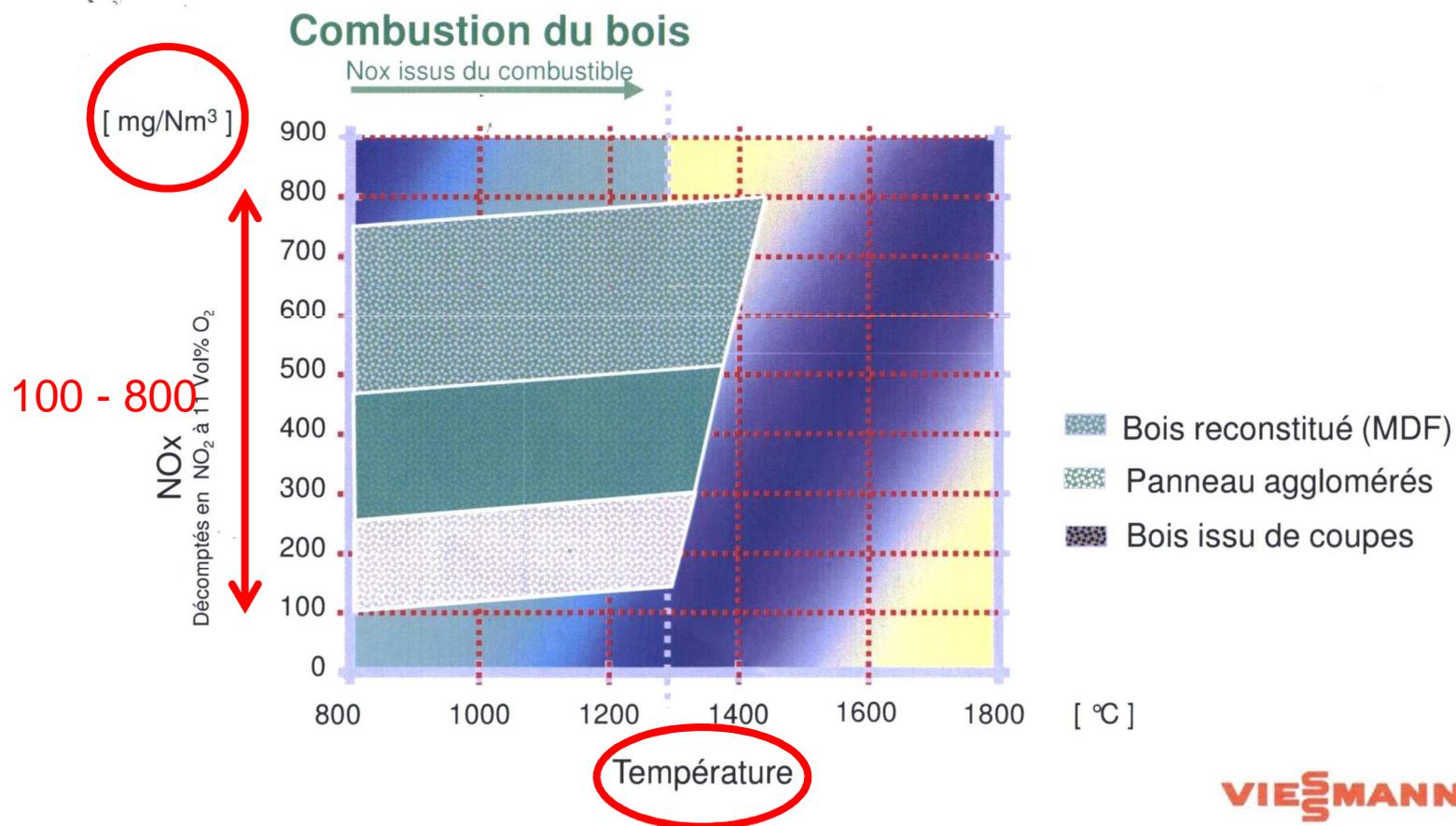
Schéma de principe simplifié de la combustion du bois

(Source : ouvrage "Etudes et projets de chauffage automatique au bois" - PACER - N° 724237f - 1995)

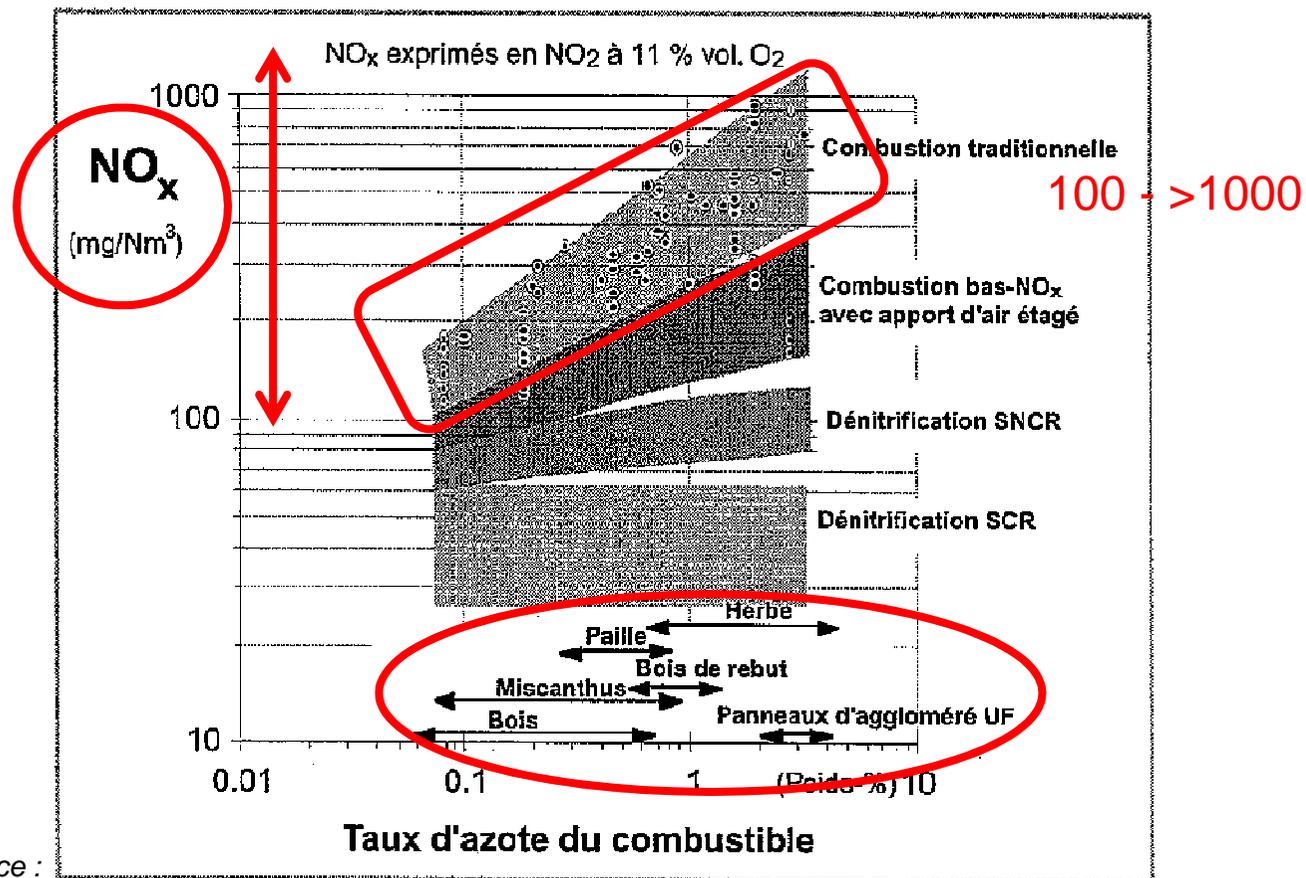
Formation des oxydes d'azote dans la combustion du bois

- dans la combustion du bois, les NOx sont issus majoritairement de l'oxydation de l'azote contenu dans le combustible (températures inférieures à 1400°C),
- une plus ou moins grande quantité est émise en fonction du taux d'azote dans le combustible, donc du type de combustible.

Formation des oxydes d'azote dans la combustion du bois



Formation des oxydes d'azote dans la combustion du bois



Source :
Nussbaumer

Techniques de dénitrification, état de l'art

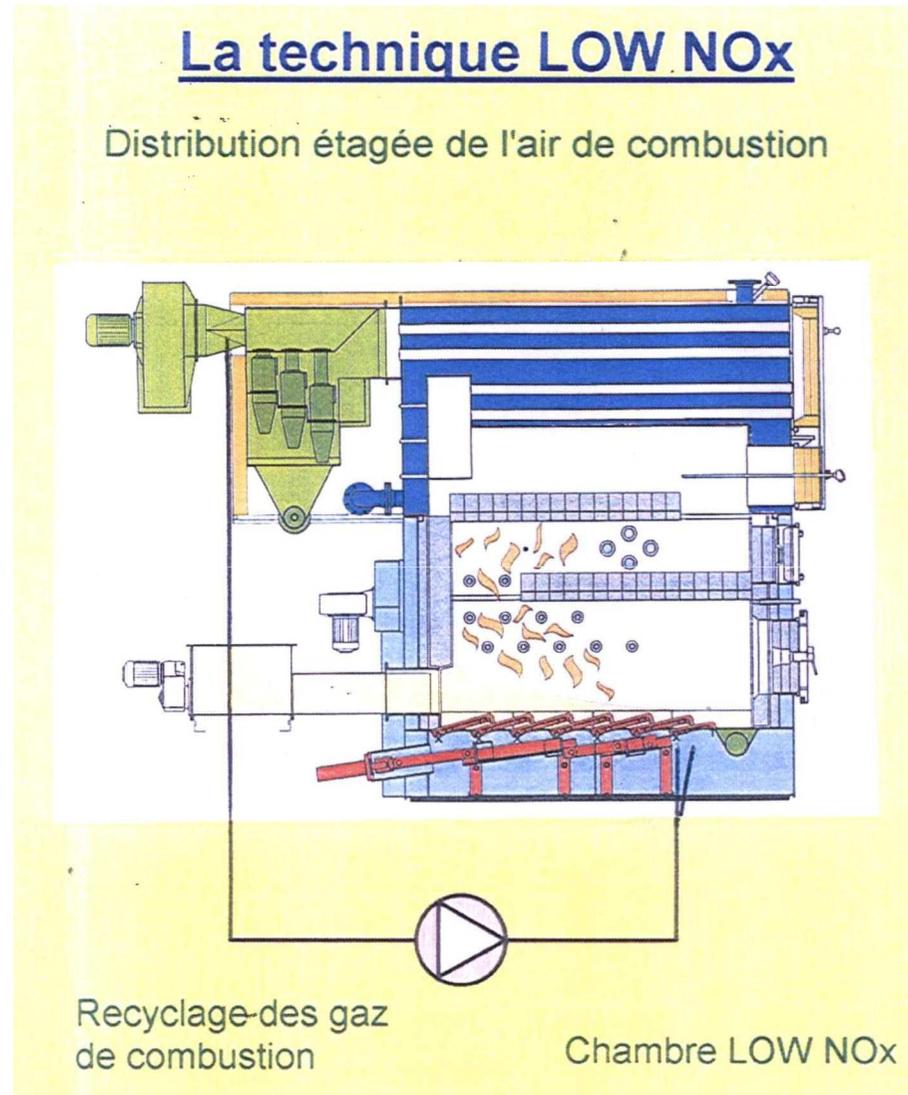
- **techniques primaires**, s'appuyant sur la maîtrise des réactions chimiques et du processus de combustion, à travers la conception constructive de la chaudière,
- **techniques secondaires**, consistant à insérer dans l'installation un équipement spécifique destiné à assurer la réduction des NOx formés.

Techniques primaires

- recirculation des fumées
- étagement de l'air de combustion
- étagement de l'apport en combustible

>> ces techniques nécessitent un temps de séjour suffisant du combustible dans le foyer, donc un volume important de ce dernier

Techniques primaires, exemple



Techniques secondaires

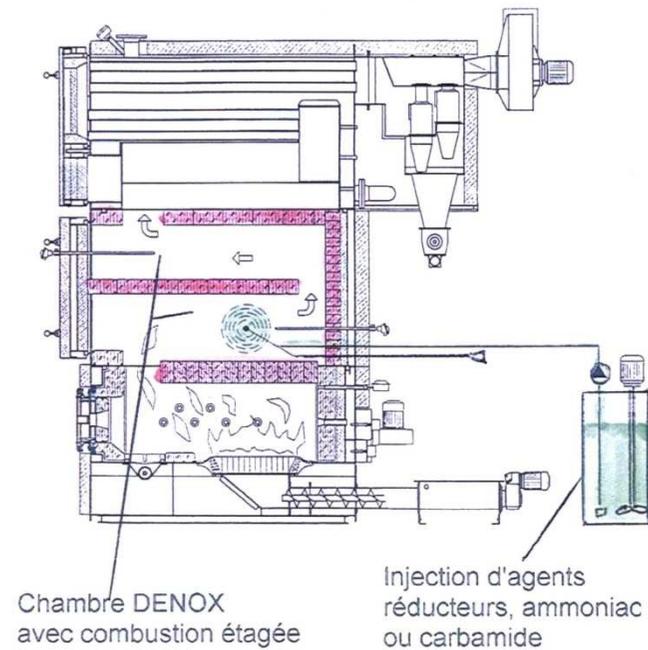
- réduction sélective non catalytique (SNCR),
- réduction sélective catalytique (SCR)

>> ces techniques utilisent un agent réducteur, composé azoté (ammoniacale ou urée, généralement), réagissant avec les NOx pour recomposer de l'azote moléculaire

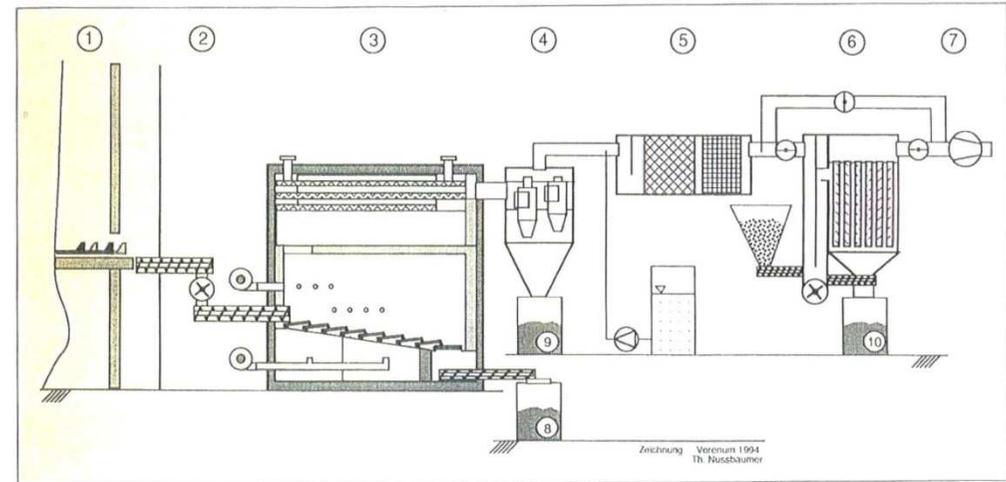
Techniques secondaires, exemples

La technique DENOX

Réduction sélective non catalytique SNCR



SNCR



- 1 - Silo à combustible
- 2 - Transfert du combustible à la chaudière
- 3 - Foyer à grille à combustion étagée
- 4 - Filtre multi-cyclones
- 5 - Catalyseur pour injection d'ammoniac ou de carbamide
- 6 - Filtre texturé
- 7 - Ventilateur d'extraction des gaz de combustion
- 8 - Cendres du foyer
- 9 - Cendres du filtre multi-cyclones
- 10 - Cendres du filtre

SCR

Dénitrification, conditions techniques

Dans tous les cas :

- volume de foyer (dans lequel s'effectuent les réactions) suffisant,
- homogénéité du combustible (humidité, teneur en azote).

Avec injection de réactif :

- respect d'une fenêtre de températures,
- respect d'une valeur de charge optimale (~ 80%),
- brassage des gaz et du réactif (turbulences).

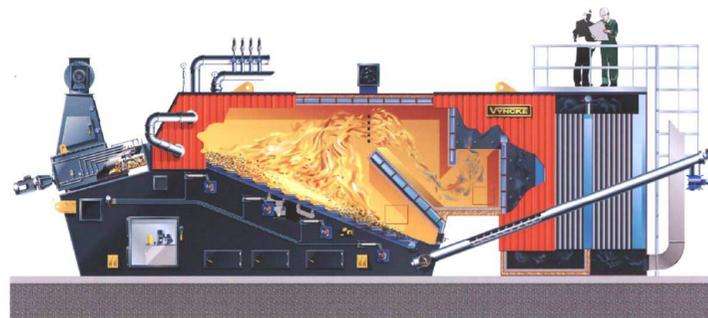
Dénitrification, conditions techniques

- jusqu'à ~ 6 MW : technologie à tubes de fumées
>> volume de foyer faible, peu ou pas compatible avec les techniques de dénitification

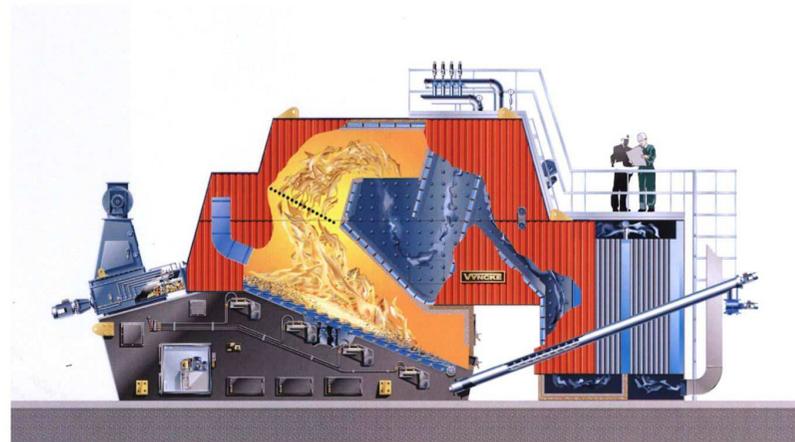
-au-delà de ~ 6 MW : technologie mixte tubes d'eau/tubes de fumées
>> volume foyer plus important, compatible avec les techniques de dénitification

Dénitrification, conditions techniques

VYNCKE

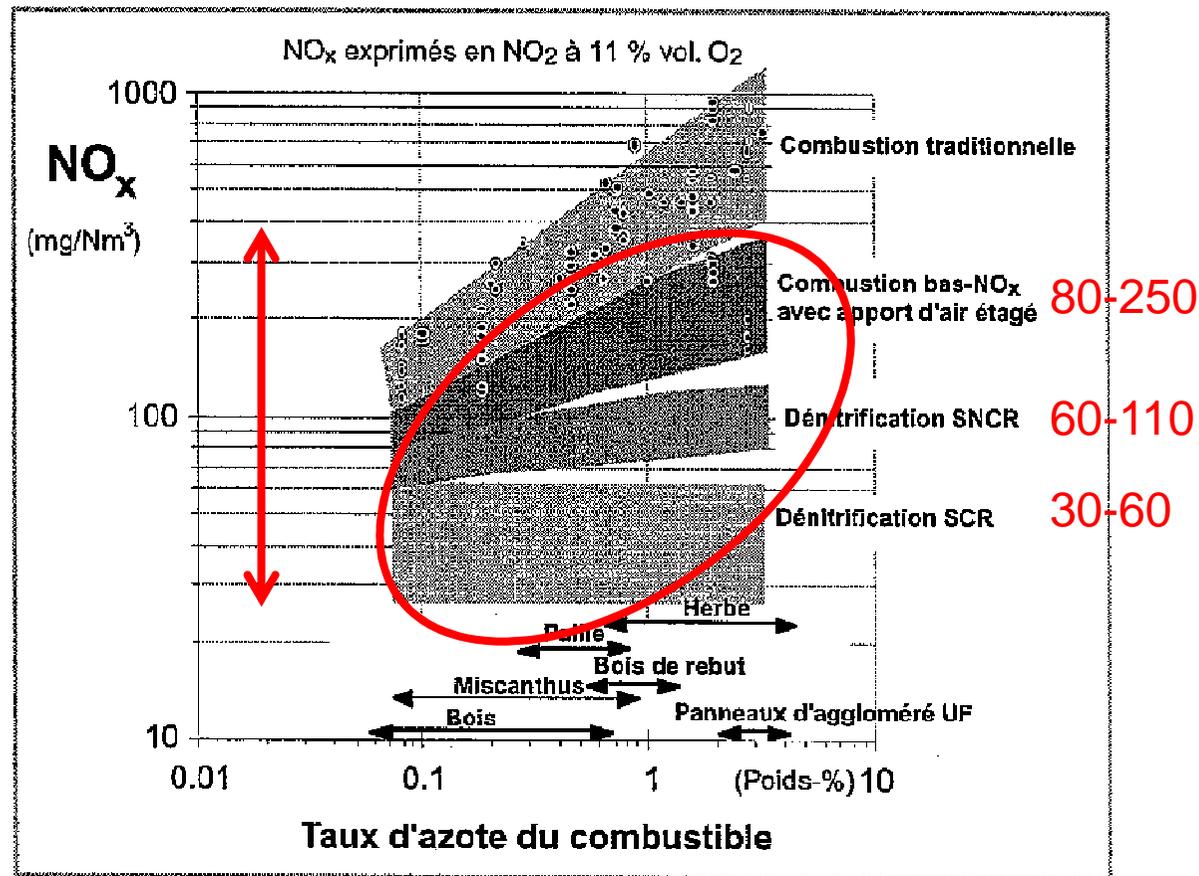


Foyer-chaudière conventionnel



Foyer-chaudière DeNOx

Dénitrification, performances (conditions idéales)



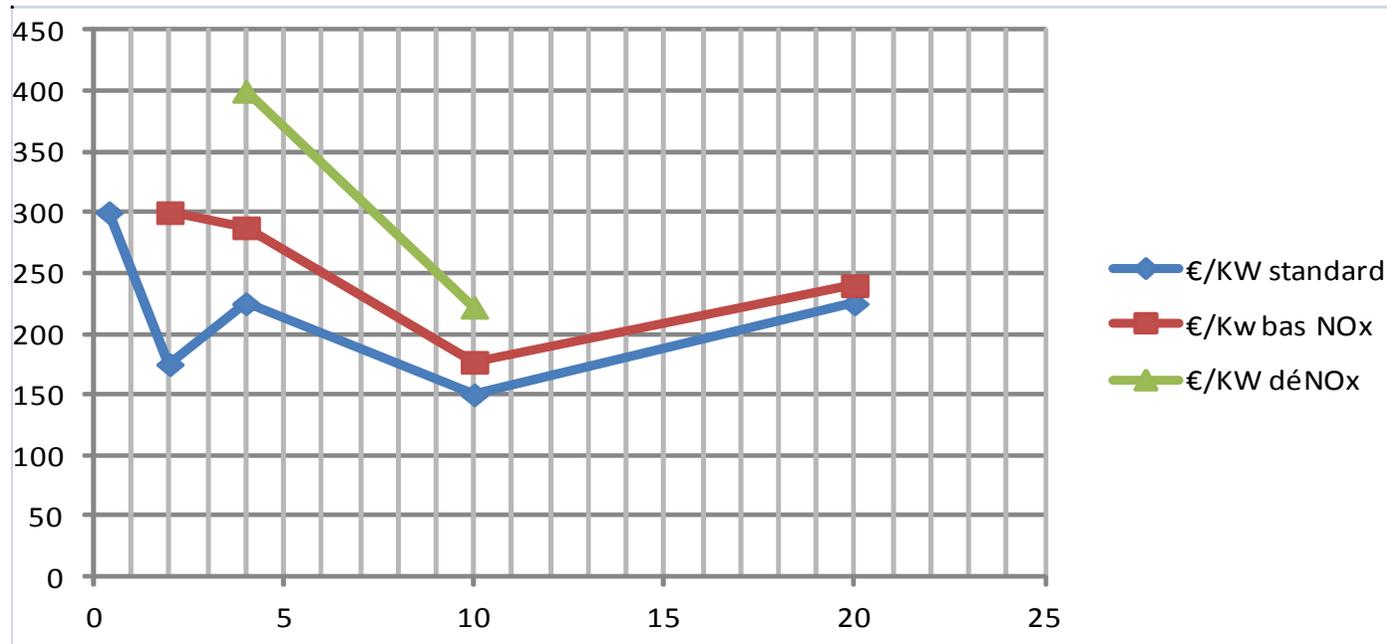
Source :
Nussbaumer

Dénitrification, performances moyennes (en conditions d'exploitation réelles)

Emission de Nox* en mg/ Nm3 de gaz sec à 11 % d'O2 :
Conception bas Nox : 250
SNCR : 200 (à partir de 6 MW)

** pour de la biomasse naturelle, sur la base d'une valeur d'émission de 450 en conception standard*

Dénitrification, aspects économiques



coût en € au KW d'un ensemble foyer/chaudière avec ses équipements auxiliaires directs en fonction de la puissance utile installée (MW)

Dénitrification, aspects réglementaires

VLE (valeur limite d'émission) des NOx pour la biomasse en mg/ Nm³ de gaz sec à 11 % d'O₂ :

2 à 20 MW : 500

20 à 50 MW : 267

50 à 100 MW : 167

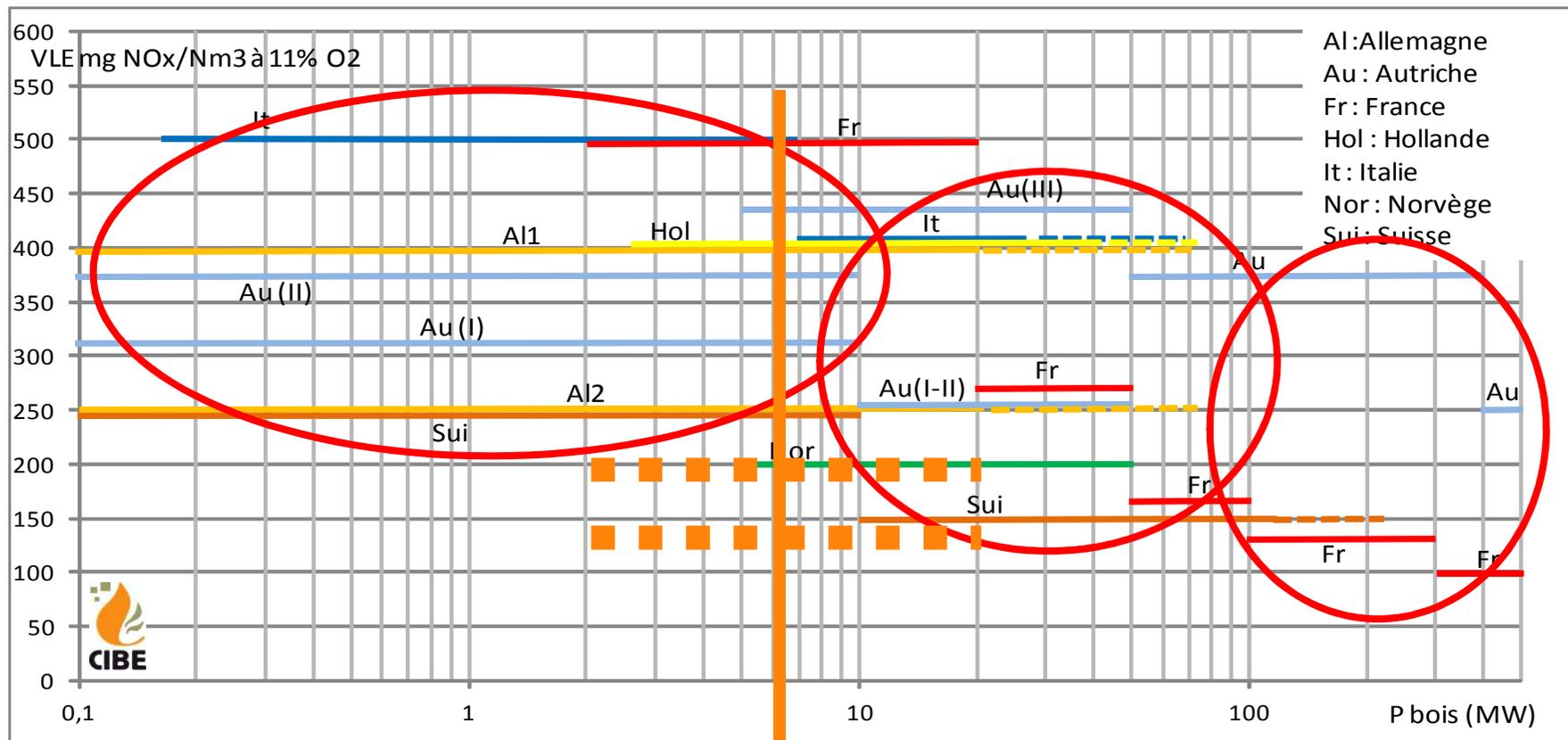
100 à 300 MW : 133

Nouvelles VLE en projet :

2 à 20 MW : 200 (cas général) 120 (PPA)

20 à 50 MW : révision prochaine probable

Panorama européen en matière réglementaire : valeurs limites d'émission NOx bois



informations mises à jour en janvier 2010, ne préjugant d'éventuelles évolutions après cette date

NOx dans la combustion du bois et techniques de dénitrification : conclusions

- une corrélation directe des NOx au taux d'azote du bois, des niveaux d'émission très variés
- des impossibilités technologiques de réduction des émissions pour les petites puissances
- des techniques délicates à exploiter
- un impact économique important pour les moyennes puissances
- des contraintes réglementaires se durcissant

NOx dans la combustion du bois et techniques de dénitrification : conclusions de la commission REX

			Puissance utile chaudière >>>>	400 KW	2 MW	4 MW	6 MW**	10 MW	20 MW
SANS SYSTEME DE DENITRIFICATION									
1	chaudières nouvelles	conception standard	émissions NO _x en mg/m ³ à 11% O ₂	450 mg	450 mg	450 mg	450 mg	450 mg	
2			coût base chaudière	120 K€	350 K€	900 K€		1500 K€	4500 K€
3		conception "bas Nox"	émissions NO _x en mg/m ³ à 11% O ₂	-	-	250 mg	250 mg	250 mg	
4			surcoût "bas Nox"	(+250 K€)*	(+250 K€)*	+250 K€		+270 K€	+300 K€
5	chaudières existantes	conception standard		NON ADAPTABLE / TRANSFORMABLE "BAS Nox"					
6		conception "bas Nox"	émissions NO _x en mg/m ³ à 11% O ₂	-	-	250 mg	250 mg	250 mg	
AVEC SYSTEME DE DENITRIFICATION SNCR									
7	chaudières existantes	conception standard		NON ADAPTABLE / TRANSFORMABLE					
8	chaudières existantes et nouvelles	conception "bas Nox"	émissions NO _x en mg/m ³ à 11% O ₂	IMPOSSIBILITE TECHNIQUE			200 mg	200 mg	
9			adaptation chambre de combustion	IMPOSSIBILITE TECHNIQUE			+250 K€	+250 K€	?
10			équipement déNOx	IMPOSSIBILITE TECHNIQUE			+200 K€	+200 K€	?
PROPOSITIONS VLE									
11	chaudières existantes		émissions NO _x en mg/m ³ à 11% O ₂	500 mg	500 mg	500 mg	500 mg	500 mg	
12	chaudières nouvelles			500 mg	500 mg	350 mg	350 mg	300 mg	
			Puissance utile chaudière >>>>	400 KW	2 MW	4 MW	6 MW	10 MW	20 MW

Commission REX : remerciements

COUSIN Stéphane
FLANDIN Yann
FOLTZER Claude
FROUIN Hervé
HAUSHALTER Jacques
HOUIN Marc
JACQUES Dominique
PASCUAL Christophe
PETER Vincent
RAT Gregory
RIALLAND Samuel
STEPHAN Hélène
TOURNEBIZE Céline
TACHET Jean-Pierre
THOLLET Sylvain
TROCHERIE David
VILLENEUVE Pierre-André

BIOMASSE NORMANDIE
DALKIA France
SCHMID France
SEGEM
JH Consulting
KOHLBACH
RHONALPENERGIE ENVIRONNEMENT
COFELY CYLERGIE
VIESSMANN France SAS
WEISS France
ATLANBOIS
DALKIA France
COMPTE-R
CIBE
GIRUS
VIESSMANN France SAS
GIRUS

Réunion plénière du CIBE

Paris, 17 avril 2012

Merci pour votre attention



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