

**Zeitschrift:** Technique agricole Suisse

**Herausgeber:** Technique agricole Suisse

**Band:** 73 (2011)

**Heft:** 9

**Rubrik:** Marché

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 05.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Les haltérophiles de l'agriculture

Ces dernières années, les véhicules de levage ont beaucoup évolué. Aucun n'est demeuré en reste, mais les domaines d'utilisation ont été redéfinis, et les petits chargeurs télescopiques se sont transformés en engins à la fois maniables et polyvalents.

Ruedi Hunger



Il y dix ans, la situation était claire : il y avait le chargeur étroit, pour la ferme, le chargeur télescopique et l'élévateur à fourche. Particulièrement maniable, ce dernier servait à manipuler et empiler palettes et paloxes sur des sols en dur. Au chargeur télescopique revenait la tâche de transbahuter tout objet pesant, et le chargeur étroit, classiquement articulé, bon à tout faire, se faufilait partout, pour sortir le fumier, soulever une palette, décharger un paloxe.

Force est de le constater : attribué à toute la famille des chargeurs étroits, le qualificatif de « bon à tout faire » est usurpé. Le chargeur étroit classique, à roues, n'est pas vraiment adapté pour peller des tonnes de terre, et l'élévateur à fourche s'en sort nettement mieux quand il s'agit de manipuler des marchandises palettisées. A mi-chemin entre le chargeur de ferme et les gros télescopiques, les nouveaux petits engins télescopiques constituent une alternative à la fois maniable et polyvalente.

## Les chargeurs compacts à roues

CAT, Liebherr, JCB et Terex fabriquent des chargeurs compacts qui ne sauraient renier leurs origines d'engin de chantier. Ils en gardent une robustesse supérieure à la moyenne des chargeurs agricoles. A une exception près, ils sont tous de type articulé. Le Liebherr 509 Stereo est en principe aussi un articulé. Mais, grâce à sa direction supplémentaire à l'arrière, son articulation centrale se contente d'un angle réduit : il y gagne en stabilité.

Les moteurs, en position longitudinale ou transversale, sont soit « maison » (CAT), soit des Deutz ou des Perkins. CAT utilise ses propres essieux et équipements hydrauliques. JCB et Liebherr se fournissent chez Spicer. Tous deux utilisent de l'hydraulique Bosch-Rexroth, comme Schaeffer à l'époque. Ou encore aujourd'hui les chargeurs Terex et Weidemann qui sont toutefois dotés d'essieux ZF.

Les machines spécialement conçues dès l'origine pour l'agriculture atteignent des hauteurs de levage plus élevées. Elles

sont spécialement adaptées pour charger des mélangeuses à fourrage et des grosses épandeuses à fumier. Elles mesurent en général moins de 2,5 mètres de haut et moins de 1,8 mètre de large.

Avec leurs 5 ou 6 tonnes, les chargeurs compacts à roues sont nettement plus lourds que la moyenne des chargeurs de ferme étroits. Mais plus performants aussi.

Leur force de décollement atteint un au-dessus de 3000 kilos et la force de levage dans les mêmes valeurs. Si l'on souhaite améliorer la force de décollement, on devrait préférer les engins dotés d'une cinématique en Z au niveau de l'outil (CAT, Liebherr, Schäffer, Weidemann). Pour travailler plus en finesse avec un meilleur parallélisme, JCB et Terex proposent des cinématiques en P. Concernant les outils, les dispositifs de fixation ne sont toujours pas entièrement normés. Il ne faut donc pas trop compter échanger ou se prêter des outils de levages, entre voisins.

**Tableau 1: Fournisseurs de chargeurs en Europe (liste non exhaustive)**

Constructeur	Chargeurs frontaux pour tracteurs	Chargeurs télescopiques	Chargeurs compact	Chargeurs étroits à bras télescopique	Chargeurs sur roues	Chargeurs compacts
Constructeurs spécialisés dans les techniques de levage						
JCB	O	X	X	X	X	X
Manitou/ Gehl	O	X	X	O	O	X
Merlo	O	X	O	O	O	O
Schäffer	O	O	X	X	O	O
Thaler	O	O	X	X	O	O
Weidemann	O	X	X	X	O	O
Fournisseurs et/ou constructeurs de tracteurs et de matériel de récolte qui proposent des engins de levage (Longliner)						
Claas Neuson-Kramer)	X	X	O	O	O	O
Deutz-Fahr	X	X	O	O	O	O
Massey-Ferguson	X	X	O	O	O	O
New Holland	X	X	O	O	O	O

(Source : Agrartechnik Business)

### Le chargeur de ferme étroit universel

Un grand nombre de constructeurs se partagent le marché des chargeurs de ferme étroits. Mariant la compacité et la polyvalence, les véhicules de la catégorie autour de 2000 kg occupent une place de choix. On leur demande d'être performants en toute situation, sous des dimensions réduites.

Dans cette catégorie, Avant propose un concept original, dans la mesure où ils disposent d'une articulation rigide et, deuxièmement, du fait de la position du conducteur sur la partie avant de l'engin. Weidemann sort également du lot avec ses modèles à articulations pivotantes. Ce concept réduit un peu la maniabilité mais apporte un gain de stabilité. En fait, on peut dire en simplifiant que plus le chargeur est maniable, moins il est stable en charge. La règle empirique veut qu'un chargeur articulé complètement braqué, avec une hauteur de levage de 1 mètre, perd un tiers de sa capacité de levage en raison du risque de renversement.

### Les nouveaux petits télescopiques

Les petits chargeurs télescopiques Weidemann et JCB constituent de véritables innovations. Leurs dimensions réduites, leur maniabilité et leur meilleure stabilité sont autant d'arguments qui leur font gagner des points face aux chargeurs étroits. L'accèsibilité de leur cabine, en position basse, est généralement bien appréciée. On y entre d'un seul pas, on en ressort de même.

Bien entendu, il ne faut pas placer d'attentes démesurées dans la cabine. La visibilité vers l'avant est meilleur qu'avec un

chargeur de ferme étroit. Mais vers la droite, c'est l'inverse. En comparaison avec les grands chargeurs télescopiques, les petits modèles offrent de toute manière un meilleur champ de vision. Et ils peuvent avantageusement remplacer un chargeur de ferme étroit, plus un tracteur avec frontal.

Pour des raisons de place, les concepteurs de ces engins ont dû abandonner le principe de fixation centrale du bras qui

se trouve légèrement déporté vers la droite. Ces véhicules bénéficient d'une direction sur les quatre roues qui les rend très maniables, loin devant le chargeur de ferme. JCB et Weidemann adoptent un positionnement du moteur caractéristique. Sur le JCB 515, le Deutz diesel est placé derrière le conducteur. Sur le Weidemann T4512, le Yanmar est placé sur la droite du véhicule. JCB a adopté une transmission à quatre moteurs hydrau-

### Glossaire

**Stabilité:** Position du centre de gravité et poids à vide sont les deux principaux facteurs de stabilité. En outre, le risque de retournement augmente proportionnellement à l'étroitesse de l'engin.

Le dispositif et la position de l'articulation influencent fortement la stabilité. Un véhicule braqué à fond voit sa capacité de chargement réduite d'environ 30 %.

**Forces de levage:** Conformément à la norme DIN 24094, la force de levage correspond à la force de levage que l'engin est capable d'exercer verticalement sur le centre de gravité d'une charge dans l'ensemble de son rayon d'action. La force de levage d'un chargeur télescopique dépend donc étroitement du rayon d'action et de la hauteur maxima de son bras. Des paramètres physiques incompressibles entrent en jeu dans ce calcul. Exemple : quand on déploie le bras du chargeur à l'horizontale en éloignant donc la charge du véhicule, la force de levage diminue proportionnellement à cet éloignement. Ainsi la stabilité de l'engin est-elle assurée. Pour des raisons de sécurité, la force de levage est réduite pour les grandes hauteurs.

D'après la norme DIN, ces mesures sont prises la charge étant placée à 50 centimètres de l'articulation.

**Force de poussée:** Il s'agit de la force qui s'exerce quand le véhicule est utilisé pour pousser des matériaux. Elle dépend du poids et de la surface du sol (bétonné, asphalté, sable ou gravier). La force de poussée est transmise par les pneumatiques (profil AS ou EM).

**Force de décollement:** La charge que le chargeur est capable de soulever du sol définit la force de décollement. La ligne active (la force) passe par la pointe de la dent. L'accessoire de levage peut donc s'appuyer sur le sol ou bien l'outil par son basculement provoquer un décollement. La valeur nominale de la force de décollement est atteinte lorsque le vérin de basculement applique le couple maximum au niveau de l'articulation du godet de la flèche.

liques. Chez Weidemann, un moteur rotatif à pistons entraîne un distributeur de transmission et des cardans sur les deux axes.

Ils prouvent leur efficacité depuis le début des années 1990.

Dieci, JCB, Manitou, Merlo et Weidemann sont considérés comme des constructeurs spécialistes en matière de chargeurs télescopiques. Claas, Deutz-Fahr, CNH, John Deere et Massey-Ferguson comptent parmi les Longliners. Dans toutes les situations où l'on doit régulièrement empiler des bottes ou charger des camions, le chargeur télescopique vient directement concurrencer le tracteur et son chargeur frontal. Il se caractérise par son bras télescopique monté en position centrale. Il est capable de soulever des charges à peu près deux fois plus lourdes que son « petit frère ». L'exemple des JCB montre cependant que si le modèle 515-58 est bien capable de lever une charge double du 515-40, son rayon de levage n'est, lui, guère plus élevé. Les gros chargeurs télescopiques possèdent des directions à 2 roues, à 4 roues ou en crabe.

## ROPS et FOPS pour une sécurité accrue

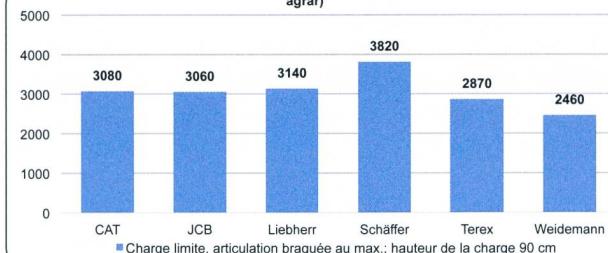
Commençons par les définitions: ROPS (Roll Over Protective Structure) désigne un dispositif antiretournement ajouté à la structure du véhicule. Il protège le machiniste en cas d'« événements inattendus » comme on dit dans le jargon et lui offre un volume de survie défini (DLV Deflection Limiting Volume). Le dispositif FOPS (Falling object Protection Structure) est une protection contre les chutes d'objets. En clair, cette structure protège le conducteur contre, par exemple, la chute des balles rondes ou carrées, des paloxes ou d'une fraction du chargement d'une palette. Certains chargeurs étroits sont déjà équipés depuis longtemps (Bobcat's). Depuis l'entrée en vigueur de l'Ordonnance sur la sécurité des machines, en 2010, tous les nouveaux engins de levage doivent en être dotés, les chargeurs de ferme au premier rang. La meilleure solution est le FOPS, seule protection à même de protéger suffisamment le conducteur en cas d'« événements inattendus ».

## Résumé

Les chargeurs compacts à roues pour l'agriculture sont dérivés de leurs « grands frères » de chantier, tout comme les chargeurs télescopiques ont migré de la

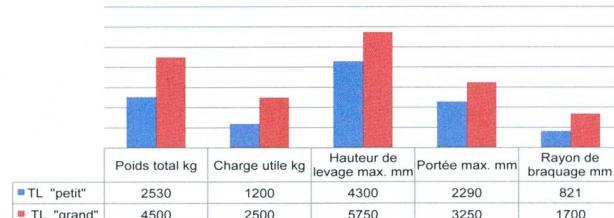
**Le graphique 1 montre la capacité de charge maximale, articulation ouverte au maximum, avec une charge à 90 cm du sol.**

Graphique 1: Données mesurées sur chargeurs compacts à roues (Test top agrar)



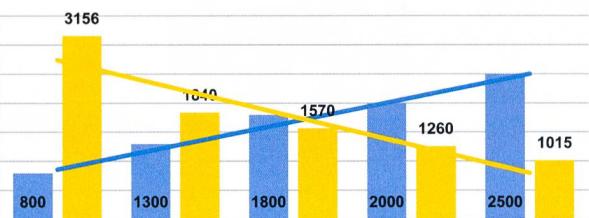
**Données comparées entre petits et grands chargeurs télescopiques (Weidemann).**

Graphique 2: Comparaison entre petits et grands chargeurs télescopiques Weidemann



**La charge utile d'un chargeur télescopique diminue proportionnellement à son rayon d'action.**

Graphique 3: Rapport entre charge utile en kg (bleu) et rayon d'action en mm (jaune) d'un chargeur télescopique



**Le moteur en porte-à-faux contre-balance l'effort exercé par la charge.**



construction vers l'agriculture. Les petits chargeurs télescopiques dérivent aussi des grands modèles. Ils s'imposent de plus en plus comme des concurrents des chargeurs de ferme classiques. Tandis que la place des plus petits parmi ces derniers, véritables passe-partout, restent incontestée dans maintes situations. ■



**Comparé aux chargeurs frontaux, les chargeurs télescopiques sont plus rapides et atteignent des hauteurs de levage plus élevées.**

**Sur les chargeurs compacts, l'utilisation de roues de petit diamètre abaisse fortement le centre de gravité.**

**Tableau 2: Extrait du Rapport ART n° 733, Coûts des machines 2010 (prix/coûts en francs)**

Désignation du véhicule de levage	Prix d'achat moyen	Coûts fixes annuels	Coûts variables UT	Référence CHF/UT
Chargeur frontal moyen	13 000	1185	4.00/h	15.50/h
Pince croco pour chargeur frontal	4800	474	2.36/h	7.80/h
Chargeur étroit 20 kW	46 000	4505	12.00/h	33.00/h
Chargeur étroit 50 kW	77 000	7468	22.48/h	58.00/h
Chargeur télescopique 75 kW	106 000	9862	23.94/h	57.00/h
Elévateur à fourche	27 000	2288	8.96/h	22.00/h

**Tableau 3: Valeurs caractéristiques moyennes des véhicules de levage**

Grand chargeur télescopique		Petit chargeur télescopique	
Puissance moteur de... à	80 à 110 kW	Puissance moteur de... à	23 à 37 kW
Poids	5,5 à 8,5 t	Poids	2,5 à 3,5 t
Capacité de levage max.	4500 à 7500 daN	Capacité de levage max.	1500 à 1880 daN
Chargeur à roues de chantier		Chargeur à roues compact (agricole)	
Puissance moteur de... à	100 à 150 kW	Puissance moteur de... à	50 à 80 kW
Poids	12 à 13 t	Poids	5,2 à 6,3 t
Capacité de levage max.	7000 à 10 000 daN	Capacité de levage max.	2400 à 3800 daN
Chargeur de ferme « normal »		Chargeur de ferme « petit »	
Puissance moteur de... à	24 à 28 kW	Puissance moteur de... à	34 à 45 kW
Poids	1650 à 2200 kg	Poids	jusqu'à 2000 kg
Capacité de levage max.	1450 à 2300 kg	Capacité de levage max.	1050 à 1450 daN





**HKS Fördertechnik AG**

Elévateurs. Solutions. Pour vous.

Téléfon +41 52 305 47 47 • [www.hks-hyster.ch](http://www.hks-hyster.ch)



**Service des transports  
Croix-Rouge**

Rester mobile, malgré l'âge,  
la maladie ou le handicap

Téléphone 031 387 71 11, [fahrdienst@redcross.ch](mailto:fahrdienst@redcross.ch)

Croix-Rouge suisse  
Schweizerisches Rotes Kreuz   
Croce Rossa Svizzera



# AGRI TECHNICA

**The World's No.1**



La plaque tournante de  
la technologie agricole!

**Hanovre/Allemagne  
du 15 au 19 novembre 2011**

**Journées d'exclusivité: les 13 et 14 novembre**

Voyageplan

Tel.: 021 9 66 44 11  
E-Mail: [info@voyageplan.ch](mailto:info@voyageplan.ch)

Services aux membres DLG

Tel.: +49 (0) 69/24788-205  
E-Mail: [mitgliederservice@DLG.org](mailto:mitgliederservice@DLG.org)



[www.agritechnica.com](http://www.agritechnica.com)  
[www.facebook.com/agritechnica](http://www.facebook.com/agritechnica)

Nous cherchons, pour notre atelier de Satigny

**UN MECANICIEN**  
**en machines agricoles ou d'appareils à moteur**  
**à 100%**

titulaire d'un CFC ou formation jugée équivalente, avec expérience dans le domaine agricole et de bonnes connaissances en motoculture et machines de jardin. Un goût prononcé pour la vente et le contact avec la clientèle. La maîtrise de l'allemand est un atout.

Nous vous offrons un travail varié au sein d'une petite équipe, un bon encadrement professionnel et un environnement de travail agréable.

Si vous êtes intéressé, veuillez nous faire parvenir votre lettre de motivation accompagnée d'un curriculum vitae et des copies de certificats de travail à l'adresse suivante :

Cercle des Agriculteurs de Genève et Environs

Karine SAULNIER



Case postale 15  
1242 Satigny



## Concentré de puissance établit de nouvelles références – la 6R évolution



**Matra Days 2011**  
15 et 16 octobre  
à Lyss

### Êtes-vous prêt pour...

... plus de productivité?

... plus de confort?

... plus de puissance?

... la nouvelle technologie de moteur (**Juste** du gazole)?

... une meilleure qualité d'air grâce au filtre à particule?



**JOHN DEERE**



**Juste du gazole**

**N'hésitez pas à contacter le concessionnaire  
John Deere dans votre région.**

**Matra** 3250 Lyss, Industriering 19, Tél. 032 387 28 28, info@matra.ch, [www.matra.ch](http://www.matra.ch), [www.JohnDeere.ch](http://www.JohnDeere.ch)

# Moteurs diesel propres – différentes manières d'y arriver

**La norme de gaz d'échappement 3B pour les moteurs diesel dès 130 kW est déjà en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2011; elle le sera également pour la classe de puissance de 75 à 129 kW dès 2012. Cet article montre avec quelles technologies les constructeurs garantissent le respect des valeurs-limites du niveau 3B et quelles perspectives se dessinent pour le niveau 4.**

Roger Stirnimann

Ces dernières années, les constructeurs de moteurs diesel ont dépensé d'importantes sommes d'argent dans la recherche et le développement. La principale raison a été les normes de gaz d'échappement en Europe, Amérique du Nord et au Japon. Depuis l'introduction de ces prescriptions pour les véhicules Offroad (véhicules non routiers) à la fin des années 1990, jusqu'aux normes de niveau 3A, encore partiellement valables aujourd'hui, les émissions d'oxyde d'azote ( $\text{NO}_x$ ) ont dû diminuer de 75 % et celles de particules de 80 % (classes de puissance de 130–560 kW). En ce qui concerne la prochaine norme 3B, les émissions de  $\text{NO}_x$  et de particules doivent encore diminuer de 90 % (voir graphique 1).

Les constructeurs sont confrontés à deux importants conflits d'intérêts: d'une part les interactions entre le  $\text{NO}_x$  et les particules, et, d'autre part, celles entre le  $\text{NO}_x$  et la consommation de carburant. Ainsi, par exemple, la diminution de la température de combustion dans les cylindres a pour effet une réduction des valeurs  $\text{NO}_x$ , mais elle provoque en revanche l'aug-

mentation de la formation de particules et inversement. Un conflit d'intérêts analogue existe entre le  $\text{NO}_x$  et la consommation de carburant. Les mesures en vue de limiter les émissions de  $\text{NO}_x$  ont souvent un effet négatif sur le rendement et, par conséquent, sur la consommation. A l'inverse, les mesures visant à améliorer les valeurs de consommation conduisent en général à une température accrue, ce

## Un nouveau cycle de tests représente des exigences supplémentaires

Les valeurs-limites en matière de gaz d'échappement sont dépendantes de la puissance. Pour les classes de puissance supérieures, des valeurs-limites plus strictes ont été fixées, avec également des mises en vigueur plus rapides que pour les classes inférieures. Une certaine proportionnalité est respectée ici entre les contraintes techniques, la place disponible et les coûts.

Avec la norme de gaz d'échappement 3B, hormis le cycle de tests stationnaire à 8 niveaux selon ISO 8178 C1 disponible jusqu'à présent, le nouveau «Non Road Transient Cycle» (NRTC) est également utilisé maintenant. Le NRTC révèle le comportement du moteur en termes de gaz d'échappement dans la pratique de manière nettement meilleure. En effet, de nombreux changements de charges sont simulés, ceci durant une période de mesure de 20 minutes, ce qui a des conséquences particulièrement en matière d'émissions de particules. Le NRTC mesure également les émissions des démarriages à froid comme à chaud.

Les technologies décrites ci-après concernent en premier lieu les classes de puissance dès 100 Ch. Au-dessous de 100 Ch, une technique simplifiée entre généralement en ligne de compte.

## Systèmes de retraitement nécessaires dès le niveau 3B

Les valeurs-limites des normes 1 à 3A pouvaient être respectées avec des me-

sures techniques internes au moteur. Une injection à rampe commune avec des pressions atteignant 1600 bar, une gestion électronique du moteur, la technique à quatre soupapes, le turbocompresseur et le refroidissement de l'air d'admission constituaient les technologies de base combinées avec le recyclage des gaz d'échappement. Pour les prochaines étapes 3B et 4, il est nécessaire de poursuivre leur développement et de les compléter par des systèmes de retraitement des gaz d'échappement. SCR, des catalyseurs à oxidation et des filtres à particule en font partie. Pour la norme

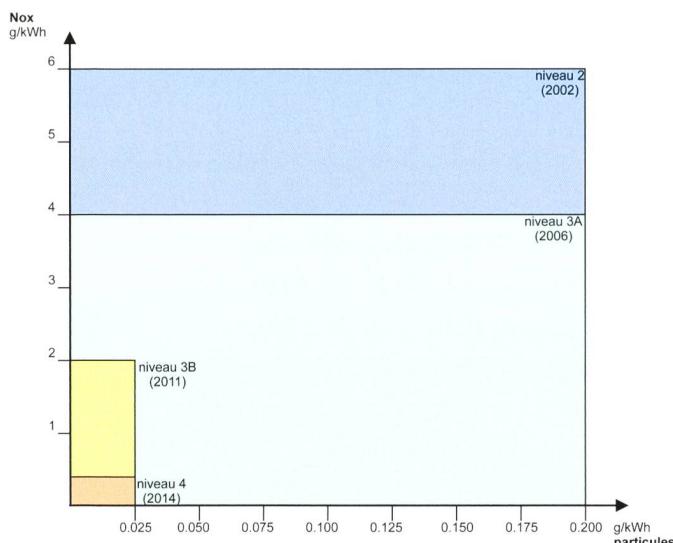
## Petit lexique relatif aux normes

Norme UE 3B, niveau 4, Tier 4 – Interim, Tier 4 – Final, EURO 5, EURO VI...! Ces termes comme d'autres encore sont utilisés en relation avec les normes relatives aux gaz d'échappement. Qu'est ce que cela signifie précisément? Dans le cas des véhicules Offroad, on parle de «niveaux». En Europe, il s'agit des niveaux («Stages» en anglais) 1, 2, 3A, 3B et 4. En Amérique du Nord, le terme «Tier» est utilisé. Les correspondances sont indiquées ci-dessous:

Europe	Amérique du Nord
Niveau 1	Tier 1
Niveau 2	Tier 2
Niveau 3A	Tier 3
Niveau 3B	Tier 4 – Interim
Niveau 4	Tier 4 – Final

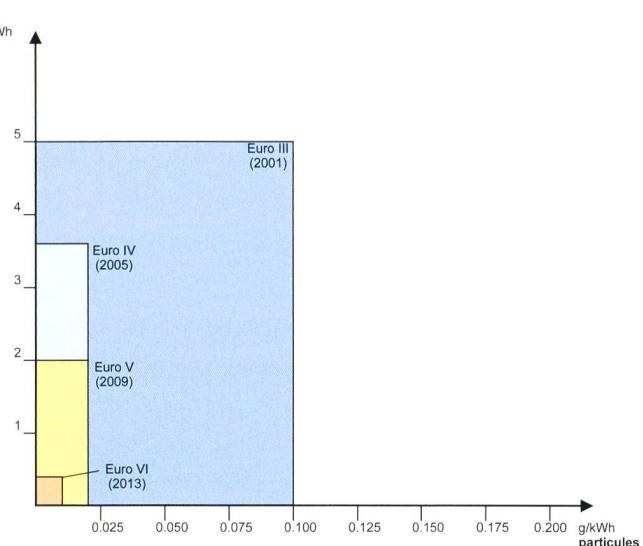
Pour les véhicules routiers, les désignations «Euro X» sont usuelles. Pour les voitures et véhicules routiers légers, la valeur X est indiquée en chiffres arabes (1, 2, 3, 4...), alors que des chiffres romains (I, II, III, IV...) sont utilisés pour les véhicules utilitaires lourds.

## Valeurs-limites d'émission des véhicules Offroad



**Graphique 1 :**  
Les deux graphiques donnent un aperçu des valeurs-limites d'émissions de NO<sub>x</sub> et de particules des quatre derniers niveaux de gaz d'échappement des véhicules Offroad et des véhicules routiers lourds (UE). Bien que ces valeurs ne soient pas absolument comparables entre elles, en raison des différents cycles de tests, l'on s'aperçoit

## Valeurs-limites d'émission des véhicules routiers lourds

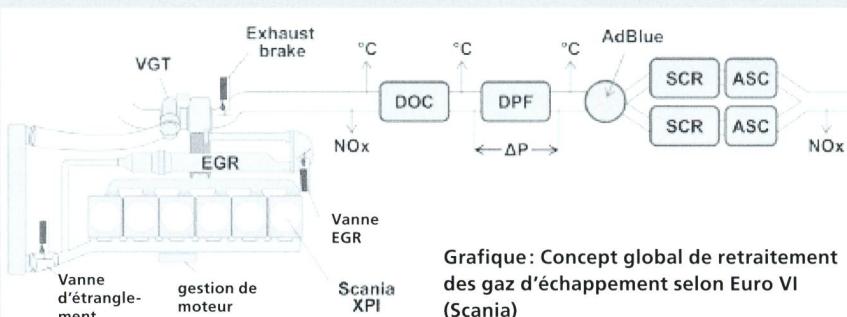


cependant que les normes de niveaux 3B et 4, respectivement Euro V et VI, indiquent des valeurs équivalentes. Dans le cas des véhicules utilitaires lourds avec Euro VI, non seulement la masse des particules mais aussi leur nombre se voient limités, ce qui rend un filtre à particules indispensable.

3B, les constructeurs de moteurs Offroad appliquent deux options fondamentalement différentes (graphique 2). La première consiste à traiter les gaz d'échappement par le biais de la réduction catalytique sélective (SCR), qui prévoit

l'injection d'une solution d'urée (AdBlue) comme réactif dans la conduite d'échappement. L'ammoniac qui en résulte est transformé en azote inoffensif et en vapeur d'eau dans le catalyseur SCR. L'avantage de cette technologie est que le mo-

teur fonctionne avec des températures de combustion élevées, ce qui permet l'optimisation de la consommation de carburant et des émissions de particules. L'inconvénient est que des composants supplémentaires sont nécessaires sur les



Grafique : Concept global de retraitement des gaz d'échappement selon Euro VI (Scania)

## Que se passe-t-il avec les poids lourds ?

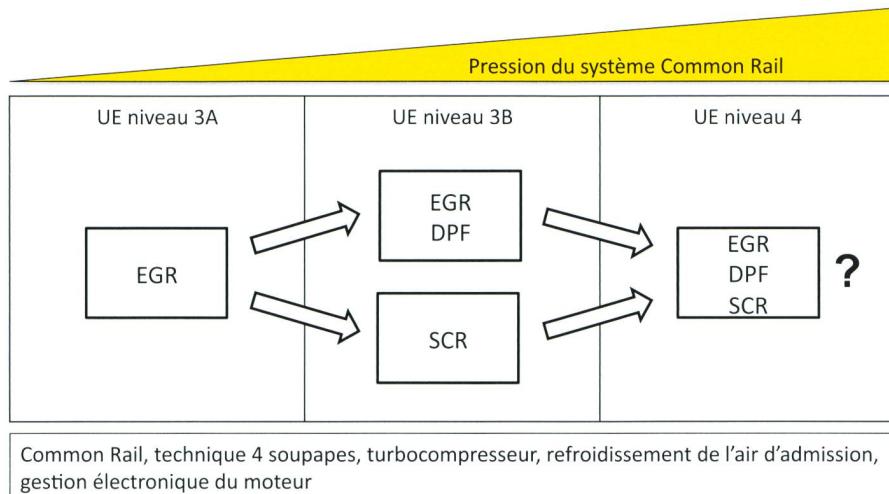
Dans le cas des véhicules routiers, les émissions de substances polluantes des moteurs à combustion ont été limitées plus tôt que pour les véhicules Offroad, raison pour laquelle les premiers jouent un rôle de précurseurs technologiques. L'évolution des moteurs diesel de camion permet de tirer quelques conclusions quant aux perspectives pour le secteur Offroad. La discussion actuelle relative aux options technologiques dans le domaine de la technique agricole en vue de satisfaire aux futures valeurs d'émissions de gaz d'échappement a été menée intensivement par le passé, dans le secteur des

poids lourds également. Est-ce que la formation d'oxyde d'azote doit être diminuée à l'intérieur du moteur par un recyclage des gaz d'échappement avec refroidissement ou le laisse-t-on sciemment se former pour ensuite les réduire dans les tubulures d'échappement au moyen de la technologie SCR, telle a été la question de base. Tous les constructeurs européens de camions ont opté, au plus tard lors de l'introduction de la norme EURO V en 2009, pour la variante SCR (Selective Catalytic Reduction). Seuls les constructeurs Scania et MAN proposent, en plus des moteurs SCR, des moteurs respectant la norme

EURO V avec EGR (Exhaust Gas Recirculation), soit sans adjonction d'AdBlue. Il y a quelques semaines, Mercedes, Scania et Iveco ont déjà présenté leur option technologique relative à la norme EURO VI, qui entrera en vigueur pour les camions en 2013. Avec ce dernier niveau, les valeurs-limites pour le NO<sub>x</sub> et les particules seront une fois de plus massivement réduites (voir graphique 1). Élément rendant la tâche plus ardue, ce n'est pas seulement la masse des particules mais également leur nombre qui devront être réduits de 95 %, ce qui impose de fait le filtre à particules. De plus, les valeurs-limites devront être garanties pour plus de 700 000 km, et les émissions d'ammoniac seront également limitées (en raison du fait que l'ammoniac n'est pas traité à 10 % par le système SCR).

## Présentation de solutions EURO VI complexes

Mercedes, l'un des défenseurs les plus ardents de la SCR, mise également pour EURO VI sur la combinaison SCR, EGR et DPF, comme Scania ! De cette façon, la consommation de diesel, comme d'ailleurs celle d'AdBlue, peut être maintenue au



**Graphique 2: Pour le niveau 3B, les constructeurs de moteurs Offroad optent pour deux méthodes différentes, soit l'EGR combiné au filtre à particules, ainsi que la technique SCR. Ces deux voies pourraient se rejoindre à l'avenir avec la norme niveau 4.**

véhicules, l'AdBlue étant un additif qu'il s'agit d'acheter, stocker et remettre dans un deuxième réservoir. Cette variante est surtout appliquée par les constructeurs européens, comme par exemple AGCO Sisu Power (Massey Ferguson) et Fiat Power Train (New Holland, Case).

### Recyclage des gaz d'échappement avec filtre à particules

La seconde variante technologique consiste en la combinaison d'un recyclage des gaz d'échappement avec refroidissement (EGR), mesure interne au moteur avec catalyseur à oxydation et filtre à particules comme système de retraitement. En raison des températures de combustion inférieures – imposées par l'EGR – la formation de NO<sub>x</sub> dans les cylindres est nettement réduite, ce qui a cependant une incidence négative sur les émissions de particules et requiert donc un filtre à particules (DPF). Le réglage du moteur consiste ici en un compromis entre la consommation de carburant et les émissions de NO<sub>x</sub>, la consommation pouvant donc s'avérer un peu plus élevée par rapport à un moteur SCR. En fin de compte, la consommation totale se révèle déterminante, et il ne faut pas oublier que le moteur SCR consomme également de l'AdBlue.

Cette variante est utilisée principalement par les constructeurs américains comme John Deere, Cummins et Caterpillar/Perkins.

La situation ne se présente pas en noir ou en blanc: quelques constructeurs adoptent les deux solutions. Alors que les moteurs Deutz de 6,1 et 7,8 litres de cylindrée, équipant les séries 700, 800 et 900 de Fendt, sont munis de la technologie SCR, Deutz propose ces mêmes moteurs pour d'autres usages avec EGR externe et DPF (boîte de construction

DVERT). New Holland mise de manière conséquente sur le SCR pour les classes de puissance dès 100 Ch, mais également sur l'EGR à refroidissement et le DPF au-dessous de cette limite. Le constructeur anglais JCB prend une position originale avec sa propre série Ecomax-T4. Les deux moteurs 4 cylindres de 4,4 et 4,8 litres de cylindrée sont censés atteindre les valeurs-limites de la norme 3B avec l'EGR, mais sans filtre à particules. Hormis un système Common Rail avec des pressions jusqu'à 2000 bar et un turbocompresseur à géométrie variable, le nouveau « Twin Vortex Combustion System » doit permettre de le concrétiser. La forme spécifique de la chambre de combustion, ainsi que deux dispositifs d'aspiration d'air interactifs assurent un excellent mélange de l'air et du carburant, ce qui limite la formation de particules. Le tableau 1 décrit quelques moteurs typiques en configuration 3B.

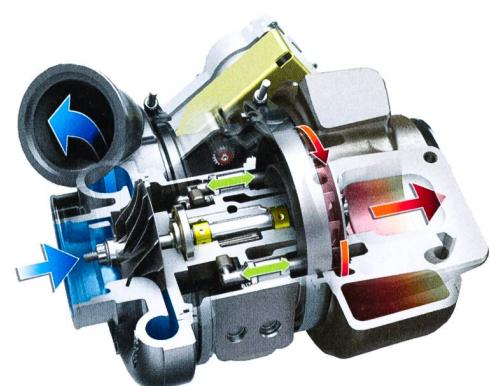
même niveau qu'avec EURO V (env. 5 %), voire légèrement au-dessous. Les contraintes techniques globales sont cependant très conséquentes avec ces moteurs. Chez Scania, l'injection bien connue à rampe commune XPI, avec deux niveaux de pression, préinjection, injection principale et postinjection, pression maximale jusqu'à 2400 bar, ainsi que turbocompresseur à géométrie variable, sont mis en œuvre. Le recyclage des gaz d'échappement avec refroidissement travaille avec un taux de récupération maximal de 25 %. Si nécessaire, de l'air frais refroidi peut encore être ajouté aux gaz d'échappement recyclés. Les systèmes de retraitement sont constitués d'un catalyseur à oxydation, un filtre à particules avec régénération active et passive, de deux catalyseurs SCR parallèles, ainsi que deux catalyseurs à ammoniac (voir schéma).

Pour EURO VI, Mercedes se base sur une injection Common-Rail avec renforcement de la pression (X-Pulse) qui permet des pressions atteignant jusqu'à 2100 bar et une injection variable. Les moteurs sont assistés d'un turbocompresseur de conception nouvelle avec boîtier asymétrique qui dispense deux flux d'air comprimé différents. Les gaz

d'échappement des trois premiers cylindres sont conduits directement dans la turbine au travers d'un gros tuyau. Ceux des cylindres quatre à six passent par un plus petit tuyau offrant davantage de résistance, et un tiers du flux est dévié au profit de l'AGR. Le retraitement des gaz d'échappement se fait par le biais d'un filtre à particules à haut rendement et d'un nouveau système de dosage SCR qui agit sans pression d'air. IVECO en revanche veut atteindre EURO VI sans recyclage des gaz d'échappement et compte sur un nouveau catalyseur SCR offrant un taux de transformation du NO<sub>x</sub> de 95 % (jusqu'à présent 75 % avec EURO V), combiné avec un catalyseur à oxydation et particules. La consommation d'AdBlue avec cette solution devrait augmenter avec cette solution par rapport à EURO V. Le renoncement à l'EGR permet aux moteurs IVECO de fonctionner à température plus élevée, ce qui entraîne une régénération passive du filtre à particules. Le système Common-Rail atteint une pression jusqu'à 2200 bar et travaille également avec une injection multiple. Un catalyseur à ammoniac se trouve encore après le système SCR. ■

### Aperçu de la norme de niveau 4

Jusqu'il y a peu de temps, les spécialistes étaient d'avis que la combinaison EGR,



Les turbocompresseurs à géométrie variable sont utilisés surtout dans les moteurs avec EGR.

**Tableau 1: Moteurs diesel modernes de niveau 3B – Configuration – Aperçu (130-560 kW)**

Type de moteur	AGCO Sisu 84CTA	Cummins QSB6.7	Caterpillar C9.3 ACERT	Deutz TCD 2012 L6	FPT N67 ENT	John Deere PSX 6.8
Nombre de cylindres	6	6	6	6	6	6
Nombre de soupapes /cyl.	4	4	4	4	4	4
Cylindrée (litres)	8,4	6,7	9,3	6,1	6,7	6,8
Système de turbocompression	à un niveau, Wastegate	à un niveau, VGT	à un niveau, Wastegate	à un niveau, Wastegate	à un niveau, Wastegate	à deux niveaux, VGT
Refroidissement de l'air	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Système d'injection	Common Rail	Common Rail	Common Rail	Common Rail	Common Rail	Common Rail
Gestion de l'injection	électronique	électronique	électronique	électronique	électronique	électronique
Pression maximale	non connue	non connue	non connue	2000 bar	1600 bar	2000 bar
Recyclage des gaz d'éch.	–	AGR refroidi	AGR refroidi	–	–	AGR refroidi
Système de retraitement des gaz d'échappement	DOC SCR (double)	DOC DPF	DOC DPF	SCR	SCR	DOC DPF
Exemple pratique	Massey Ferguson 8660	ouvert*	ouvert*	Fendt Vario 828	New Holland T7.210	John Deere 7200R

Abréviations: DOC → Catalyseur diesel à oxydation, DPF → Filtre à particules diesel, VGT → turbocompresseur à géométrie variable  
SCR → Réduction catalytique sélective

\* Le moteur QSB6.7 de Cummins a été monté par exemple dans la série JCB 7000, le prédecesseur du Caterpillar C9.3, et sur les modèles Xerion 3300 et 3800 de Claas. Pour ces deux constructeurs, il n'est pas encore déterminé actuellement si ces moteurs seront encore montés en configuration de niveau 3B ou si le fournisseur de moteur sera remplacé.

SCR et DPF constituerait la base pour respecter les prescriptions en termes de valeurs-limites de la norme 4, et que les diverses variantes du niveau 3B pourraient de nouveau être uniformisées. Les hypothèses les plus récentes relatives aux moteurs de niveau 4 laissent cependant supposer que les trois technologies ne seront vraisemblablement pas nécessaires. Ainsi, MTU à Friedrichshafen, qui produit par exemple les moteurs des ensevelies automotrices Claas, a développé des séries de moteurs entièrement nouvelles qui respecteront la norme 4 avec SCR et EGR, mais sans filtre à particules. Ces moteurs sont très proches des nouveaux moteurs Euro VI des camions Mercedes. La pression maximale dans le système d'injection à rampe commune, avec renforcement de la pression dans l'injecteur, atteint quelque 2500 bar. La vaporisation très fine du carburant explique certainement pourquoi ces moteurs peuvent respecter les prescriptions de la norme 4 sans filtre à particules. New Holland estime même pouvoir atteindre cet objectif grâce à des systèmes SCR améliorés, ceci sans EGR ni DPF. Cummins, Caterpillar et Deutz misent pourtant sur la combinaison EGR + SCR + DPF avec adjonction modérée d'AdBlue. John Deere ne communique encore rien quant à ses intentions à ce propos.

Il faut aussi se préparer à ce qui succédera à la norme de gaz d'échappement de niveau 4. Certains spécialistes sont d'avis que l'on en restera pas là. Avec les niveaux 3B et 4, le législateur voulait imposer l'usage du filtre à particules, ce qui peut d'ailleurs maintenant être évité grâce aux progrès technologiques importants réalisés dans les systèmes d'injection et de compression. Comme ce sont les petites particules qui nuisent particulièrement à la santé, il se pourrait que leur nombre soit également limité pour les véhicules Offroad, comme cela est déjà le cas avec les camions par le biais de la norme EURO VI. Après avoir amené les valeurs-limites d'émissions d'oxyde d'azote et de particules tout près de zéro, le législateur devrait probablement porter son attention sur la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Avec les moteurs, le potentiel de réduction de la consommation de carburant semble presque épuisé, compte tenu des conflits d'intérêts évoqués précédemment. A l'avenir, ce sont des solutions d'entraînement complètes qu'il s'agira de développer, comprenant aussi bien la transmission que ses autres constituants. L'évolution est ici également très rapide, et il ne fait pas de doute que des issues pratiquables seront trouvées. ■



**SCR de MF:** Système SCR de deuxième génération de AGCO Sisu Power, tel qu'il se retrouve sur les séries 7600 et 8600 Massey Ferguson: combinaison d'un catalyseur à oxydation avec deux catalyseurs SCR fonctionnant en parallèle, mais disposés l'un derrière l'autre. Dans les derniers de ceux-ci, des catalyseurs slip sont encore intégrés et permettent la transformation des restes d'ammoniac en azote atmosphérique.