



# ÉMISSIONS DES MOTEURS INDUSTRIELS

CHOISIR LA BONNE TECHNOLOGIE POUR TIER 4



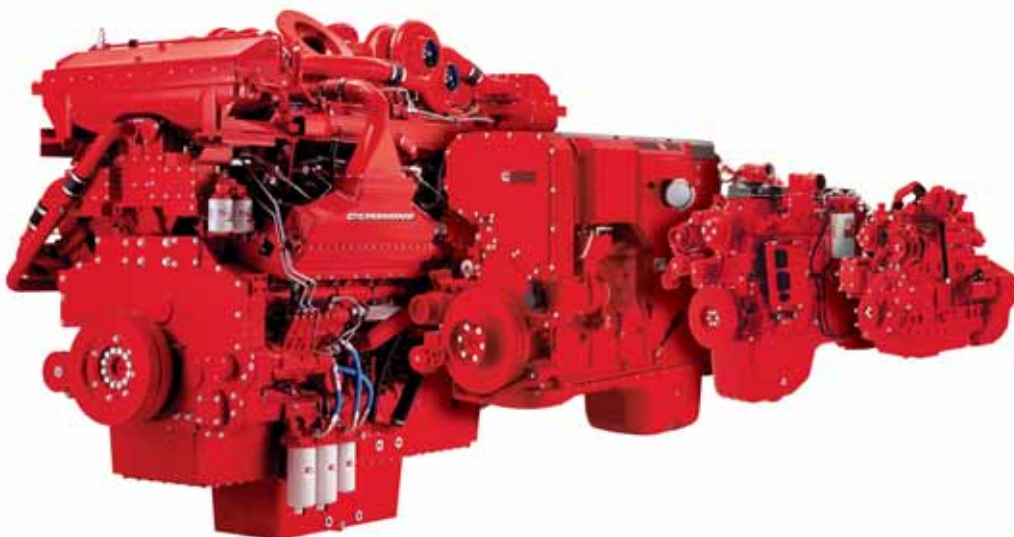


# Normes anti-pollution pour les applications industrielles mobiles

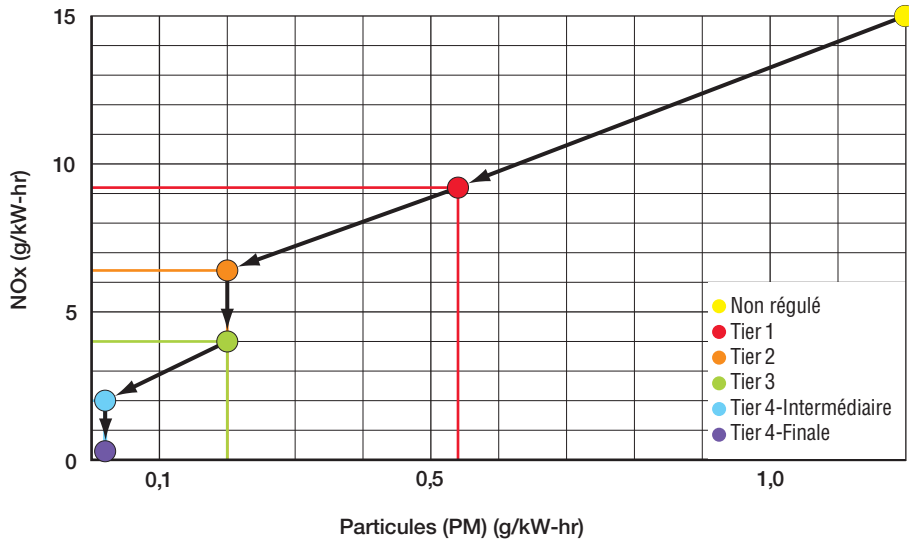
## Introduction

Cummins conçoit et développe des moteurs pour ses clients qui se doivent d'être les plus performants et fiables pour des coûts d'opération les plus réduits possibles. Depuis 1990, Cummins investit d'énormes moyens dans les nouvelles technologies afin de répondre aux normes environnementales les plus sévères. Ce travail est réalisé en collaboration avec les constructeurs. Notre objectif est très clair : fournir des moteurs qui respectent les normes antipollution avec la meilleure fiabilité, la solution la plus économique possible et des coûts d'opération plus bas.

Les agences de certification ont particulièrement ciblé la réduction des particules (PM), des oxydes d'azote (Nox), le monoxyde de carbone (CO) et les hydrocarbures (HC). L'utilisation des technologies avancées pour le moteur et le système de post-traitement des gaz d'échappement est nécessaire pour atteindre un niveau proche de zéro émission de polluants.



### Evolution des normes anti-pollution

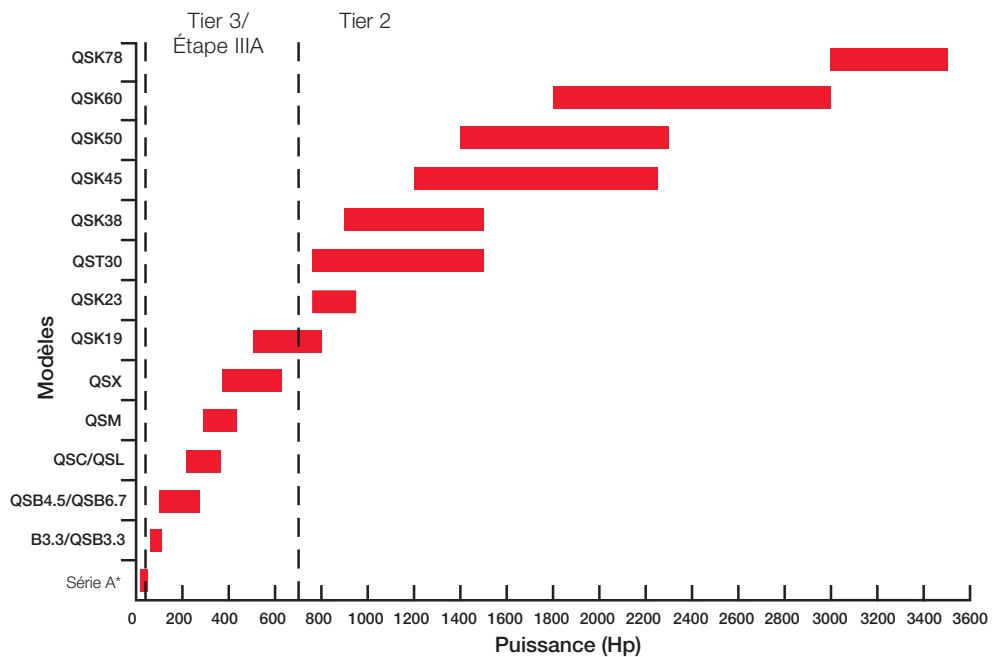


### Les émissions courantes standards

Cummins a une gamme de moteurs certifiée pour les applications industrielles « off-highway » de 23 à 2610 kW. Ces moteurs répondent aujourd’hui à Tier 3 / Etape 3A.

Les moteurs de plus de 500 kW doivent répondre à Tier 2 pour l’Amérique du Nord. Le tableau page 2 détaille le calendrier des normes d’émissions.

### Gamme moteurs industriels



\*Répond aux normes Tier 4 intermédiaires en dessous de 49 ch

# Standards nouvelle génération

## Tier 4 Interim et Etape 3B

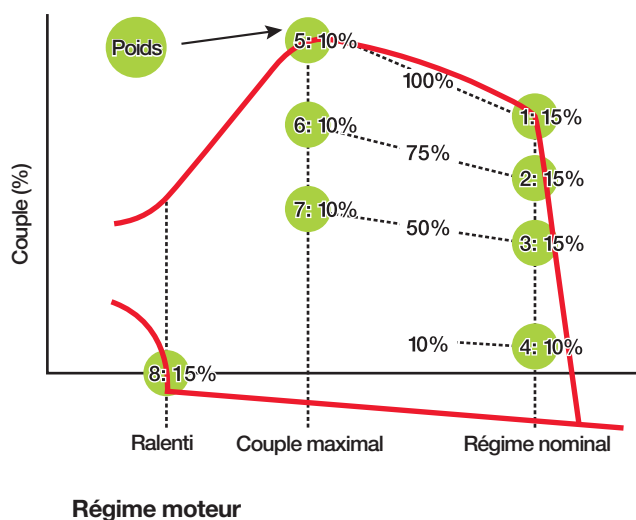
Les normes Tier 4 Interim et Etape 3B sont applicables au 1er janvier 2011 pour les moteurs de plus de 129 kW (173 hp).

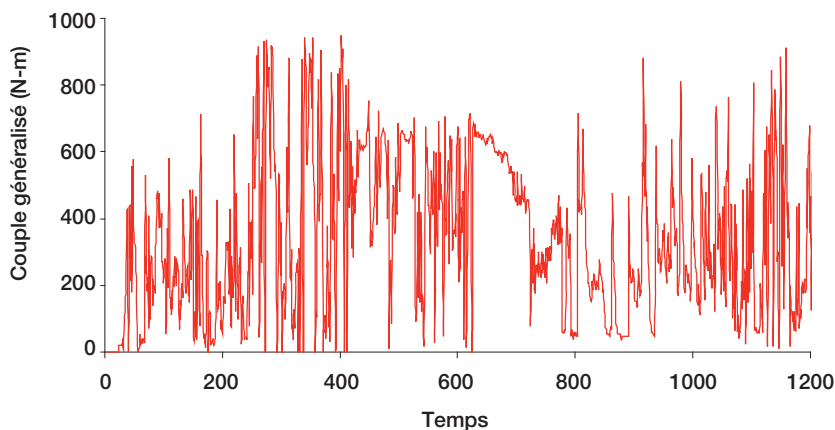
Associé à cela, le gazole devra lui aussi répondre à des normes, 15 ppm de soufre pour les Etats Unis et 10 ppm de soufre pour l'Europe et le Japon. La date d'application de ces normes dépend de la puissance.



L'utilisation de filtre à particules est nécessaire pour la gamme de moteurs dont la puissance est comprise entre 130 et 560 kW pour réduire les émissions de particules de 90% et les Nox de 45%. Il en est de même pour les moteurs de 56 à 74 kW. Pour les moteurs inférieurs à 37 kW, Cummins répond à Tier 4 sans système de post-traitement.

8 points de mesure caractérisent les émissions polluantes du moteur.





**Le test transitoire permet de mesurer les émissions pour une plage variée de régime de charge moteur.**

## **Tier 4 final et Etape 4**

En janvier 2014, EPA Tier 4 final et Etape 4 réduisent les oxydes d'azote à nouveau de 45% pour les moteurs de plus de 129 kW. A ce point, les émissions d'oxyde d'azote et de particules seront proches de zéro et seront comparables aux applications les plus sévères comme les bus et les camions.

Du fait des trois années seulement qui séparent Etape 3B de Etape 4 (Tier 4 Interim à Tier 4 final), la conception des moteurs et du système de post-traitement intègre déjà ces deux niveaux de normes (2011 et 2014).



## **Carburant ULSD (très basse teneur en soufre)**

Pour répondre aux normes de 2011, le carburant est un point critique de la solution globale. Le carburant ULSD (ultra low sulfure diesel) est nécessaire pour la plupart des technologies de post-traitement puisque le soufre rend ces systèmes moins performants. Les Etats-Unis doivent réduire le taux de soufre de 500 ppm à 15 ppm. L'Europe doit introduire le carburant ULSD en 2009, soit en amont de la norme Etape 3B de 2011. Le biocarburant est aussi considéré comme un point important pour Cummins. Nous nous engageons à ce que les moteurs soient compatibles aujourd'hui et demain avec le biodiesel B20.

# Les technologies pour réduire les émissions polluantes



Les normes Tier 4 et Etape 4 visent à atteindre un niveau proche de zéro pour les émissions de Nox et de particules. En 2011, l'objectif pour Etape 3B et Tier 4 Interim est de réduire les particules de 90% et les Nox de 45% pour la gamme de puissance de 230 à 560 kW. Cummins a évalué différentes technologies pour parvenir à ces objectifs :

## Stratégie moteur

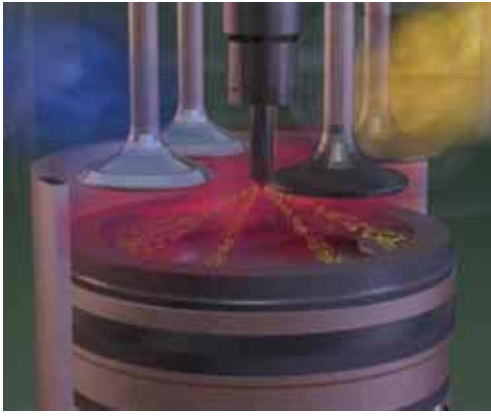
- optimisation de la combustion
- recirculation des gaz d'échappement refroidis (EGR)
- turbo à géométrie variable, injection haute pression common rail (HPCR)
- gestion électronique
- filtration des gaz de carters
- filtres à air "Direct Flow"

## Stratégie de post-traitement

- filtre à particules
- catalyseur d'oxydation diesel
- SCR (Catalyseur Réducteur de Nox)
- absorbeurs de Nox...

En combinant ces 2 stratégies, deux scénarios se distinguent : le premier consiste à utiliser le système SCR permettant de réduire les Nox et de travailler sur la combustion pour réduire les particules PM. Le second est d'adapter la combustion avec un système EGR refroidi pour la réduction des Nox et d'utiliser un filtre à particules pour le traitement des PM. Pour ces deux solutions, l'utilisation du turbo à géométrie variable du système common rail et de la gestion électronique est obligatoire. Afin de choisir la meilleure technologie, Cummins a mené des études de marché qui nous a conduit à choisir l'EGR / filtre PM avec, en plus, la filtration des gaz de carters et l'utilisation de filtres à air « Direct Flow ».

Ce choix a été annoncé en 2007 pour la gamme des moteurs Cummins 6 cylindres (de 6.7L à 15L). Cummins a l'avantage de concevoir et fabriquer tous ses sous-systèmes et post-traitements, ce qui nous donne la possibilité de les intégrer efficacement au moteur.



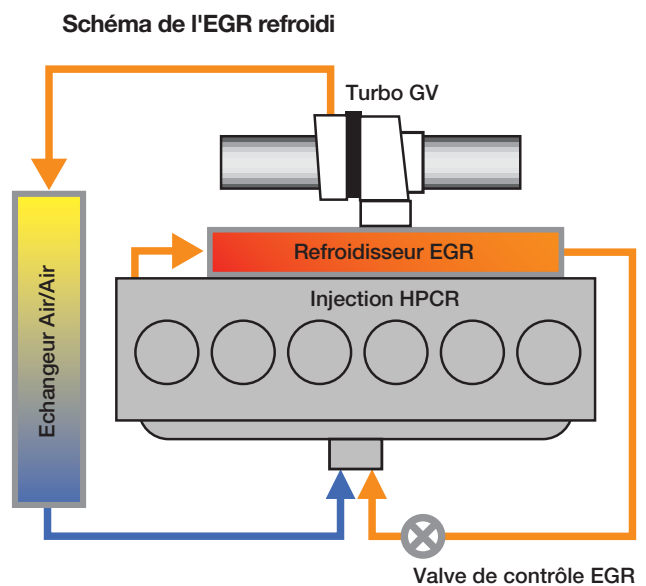
## La combustion avancée

La combustion avancée est le résultat d'études portant sur l'influence de différents paramètres dans la chambre de combustion comme l'ouverture des soupapes, la pression d'injection, l'angle d'injection du gazole... L'objectif est d'obtenir des gaz d'échappement les plus dépollués possibles pour une consommation de carburant optimisée.

## L'EGR refroidi

La recirculation des gaz d'échappement refroidis est très efficace pour contrôler le niveau de Nox. Le principe consiste à prendre une partie des gaz d'échappement, à les refroidir dans un échangeur de température, avant de les mélanger avec l'air d'admission du moteur. Ces gaz d'échappement sont refroidis par le liquide de refroidissement. Ceci contribue à augmenter le bilan thermique du moteur. Cette augmentation est nécessaire pour répondre aux normes anti-pollution. Un travail commun entre Cummins, le fournisseur du groupe de refroidissement et le constructeur est nécessaire pour optimiser ce point.

Les gaz d'échappement sont injectés dans le système d'admission d'air du moteur.



## **Le turbo à géométrie variable**

Dans le but de maîtriser les émissions de Nox et de particules, la quantité des gaz d'échappement recyclés et l'admission d'air doivent être contrôlés avec précision dans tous les types de fonctionnement du moteur. L'utilisation du turbo à géométrie variable permettra cela avec une meilleure performance et une plus faible consommation de carburant. Le système de tiroir coulissant permet de faire varier l'arrivée des gaz d'échappement sur la turbine et permet ainsi d'obtenir des pressions de sur-alimentation élevées pour un faible régime moteur et les maintient à ce niveau pour des régimes plus élevés.



**Turbo à géométrie variable**

## Système d'injection common rail HPCR

Le système d'injection common rail était et continuera à être un élément crucial dans la réduction des émissions.

La capacité de Cummins à fabriquer et concevoir ses propres systèmes d'injection common rail est un point clé. La plupart des moteurs Cummins, du 3.3L au 78L, utilisent cette technologie.

Grâce à la gestion électronique, les temps d'injection au moment de la combustion sont maîtrisés. L'utilisation de pressions élevées permet une meilleure atomisation du carburant.



**Injection HPCR**

La dernière génération de calculateur électronique Cummins permet de gérer simultanément le système EGR, le turbo GV, le système d'injection et le système de post-traitement.



## La gestion électronique

La gestion électronique va permettre de contrôler l'injection, l'admission d'air et les systèmes de post-traitement. En même temps, le calculateur électronique du moteur doit être suffisamment robuste pour travailler dans des conditions extrêmes. Ces systèmes électroniques sont paramétrés à l'aide d'outils comme PowerMatch et INSITETM pour les intégrer dans l'application du constructeur. Les calculateurs répondent aussi aux besoins grandissants des constructeurs de faire dialoguer des systèmes électroniques entre eux. Nos calculateurs sont compatibles CANbus selon le protocole J1939.

## Tier 4 / Etape 4

Les moteurs Tier 4 / Etape 4 nécessiteront un niveau de filtration et de protection plus performants pour l'air d'admission, l'huile de lubrification, le gazole, et, devront aussi permettre la purification des gaz de carters.

Cummins a déjà développé une gamme de produits pour répondre à ces objectifs. Le niveau de filtration du carburant devra être plus performant pour tenir compte du gazole ULSD (ultra low sulfure diesel) et du biocarburant.

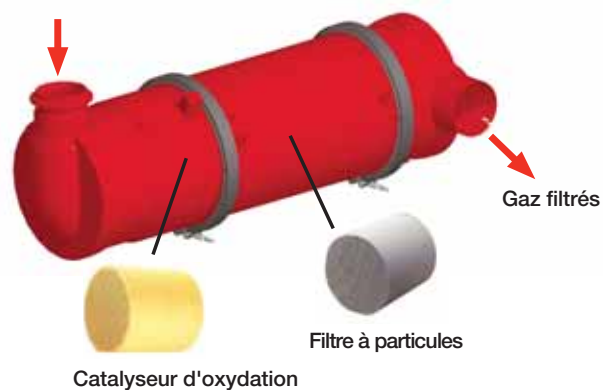
Pour Tier 4, les gaz de carters devront être totalement filtrés. Cummins utilisera des filtres « coalescents » pour atteindre cet objectif. Le filtre à air « Direct Flow » a été développé par Cummins pour Tier 4 afin d'avoir un ensemble plus compact, plus facile à installer et plus efficace. Ceci est possible par la création d'un flux d'air directement à travers le média filtrant. Ce système utilise un

Système de filtration  
"Direct Flow" pour Tier 4



capteur de température et de pression qui envoie ces informations au calculateur électronique du moteur pour optimiser l'admission d'air dans toutes les conditions.

### Filtre à particules Cummins pour Tier 4

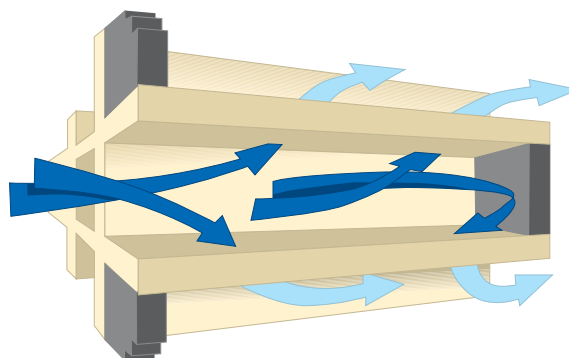


## Le filtre à particules Cummins

Le filtre à particules Cummins Tier 4 remplace le silencieux traditionnel et a été conçu pour donner l'atténuation acoustique nécessaire. A l'intérieur, il comprend un catalyseur d'oxydation et un filtre à particules céramique. Le rôle de ce filtre est de piéger les particules pendant un certain temps pour permettre leur oxydation. Les gaz

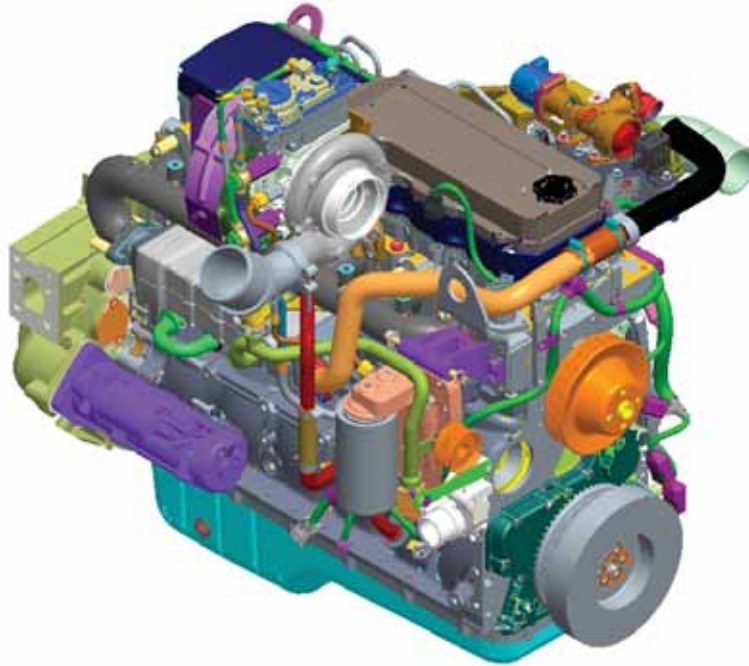
d'échappement passent successivement dans un réseau poreux qui les capture à hauteur de 90%. A haute température, les particules PM sont directement oxydées par l'oxygène ( $O_2$ ). A basse température, l'oxydation des particules se produit avec le dioxyde d'azote ( $NO_2$ ) issu du catalyseur d'oxydation situé juste en amont.

Le média filtrant capture les particules des gaz d'échappement



Réseau poreux

# Objectifs Tier 4 Final et Etape 4



La technologie Cummins Tier 4 Interim et Etape 3B combine donc l'utilisation de plusieurs technologies qui sont :

- l'EGR refroidi
- le turbo à géométrie variable
- l'injection common rail
- le filtre à particules
- le filtre à air « Direct Flow »

Cummins a construit sa solution technologique pour Tier 4 Interim / Etape 3B de façon à n'avoir pour Tier 4 Final / Etape 4 (3 ans plus tard), qu'un ajout de systèmes supplémentaires ne remettant pas en cause l'installation complète précédente. Cette solution additionnelle pour Tier 4 Final / Etape 4, devra permettre une réduction des Nox : le

système SCR, les absorbeurs de Nox... sont en cours d'évaluation.

En tant que leader de toutes ces technologies, Cummins continuera à sélectionner la technologie adaptée pour des coûts d'exploitation les plus faibles possibles pour le client final.

## US EPA (Agence américaine pour la protection environnementale)

kW	(HP)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0 - 7	(0 - 10)						( 10.5 ) / 8.0 / 1.0			
8 - 18	(11 - 24)						( 9.5 ) / 6.6 / 0.80			
19 - 36	(25 - 48)					( 9.5 ) / 5.5 / 0.80				
37 - 55	(49 - 74)				9.2 / - / - / -					
56 - 74	(75 - 99)				9.2 / - / - / -					
75 - 129	(100 - 173)			9.2 / - / - / -				( 6.6 ) / 5.0 / 0.30		
130 - 224	(174 - 301)	9.2 / 1.3 / 11.4 / 0.54						( 6.6 ) / 3.5 / 0.20		
225 - 449	(302 - 602)	9.2 / 1.3 / 11.4 / 0.54						( 6.4 ) / 3.5 / 0.20		
450 - 560	(603 - 751)	9.2 / 1.3 / 11.4 / 0.54						( 6.4 ) / 3.5 / 0.20		
>560	(>751)					9.2 / 1.3 / 11.4 / 0.54				

## EUROPE

kW	(HP)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
18 - 36	(24 - 48)						8.0 / 1.5 / 5.5 / 0.8			
37 - 55	(49 - 74)					9.2 / 1.3 / 6.5 / 0.85				
56 - 74	(75 - 99)					9.2 / 1.3 / 5.0 / 0.70				
75 - 129	(100 - 173)					9.2 / 1.3 / 5.0 / 0.54				
130 - 560	(174 - 751)							6.0 / 1.0 / 3.5 / 0.2		

## JAPON (Les dates d'introduction sont en octobre de l'année indiquée)

kW	(HP)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
8 - 18	(11 - 24)		Les normes Tier 1 sont spécifiques à l'application							
19 - 36	(25 - 48)									8.0 / 1.5 /
37 - 55	(49 - 74)		9.2 / 1.3 / 5.0 --, Les normes Tier 1 sont spécifiques à l'application et concernent les moteurs de 30 à 260 kW							
56 - 74	(75 - 99)									
75 - 129	(100 - 173)		Les normes Tier 1 sont spécifiques à l'application							6.0 / 1.0 /
130 - 560	(174 - 751)									6.0 / 1.0 /

NOx/HC/CO/PM (g/kW-hr)  
 (NOx+HC)/CO/PM (g/kW-hr)  
 (Conversion: [g/kW-hr] x 0.7457 = g/bhp-hr)

Le diagramme ci-dessus est illustré à titre de référence uniquement, et ne représente pas les différentes options disponibles aux constructeurs de moteurs et équipementiers. Voir les réglementations appropriées pour les détails et les options spécifiques relatives aux normes régionales d'émissions et les dates d'entrée en vigueur.





**Cummins France S.A.**  
**39 rue Ampère, 69680 Chassieu**

Tél: +33 (0) 4 72 22 92 72  
Fax: +33 (0) 4 78 90 19 56  
E-Mail : [cummins@cummins.fr](mailto:cummins@cummins.fr)  
[www.cummins.fr](http://www.cummins.fr)

Bulletin 4951325, UK 03/09  
©2009 Cummins Inc.