



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie DFE

Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

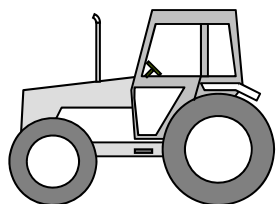
# **Nouvelles directives sur les gaz d'échappement – Tracteurs propres**

**Marco Landis**

Journées Technique Agricole Tänikon,  
16/17 juin 2010



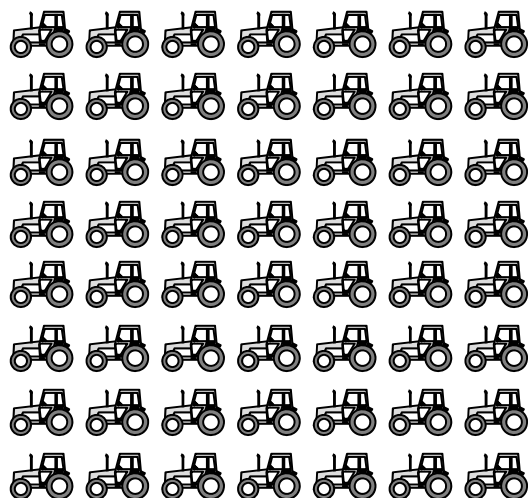
# Les tracteurs sont-ils plus propres?



**1 tracteur modèle 2000**, 70 kW,

$1 * 0,85 \text{ g/kWh} * 1,23 \text{ (dynamique)} * 1,2 \text{ (usure)} = 1,25 \text{ g/kWh}$

**Même émissions de Pm que :**



**56 tracteurs modèle 2012**, 70 kW

$56 * 0,0225 \text{ g/kWh} = 1,26 \text{ g/kWh}$

**Principes:**

- Facteurs d'émission: OFEV UW0828

- Moteur turbo

Correction de la dynamique pour la phase 0 du moteur, la phase III B

(cycle de mesure dynamique)



# Législation pour les tracteurs et les chariots de travail

Tableau 9: Moteurs à auto-allumage des Tracteurs et chariots de travail: évolution des valeurs limites

Norme	Etape	Catégorie	Entrée en vigueur*	Puissance du moteur (kW)	Valeurs limites [g/kWh]			
					CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM
OETV 2 / OETV (2000/25/CE)	Phase I	B	1.07.2002/1.10.2002	75 ≤ P < 130	5.0	1.3	9.2	0.70
		C	-----/1.10.2002	37 ≤ P < 75	5.0	1.3	9.2	0.70
	Phase II	E	1.07.2002/1.10.2002	130 ≤ P ≤ 560	3.5	1.0	6.0	0.2
		F	07.2002/03	75 ≤ P < 130	5.0	1.0	6.0	0.3
		G	01.2003/04	37 ≤ P < 75	5.0	1.3	7.0	0.4
		D	1.07.2002/1.10.2002	18 ≤ P < 37	5.5	1.5	8.0	0.8
2005/13/CE  analogue à 2004/26/CE	Phase III A	H	01.2005/06	130 ≤ P ≤ 560	3.5	4.0 (HC+NO <sub>x</sub> )		0.2
		I	01.2006/07	75 ≤ P < 130	5.0	4.0 (HC+NO <sub>x</sub> )		0.3
		J	01.2007/08	37 ≤ P < 75	5.0	4.7 (HC+NO <sub>x</sub> )		0.4
		K	01.2006/07	19 ≤ P < 37	5.5	7.5 (HC+NO <sub>x</sub> )		0.6
	Phase III B	L	01.2010/11	130 ≤ P ≤ 560	3.5	0.19	2.0	0.025
		M	01.2011/12	75 ≤ P < 130	5.0	0.19	3.3	0.025
		N	01.2011/12	56 ≤ P < 75	5.0	0.19	3.3	0.025
		P	01.2012/13	37 ≤ P < 56	5.0	4.7 (THC+NO <sub>x</sub> )		0.025
	Phase IV	Q	01.2013/14	130 ≤ P ≤ 560	3.5	0.19	0.4	0.025
		R	01.2013/14	56 ≤ P < 130	5.0	0.19	0.4	0.025

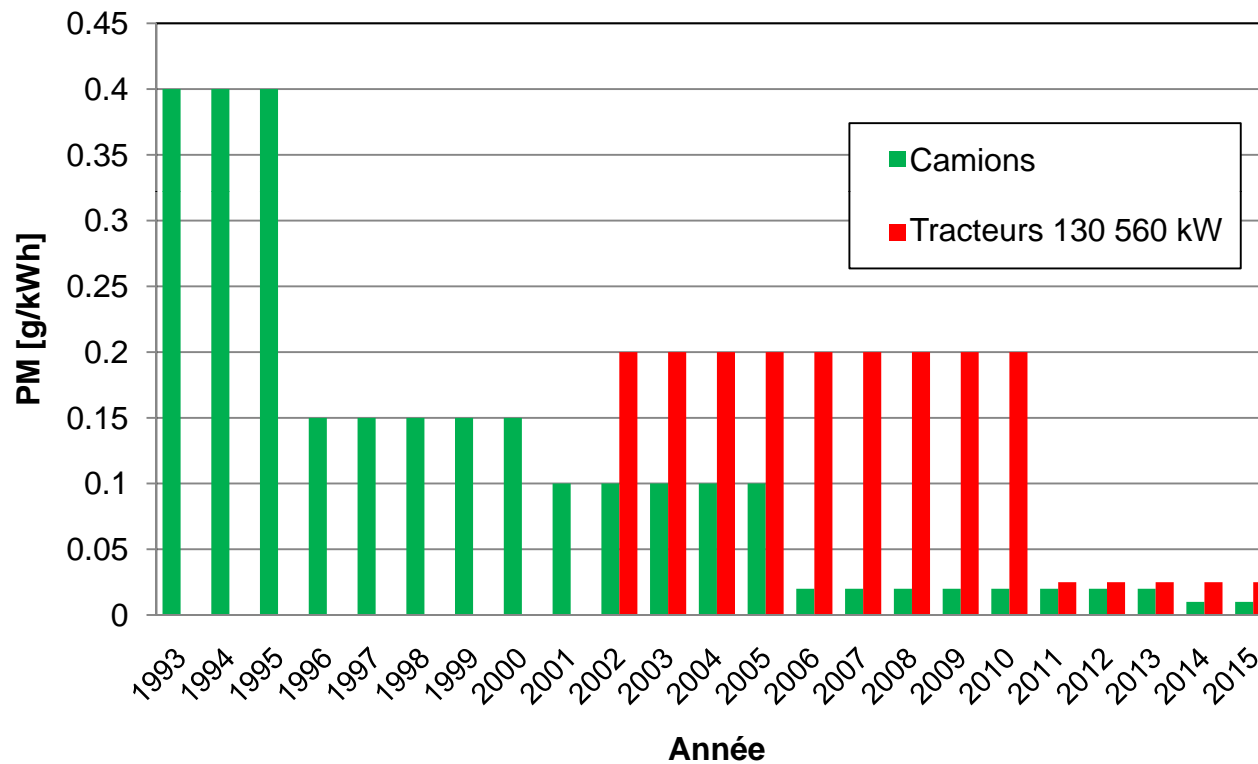
\* 1<sup>ère</sup> date: valable pour les nouveaux types de moteurs. 2<sup>ème</sup> date: pour la première mise en circulation resp. pour la 1<sup>ère</sup> mise en service de moteurs neufs.

Source: OFEV 2008, Evolution de la législation suisse relative aux gaz d'échappement des véhicules à moteur et des machines



# Comparaison avec les camions

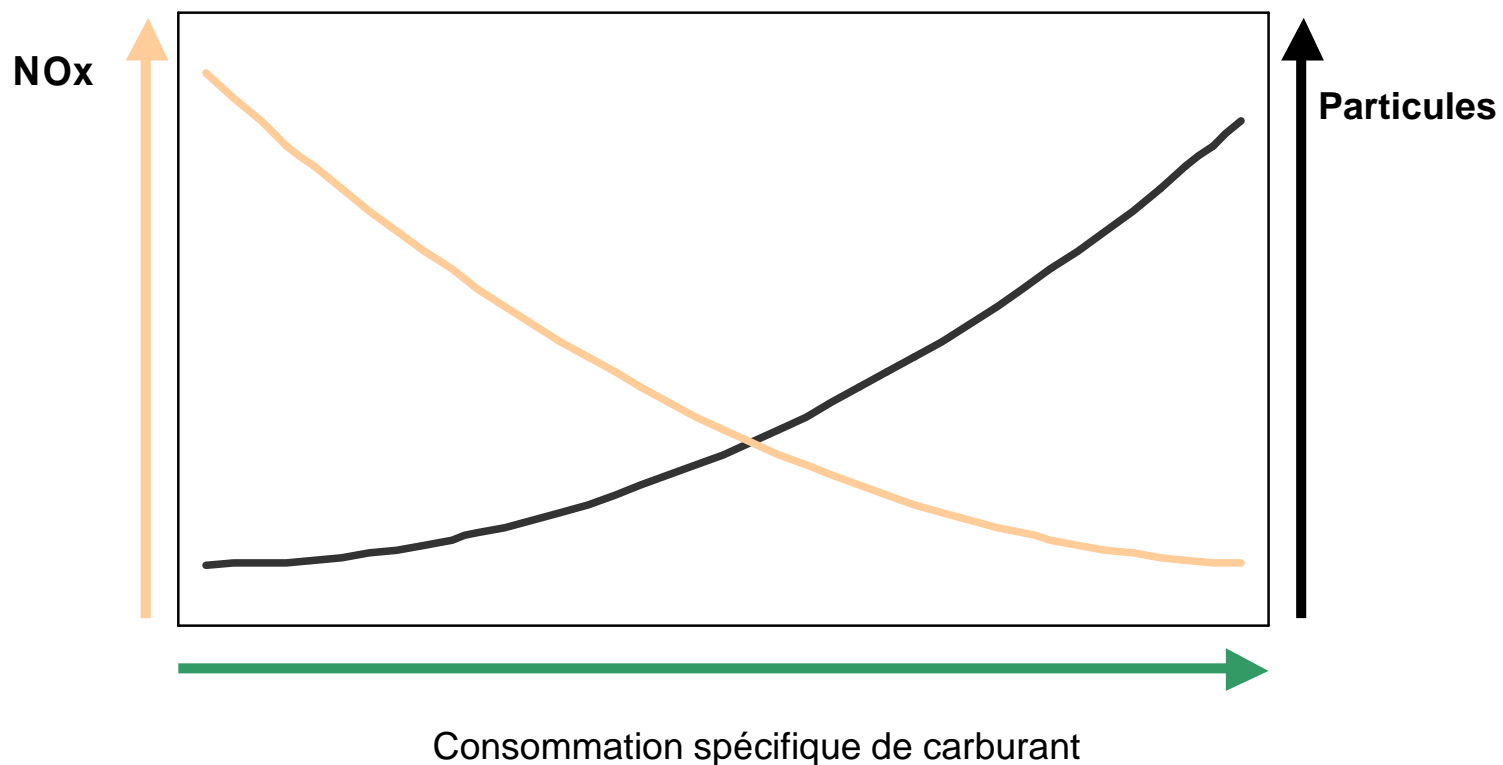
Comparaison des valeurs limites de PM entre camions et tracteurs





# Composants problématiques des gaz d'échappement (particules et NOx)

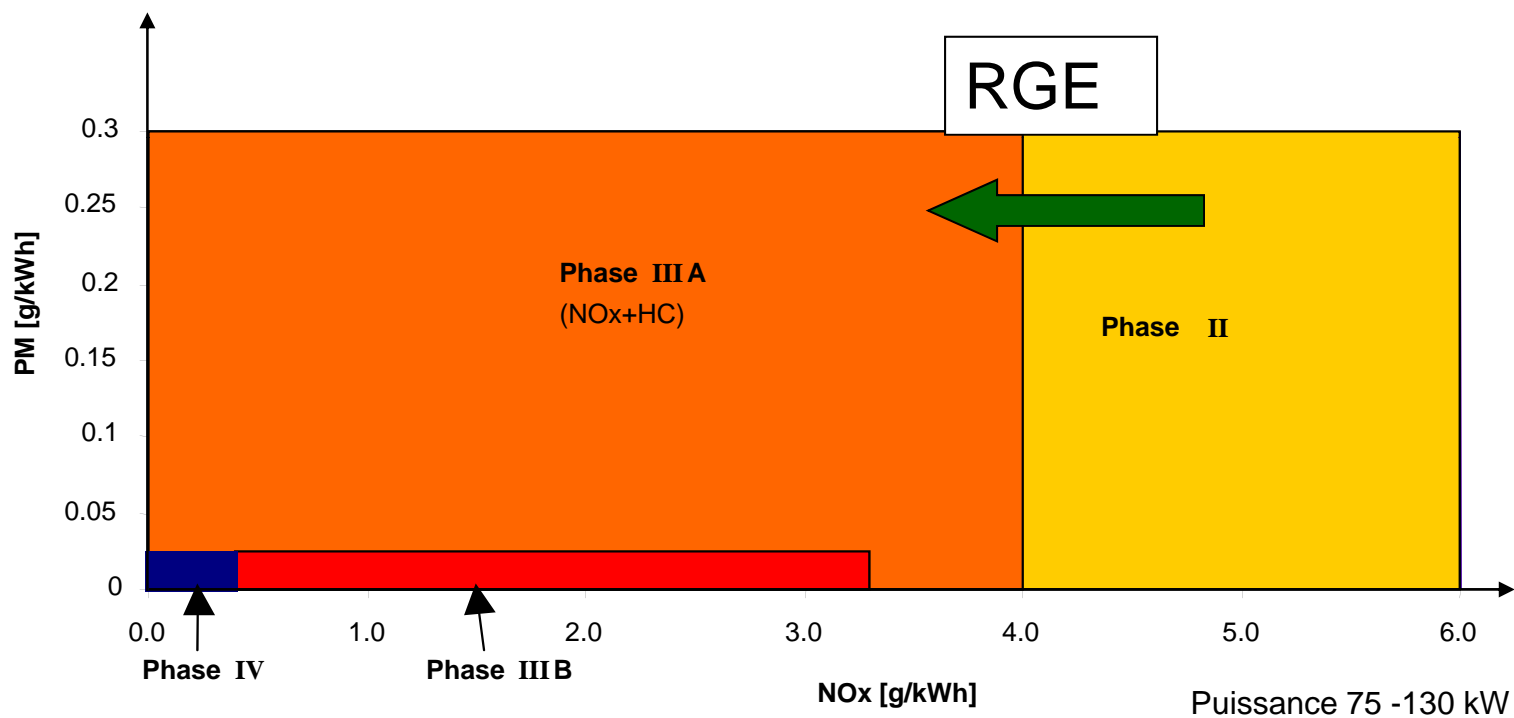
Emissions de suie, de NOx et consommation de carburant





# Technique pour atteindre la phase IIIA

RGE: recyclage des gaz d'échappement



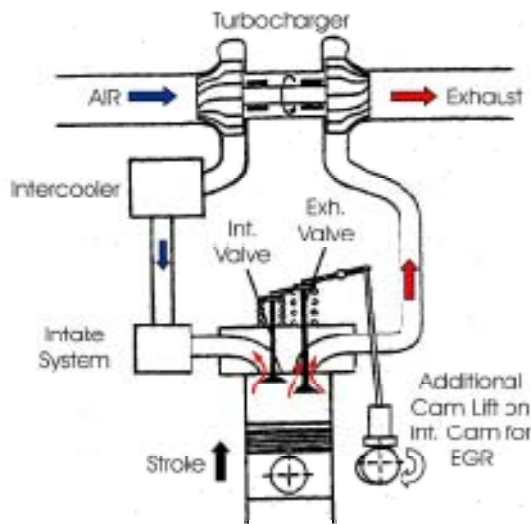


# Recyclage des gaz d'échappement

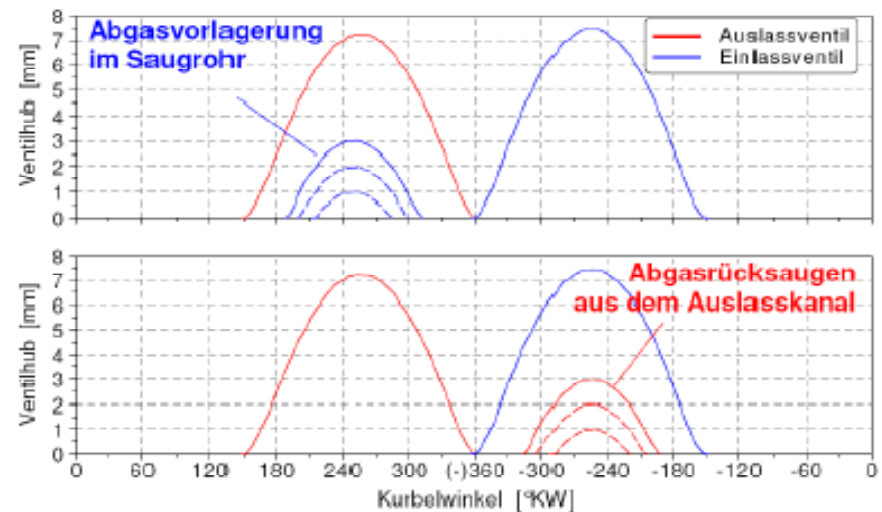
- Une partie des gaz d'échappement est recyclée.
- Les gaz d'échappement recyclés ont un pourcentage plus faible d'oxygène et ne participent plus activement à la combustion.
- La température de combustion baisse, la quantité d'oxyde d'azote produit (NOx) baisse elle aussi.
- Les gaz d'échappement peuvent être recyclés en interne, mais aussi en externe.



# Recyclage des gaz d'échappement (interne)



recyclage des gaz par came supplément.



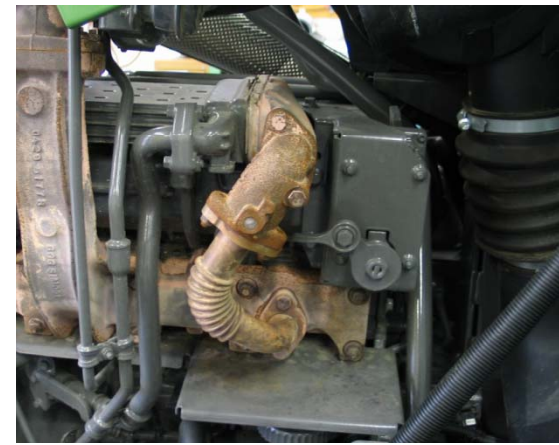
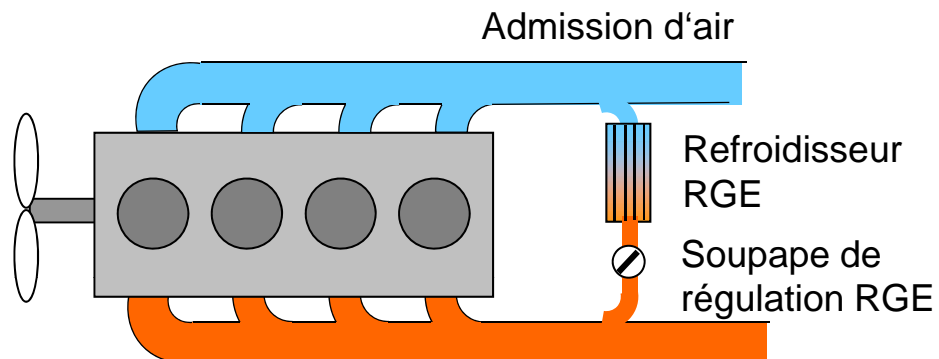
Source: Jaussi, HDT-Konferenz  
27.+28.6.2007

- Les gaz d'échappement sont recyclés à l'intérieur du moteur
- Montage simple (came supplémentaire sur l'arbre à cames)
- Les gaz d'échappement recyclés affichent des températures élevées





# Recyclage des gaz d'échappement (externe)



- Les gaz d'échappement sont recyclés à l'extérieur du moteur
- Les gaz d'échappement recyclés sont refroidis -> température de combustion plus basse
- Le pourcentage de gaz d'échappement recyclés peut varier



# Phase de gaz d'échappement 3B et 4

(Entrée en vigueur à partir du 1.1.2011)

***Le post-traitement des gaz d'échappement devient nécessaire!***

- Filtre à particules  
(réduction des particules)
- Systèmes SCR  
(réduction des oxydes d'azote)

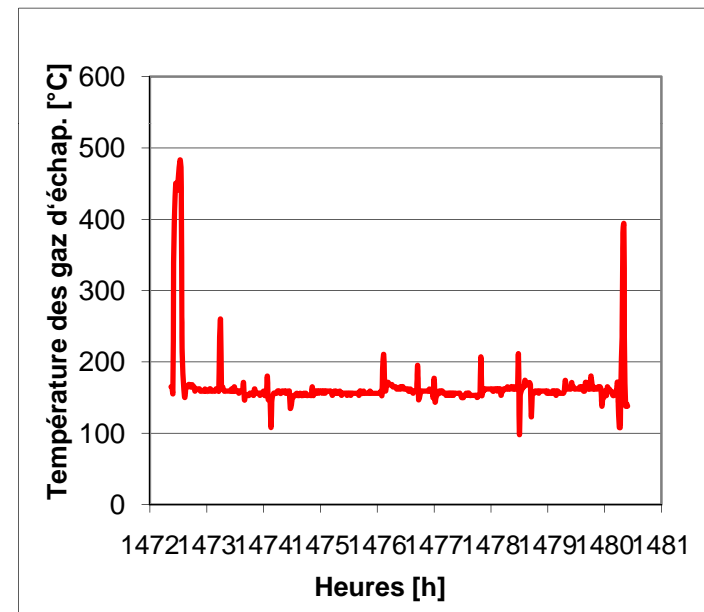




# Systemes de post-traitement des gaz d'échappement dans l'agriculture

- Demande de puissance très variable -> différentes températures de gaz d'échappement

(les systèmes SCR aussi ont besoin d'une température minimale pour fonctionner)

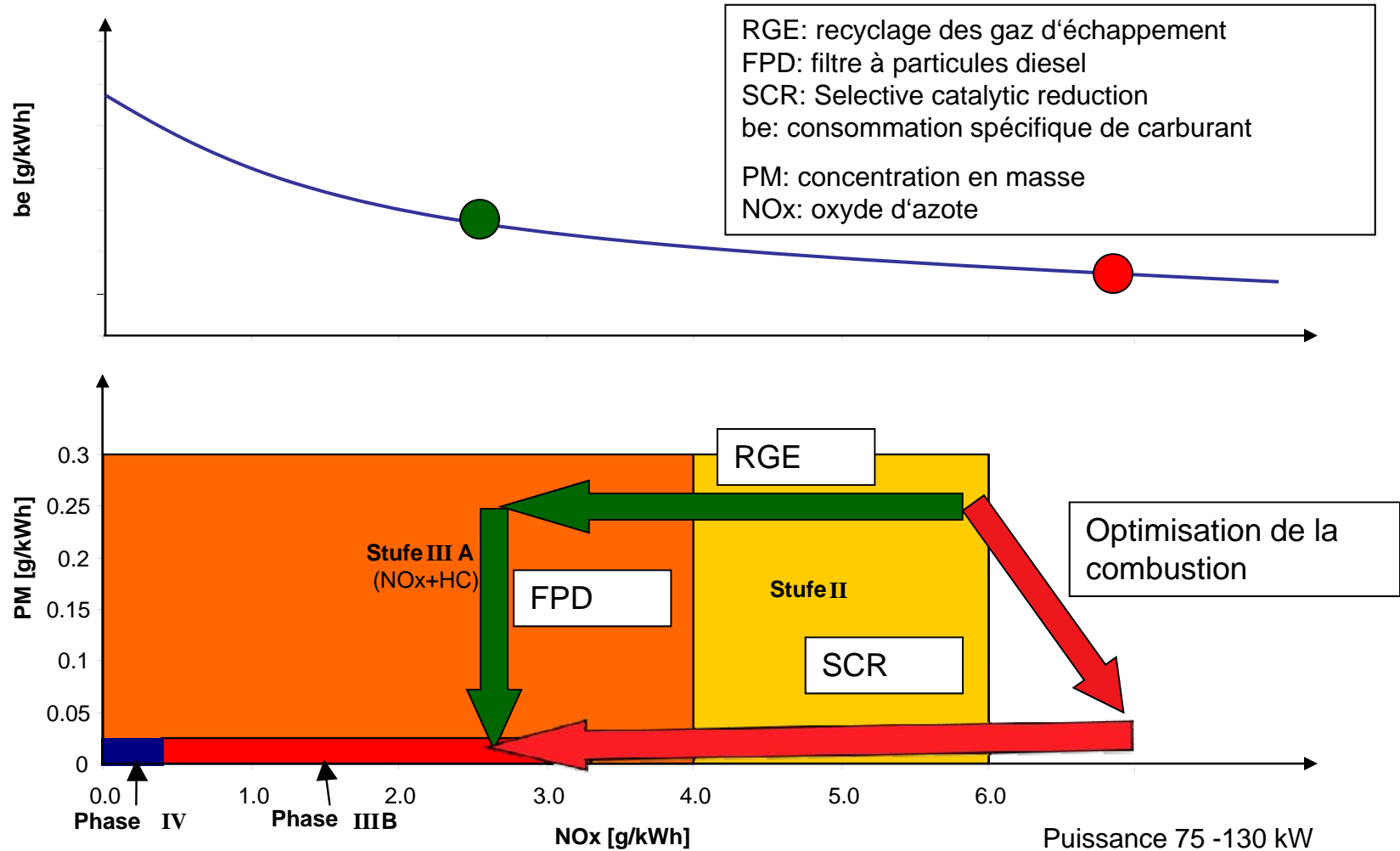


Température des gaz d'échappement lors de la coupe de bois

- Interventions brèves
- Citerne de diesel à la ferme

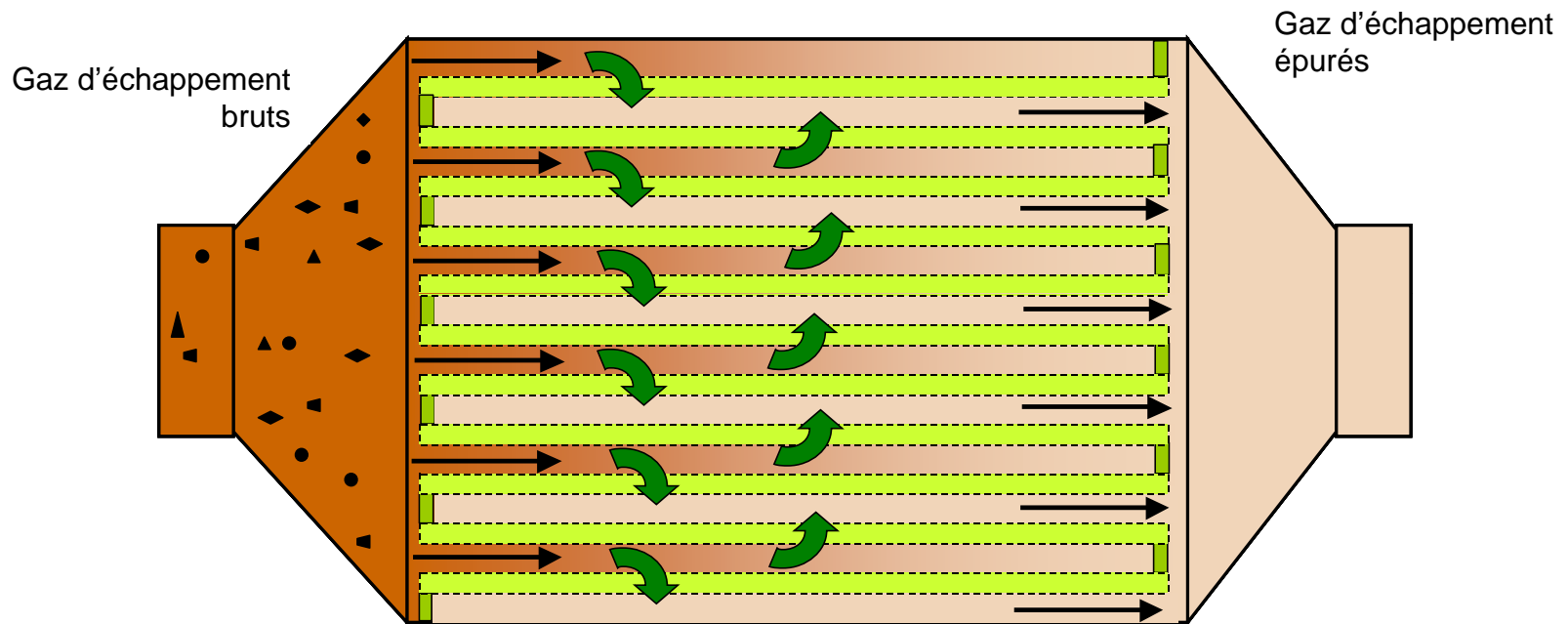


# Technique pour atteindre la phase IIIB





# Filtres à particules diesel (FPD)

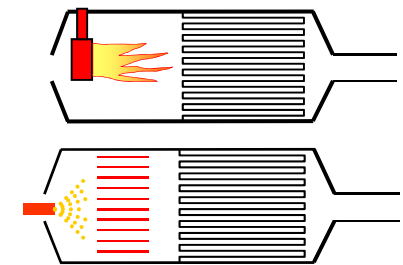


Les gaz d'échappement traversent les parois poreuses du filtre. La suie s'y dépose. Pour que le filtre ne s'encrasse pas, la suie est brûlée périodiquement ou en continu et transformée en  $\text{CO}_2$  et en un peu de cendres.

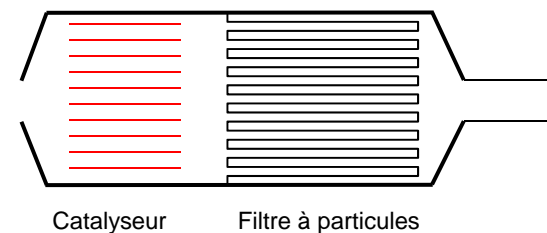
# Filtres à particules diesel

- Les FPD sont intégrés dans le moteur

- Thermomanagement
  - Brûleur
  - Combustion catalytique
  - Raréfaction de l'air
  - Commande de l'injection
  - Post-injections

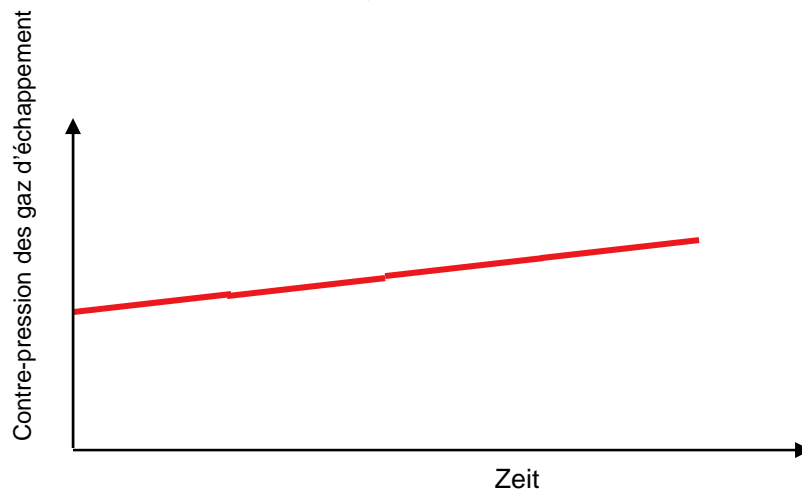
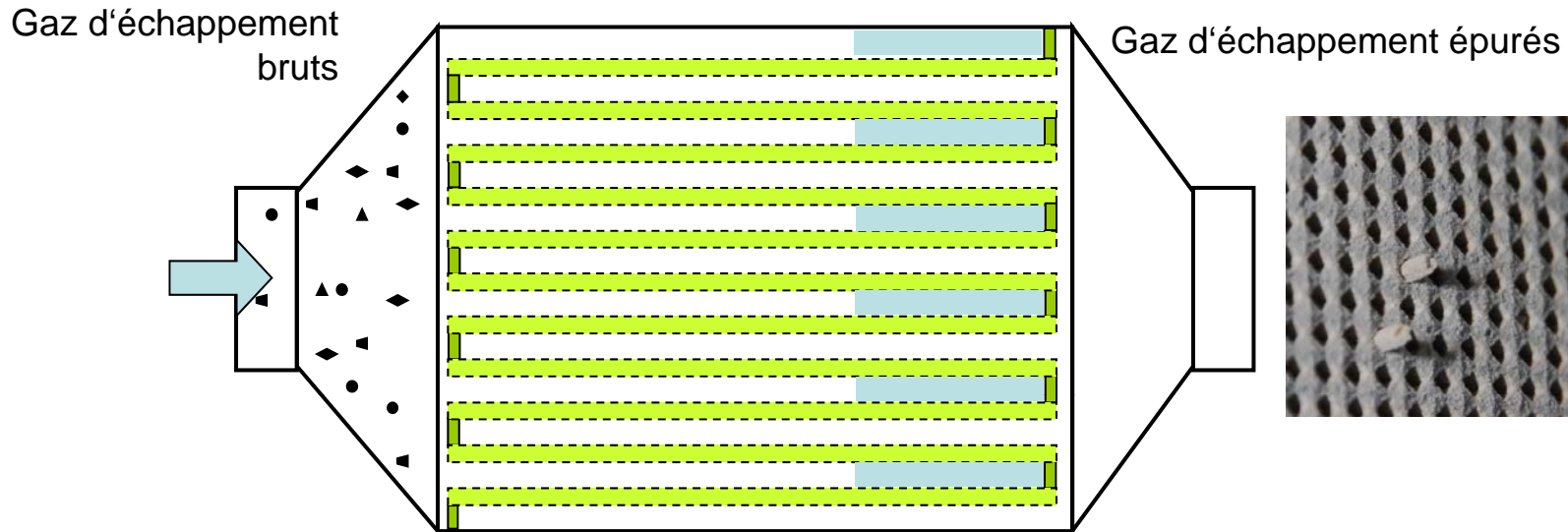


- Utilisation avec catalyseur d'oxydation en amont (réduit la température d'ignition de la suie et diminue les émissions de CO et de HC)





# Entretien FPD



Directive US-Tier4 -pour les moteurs diesel :

Intervalles minimaux d'entretien et de nettoyage des FPD  
(§ 1039.125)!

**P < 130 kW minimal 3000 h**

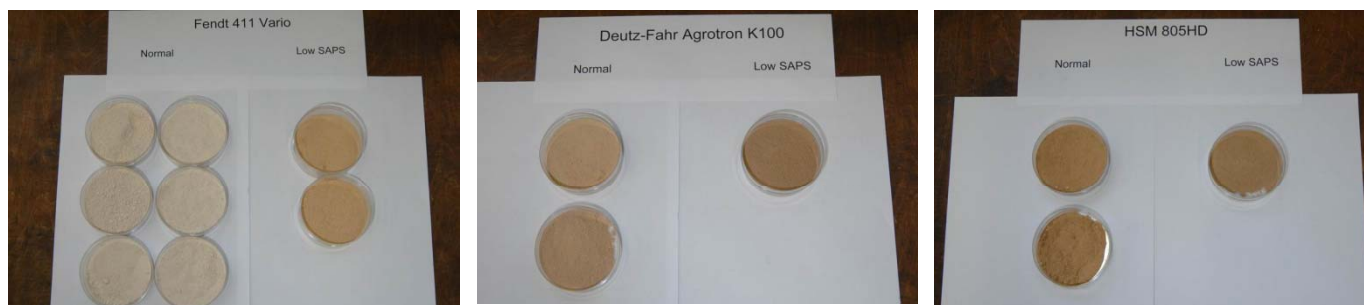
**P > 130 kW minimal 4500 h**

Valable uniquement pour les équipements OEM (pas pour les post-équipements )



# Cendres résiduelles

Type d'huile	Fendt Farmer 411 Vario		Deutz-Fahr Agrottron K100		HSM 805 HD	
	normal oil	Low-SAPS	normal oil	Low-SAPS	normal oil	Low-SAPS
Temps de service [h]	553	553	415	416	674	660
Remplissage d'huile	7	5.5	2	2.4	< 1	< 1
Cendre [g]	76.1	28.0	13.1	7.4	17.6	7.2
Cendre [g/100 h]	13.8	5.1	3.2	1.8	2.6	1.1
Variation de la quantité de cendre [%]	-63%		-44%		-59%	



**La cendre contenue dans le filtre se compose principalement des éléments suivants:**

- oxyde de calcium
- phosphates
- sulfates

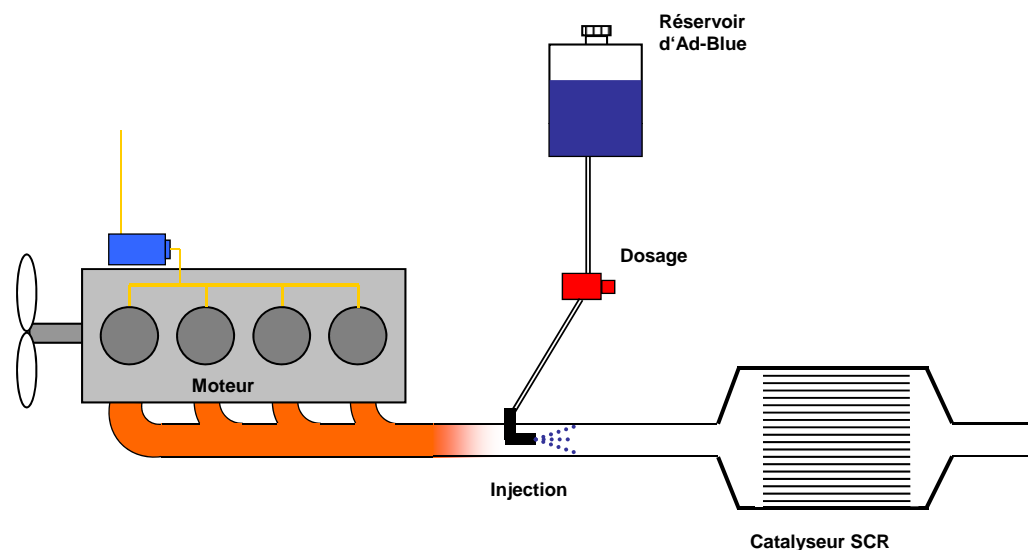




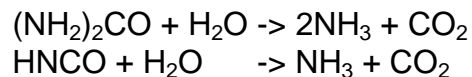
# Systeme SCR

Une solution à base d'urée est injectée dans les gaz d'échappement et permet d'éliminer les oxydes d'azote dans le catalyseur

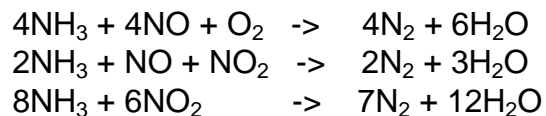
Consommation: environ 2 à 5 % de la consommation de carburant



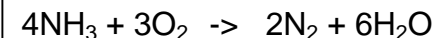
## Décomposition de l'urée



## Catalyseur SCR



## Catalyseur piège





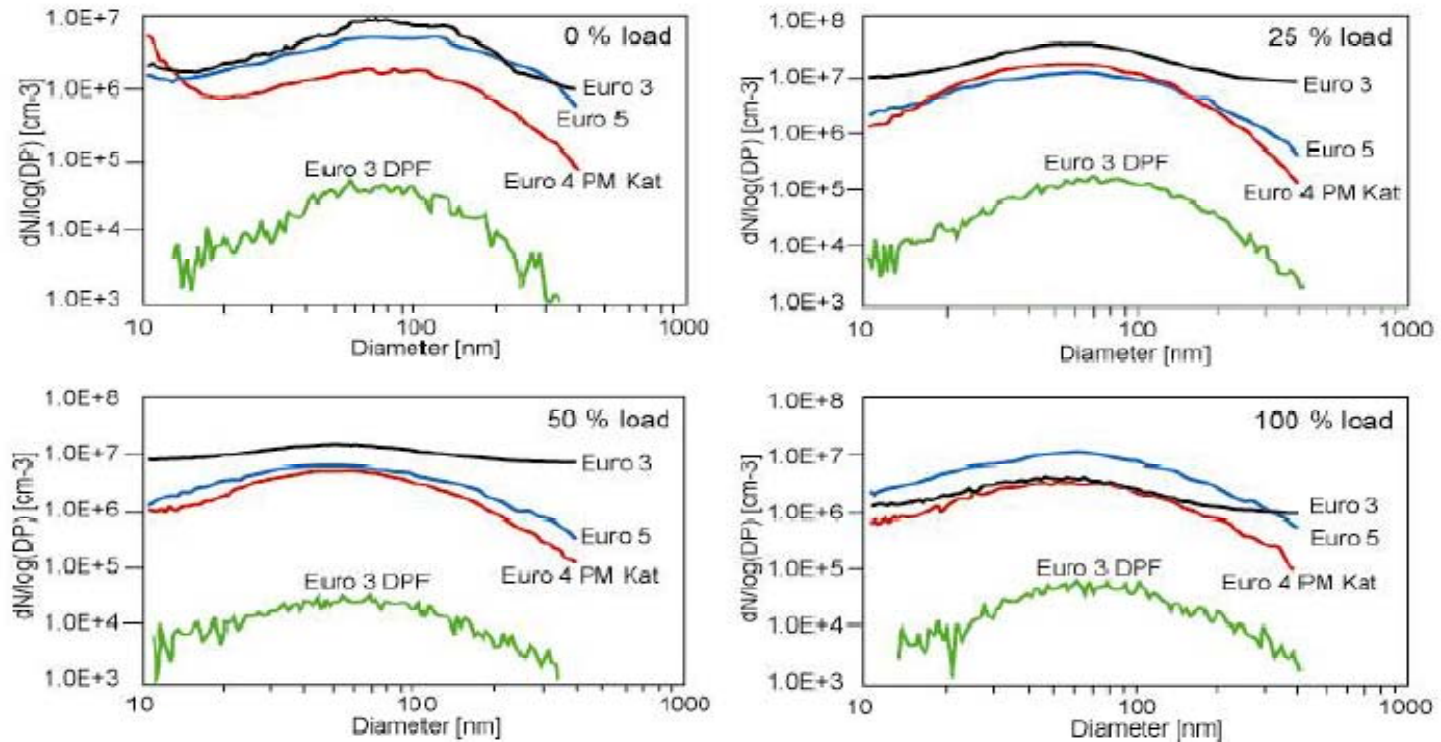
# Solution d'urée

- Pour les systèmes SCR, on utilise une solution aqueuse à base d'urée de 32,5 %.
- Normalisée selon DIN 70070 et ISO 22241
- Nom de la marque AdBlue<sup>®</sup>
- Propriétés:
  - Liquide clair
  - Bidons à partir de 10 litres
  - Cristallisation à partir de -11°C





# Concentration en masse – Nombre de particules



Comparaison des technologies de post-traitement des gaz d'échappement sur les camions

Source: Mayer et. al, Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift (ÖIAZ), 152. Jg., Heft 1-3/2007

- **La valeur limite de la concentration en masse peut être atteinte avec le FPD ou le système SCR**
- **Réduction importante du nombre de particules uniquement avec FPD**



# Comparaison FPD - SCR

FPD	SCR
+ Pas de combustibles supplémentaires	+ Baisse de la consommation de carburant grâce à un meilleur réglage du moteur
+ Réduction massive du nombre de particules	+ La réduction de la consommation de carburant permet également une économie de CO <sub>2</sub>
- Nettoyage du filtre nécessaire	- Combustible supplémentaire (achat, stockage, ravitaillement)
- Augmentation de la consommation de carburant, notamment pendant les régénération actives	- Le nombre de particules reste élevé



# Technologies des fabricants

Pour respecter les valeurs limites de la phase III B, il est possible d'utiliser le système SCR ou le FPD.

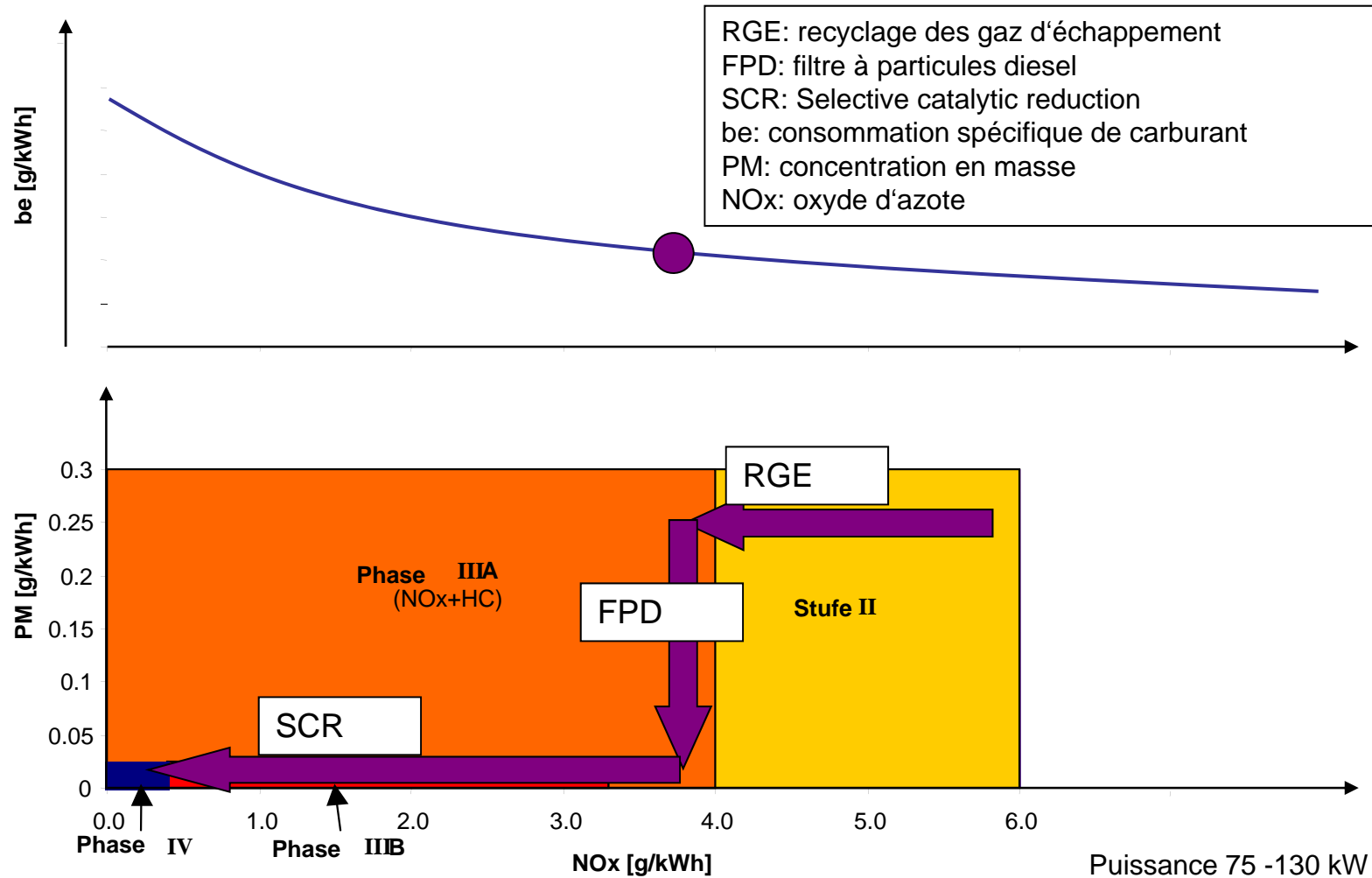
Les fabricants de tracteurs ont opté pour les techniques suivantes:

SCR	FPD
<ul style="list-style-type: none"><li>- Massey Ferguson (Série 8600)*</li><li>- Valtra (Série S)*</li><li>- Fendt (Série 800 Vario)*</li><li>- New Holland (plus de 100 CV)</li><li>- Deutz-Fahr (Modèle Agrottron)</li><li>- Case IH, Steyr (plus de 100 CV)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- John Deere</li><li>- New Holland (moins de 100 CV)</li><li>- Case IH, Steyr (moins de 100 CV)</li></ul>

\* Présenté ou déjà en service

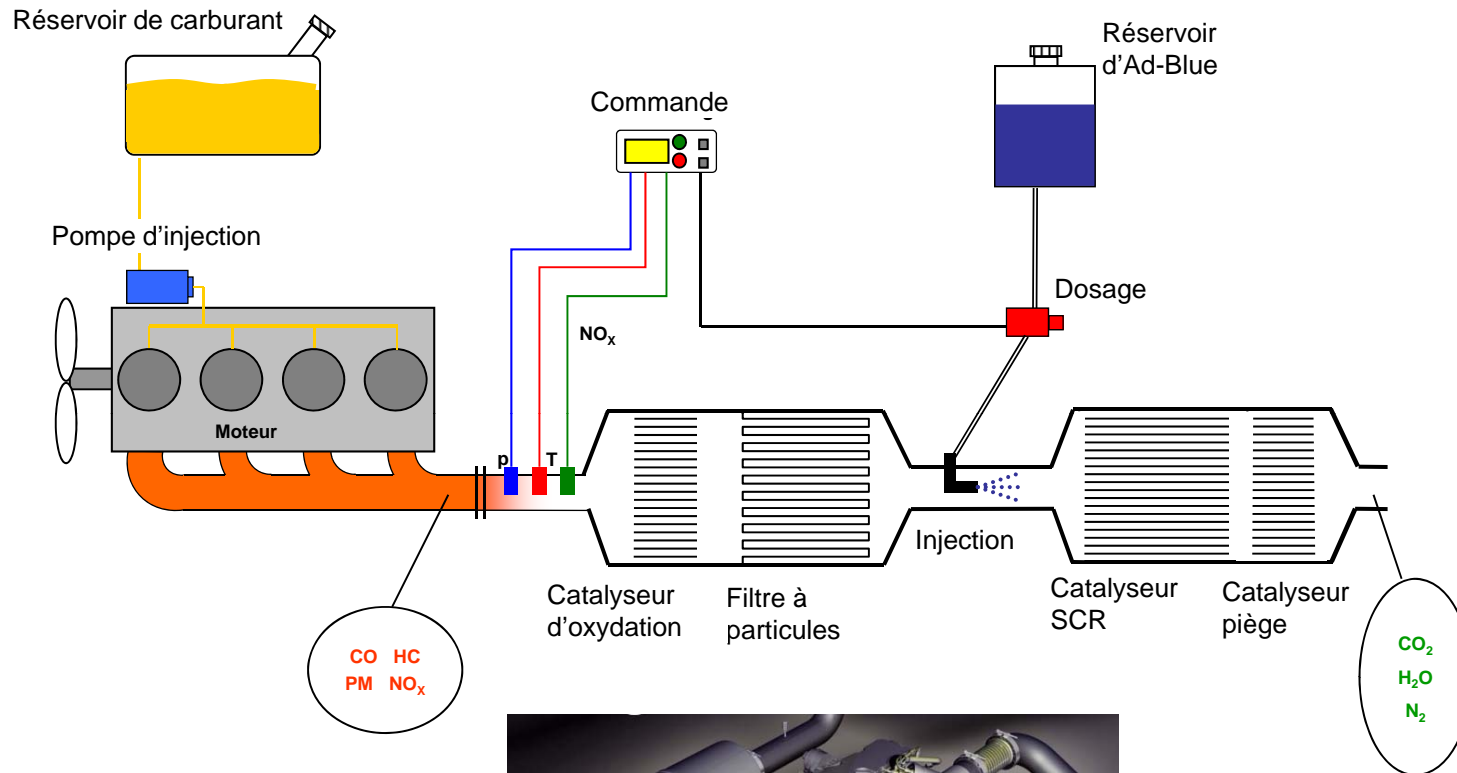


# Technique pour atteindre la phase IV





# Systeme SCRT



Source: Deutz



## Directives spécifiques à la Suisse

- Dans le cadre de la stratégie de lutte contre la pollution de l'air et du plan d'action contre les poussières fines, différentes mesures sont à l'étude pour réduire les émissions de particules.

Le DETEC élabore une valeur limite pour le nombre de particules des nouveaux véhicules agricoles et sylvicoles. Il la notifiera au niveau international.

Entrée en vigueur pas avant 2012.

Est également à l'étude pour d'autres sources d'émission de suie de diesel!

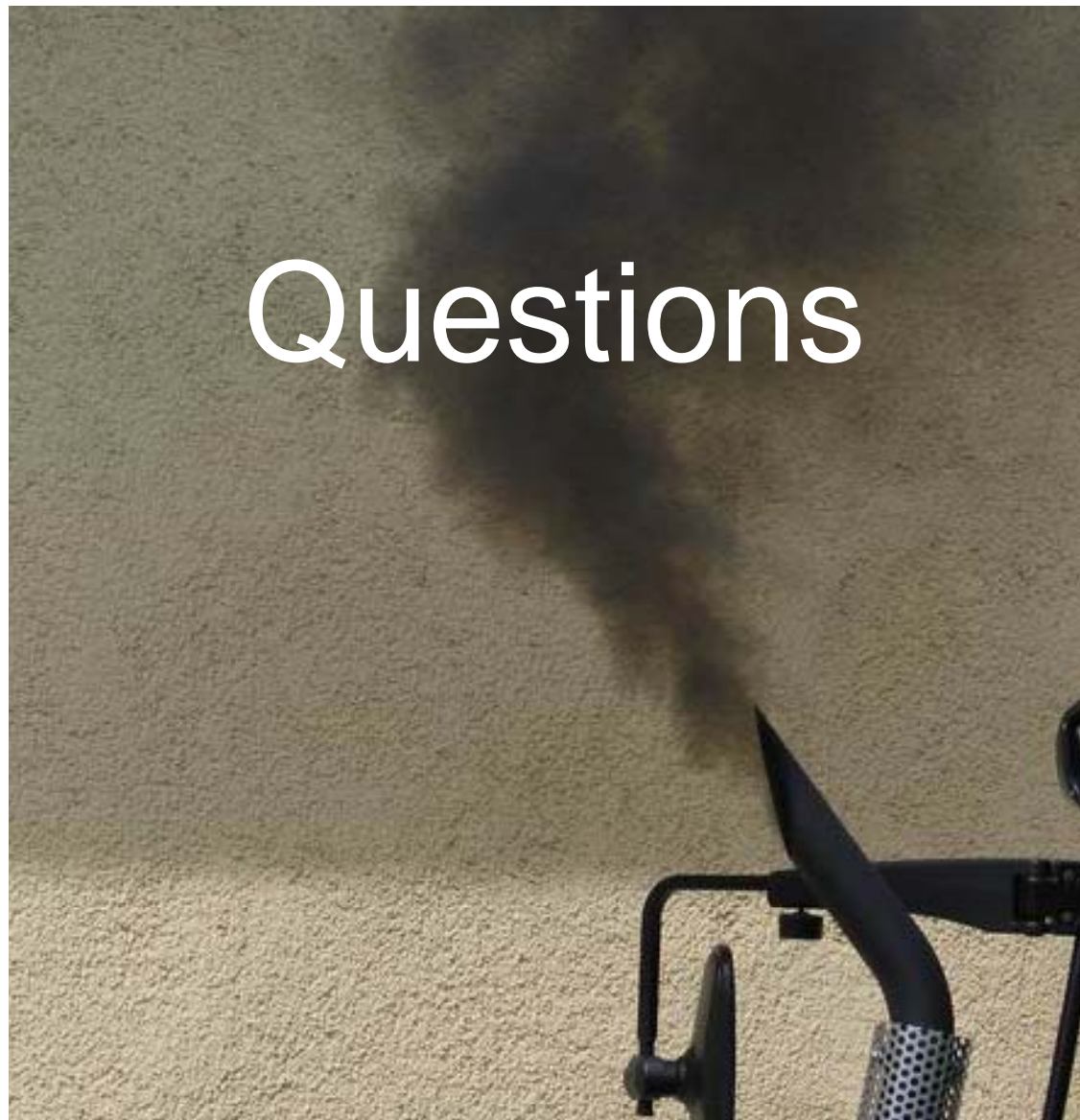
- Valeur limite pour le nombre de particules des engins de chantier selon l'OPair  
(Concerne les tracteurs sur les chantiers)





## Résumé

- Les valeurs limites des gaz d'échappement ont été considérablement renforcées avec les phases IIIB et IV
- Le post-traitement des gaz d'échappement devient nécessaire avec le FPD et/ou le système SCR
- Les exigences relatives à la qualité des carburants et de l'huile augmentent
- L'espace nécessaire pour le moteur et pour le post-traitement des gaz d'échappement devient plus grand
- Les coûts augmentent pour les moteurs



# Questions