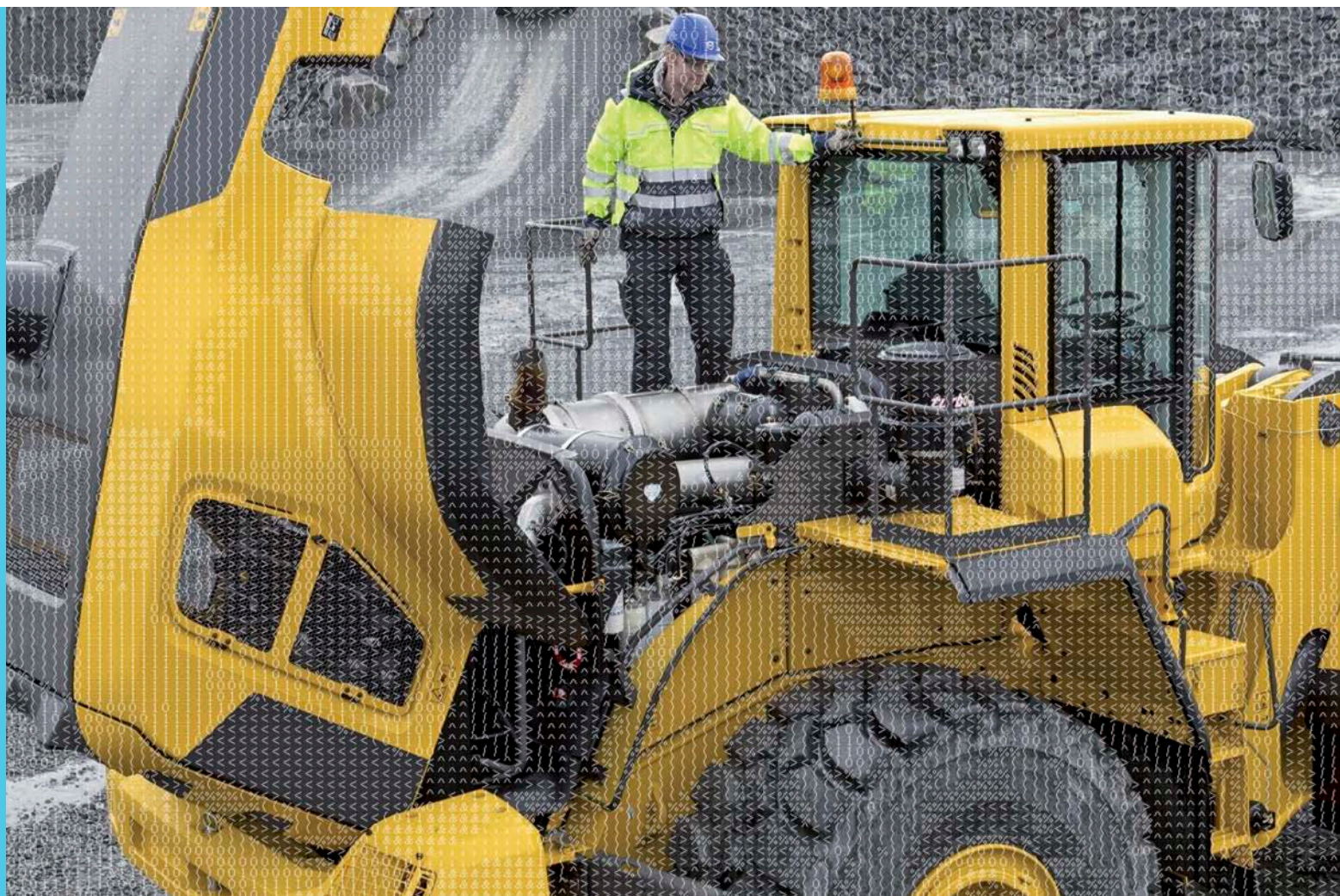


> Moins de suies de diesel

Comment la Suisse a réduit ses émissions



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

> Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Avant-propos | 3 |
| Avantages et inconvénients du moteur diesel | 4 |
| Impact sur la santé publique | 6 |
| Epuration efficace des gaz d'échappement grâce aux filtres à particules | 8 |
| Fonctionnement des filtres à particules | 10 |
| Evolution des émissions de suies de diesel | 12 |
| Filtres à particules pour les bus et les camions | 14 |
| Filtres à particules pour les locomotives et les bateaux | 16 |
| Filtres à particules pour les machines de chantier | 18 |
| Filtres à particules pour les dameuses de pistes | 20 |
| Filtres à particules pour les tracteurs | 22 |
| Filtres à particules pour les machines et les engins | 24 |

Impressum

Editeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)
L'OFEV est un office du Département fédéral
de l'environnement, des transports, de
l'énergie et de la communication (DETEC).

Auteur

Beat Jordi, Bienne

Accompagnement à l'OFEV

Gerhard Badertscher, Philipp Hallauer, Martin Schiess,
Peter Straehl (division Protection de l'air et RNI);
Georg Ledergerber (division Communication)

Traduction

Lionel Felchlin, Fribourg

Graphisme, mise en page

upart, Berne, Laurence Rickett

Photo de couverture

Volvo

Commande de la version imprimée et téléchargement au format PDF

OFCL, Diffusion des publications fédérales
CH-3003 Berne
Tél. +41 (0)31 325 50 50, fax +41 (0)31 325 50 58
verkauf.zivil@bbl.admin.ch
Numéro de commande: 810.400.068f
www.bafu.admin.ch/ud-1057-f

Cette publication est également disponible en
allemand, italien et anglais.

> Avant-propos

Dans les zones à forte densité d'habitation de Suisse et le long des axes principaux notamment, la pollution de l'air due aux poussières fines nocives dépasse parfois de beaucoup la valeur limite fixée dans l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair). Ainsi, 30 à 40 % de la population sont exposés toute l'année à des charges de poussières fines excessives, tandis que près de 10 % inhalent trop de dioxyde d'azote de manière chronique.

Eu égard à sa situation topographique spécifique, le Plateau, encastré entre la chaîne du Jura au nord et les Alpes au sud, ne bénéficie souvent que d'un faible échange d'air. Le même phénomène se produit au Tessin, où les effluents de la plaine du Pô s'accumulent souvent au pied du versant sud des Alpes. Cette situation géographique et climatique particulière a des répercussions négatives sur la qualité de l'air.

Les suies cancérigènes émises par les moteurs diesel comptent parmi les éléments particulièrement toxiques des poussières fines. La législation suisse sur la protection de l'environnement impose de réduire autant que possible les émissions de substances cancérigènes. Dans le but de protéger la population, le Conseil fédéral a approuvé en 2006 déjà le «Plan d'action contre les poussières fines» et a ainsi engagé plusieurs mesures, notamment afin de réduire sensiblement les importantes émissions de suies des moteurs diesel qui ne sont pas équipés d'un dispositif d'épuration des gaz d'échappement.

Pour les véhicules routiers, la Suisse se conforme aux normes européennes sur les gaz d'échappement. Dans le secteur non routier, lorsque la protection des travailleurs, des habitants ou des passants le requiert, elle pose cependant des exigences techniques plus sévères aux moteurs diesel, variables selon la catégorie de machines. En l'espèce, la Confédération a volontairement assumé un rôle de pionnier et a ainsi fait avancer le développement de la technique.

Grâce aux systèmes homologués qui figurent sur la liste OFEV des filtres à particules, nous disposons depuis des années d'une technologie d'épuration des gaz d'échappement des moteurs diesel qui est à la fois efficace et éprouvée. Les coûts d'une épuration efficace sont nettement inférieurs aux coûts de la santé que notre économie aurait à supporter en l'absence d'une réduction marquée de la pollution par les suies. Les efforts de la Suisse dans ce domaine sont également récompensés par les nombreux emplois créés grâce aux avancées de la recherche et de l'industrie dans le secteur prometteur des technologies propres.



Bruno Oberle
Directeur
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Avantages et inconvénients du moteur diesel

> Les véhicules diesel passent la vitesse supérieure

Un nombre croissant de véhicules diesel circulent sur les routes suisses. Toutefois, à moins d'être équipés d'un système de filtre à particules efficace, les nouveaux moteurs continuent de polluer fortement l'air avec des suies de diesel nocives.

Les moteurs diesel équipant nombres de véhicules et machines sont supérieurs à d'autres moteurs à combustion sur plusieurs points. Par rapport aux moteurs à essence, ils consomment jusqu'à 30 % de carburant en moins grâce à un procédé de combustion plus efficace et chaque plein leur confère une plus grande autonomie. La pollution atmosphérique au dioxyde de carbone (CO₂), le gaz à effet de serre le plus abondant, est ainsi moindre.

Le développement des techniques d'injection et de suralimentation, qui s'est accéléré ces dernières années, a permis d'augmenter également le rendement des petits moteurs diesel, à l'instar de ceux qui équipent les voitures de tourisme. Bien qu'un moteur diesel n'atteigne pas un nombre de tours aussi important que des moteurs à essence comparables, il dispose d'un couple plus élevé dans la limite inférieure de la fourchette du nombre de tours. La puissance maximale du moteur est donc déjà disponible à partir d'un nombre de tours

réduit. Si les bruits de cognement du moteur au démarrage rappelaient jadis plus un tracteur qu'une voiture de tourisme, les moteurs diesel sont aujourd'hui beaucoup plus silencieux et vibrent moins. On le doit principalement à l'efficacité de l'électronique qui pilote le moteur et aux injecteurs modernes.

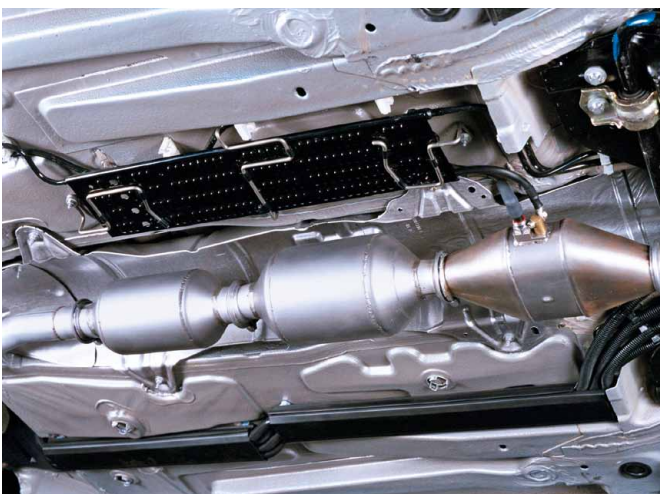
Augmentation rapide du nombre de voitures diesel

Les progrès de la technique ont nettement renforcé l'intérêt pour les voitures diesel. Aujourd'hui, une nouvelle voiture sur trois est équipée d'un tel moteur en Suisse. La part des véhicules diesel sur l'ensemble des voitures de tourisme ne cesse de croître aux dépens des voitures à essence. Fin septembre 2011, l'Office fédéral de la statistique a dénombré 827 000 voitures de tourisme diesel en Suisse, soit près de 20 % du parc total de voitures de tourisme (4,16 millions). Un nombre bien plus important de voitures diesel circulent en Europe, où le carburant bénéficie presque partout d'avantages fiscaux, contrairement à la Suisse. Dans certains pays, les voitures équipées d'un moteur diesel représentent plus de 75 % des nouvelles immatriculations.

Préjudices sur le plan de la protection de l'air

Les voitures de tourisme à essence sont équipées de série depuis plus de deux décennies de catalyseurs à trois voies pour l'épuration des gaz d'échappement. A l'inverse, les efforts de réduction des émissions sont intervenus assez tardivement pour les moteurs diesel. Sous l'angle de la protection de l'air, les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) et de particules de suies cancérigènes notamment, nettement plus élevées, comptent parmi les aspects négatifs. Les dispositifs techniques visant à réduire les émissions de NO_x à l'intérieur du moteur, tel le recyclage des gaz d'échappement, n'ont qu'une efficacité très limitée, car il en résulte une hausse des émissions de suies et une baisse de la puissance du moteur.

Grâce à l'amélioration de la combustion du carburant dans le moteur diesel, les panaches de fumée noire ont presque complètement disparu. Toutefois, cette réduction des



Peugeot est le premier constructeur automobile à avoir équipé ses voitures de tourisme diesel en série d'un filtre à particules efficace pour l'épuration des gaz d'échappement.

Photo de presse de l'Automobil-Club Verkehr (Allemagne)

particules grossières visibles et de la masse des particules de suie ne suffit pas d'un point de vue de la protection de l'air, car les fortes concentrations de particules de suie ultrafines et d'ordinaire invisibles à proximité des sources d'émission, par exemple le long des principaux axes routiers, constituent un risque sanitaire.

En outre, les particules de suie ont aussi un impact sur le réchauffement climatique. Comme elles ne restent pas des centaines d'années dans l'atmosphère mais uniquement quelques semaines, contrairement au dioxyde de carbone, principal gaz à effet de serre, une réduction des émissions de suies peut avoir un effet modérateur sur le réchauffement climatique à très court terme.

Le traitement des gaz d'échappement devient la norme

Au regard des possibilités techniques existantes, on n'est pas encore arrivé à concilier l'objectif d'une combustion optimale du diesel en un seul processus avec l'exigence d'émettre le moins de gaz d'échappement possibles. Comme c'est le cas pour le moteur à essence, il faut, pour sortir de ce dilemme, découpler le processus de combustion et le traitement des gaz d'échappement.

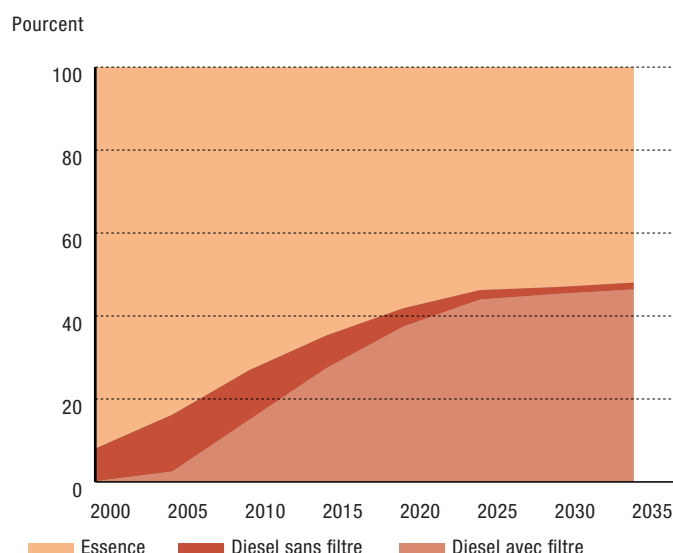
Le plan d'action contre les poussières fines, approuvé par le Conseil fédéral en 2006, a contribué de manière déterminante à ce que la plupart des acheteurs de voitures de tourisme diesel en Suisse préfèrent spontanément les modèles plus respectueux de l'environnement équipés d'un filtre à particules efficace, et ce bien avant l'introduction de la norme EURO 5 relative aux gaz d'échappement. Depuis l'entrée en vigueur de cette norme en septembre 2009, la valeur limite de particules pour les voitures diesel nouvellement immatriculées a été officiellement abaissée en Europe de 25 à 5 milligrammes par kilomètre (mg/km). Cette limite ne peut être respectée qu'avec un système de filtre à particules fermé, qui réduit les émissions de suies de plus de 95 %. La norme EURO 6, qui entrera en vigueur en septembre 2014, exigera de surcroît, pour les nouveaux modèles diesel, une réduction des émissions de NO_x de 180 à 80 mg/km. Les dispositifs catalytiques visant à réduire les oxydes d'azote, à l'instar du catalyseur SCR (Selective Catalytic Reduction), devraient ainsi largement s'imposer.

Les moteurs diesel sans filtres à particules sont problématiques

La valeur limite stricte pour le nombre de particules ne s'applique qu'à partir de l'automne 2012 à la catégorie des voitures automobiles légères pesant entre 2,5 et 3,5 tonnes. Et les nouveaux véhicules à moteur lourds dont le poids excède 3,5 tonnes ne doivent respecter cette valeur limite qu'à compter de l'entrée en vigueur de la nouvelle norme EURO VI en 2014. Par ailleurs, des dizaines de milliers de vieilles voitures

diesel sans dispositif d'épuration des gaz d'échappement continuent de circuler sur les routes suisses.

Les riverains d'axes routiers en particulier sont ainsi constamment exposés à des immissions de suie excessives. Les mesures effectuées entre 2007 et 2009 en plusieurs endroits de Suisse révèlent que la part du poids de la suie dans les poussières fines (particulate matter, PM10) en de tels lieux peut atteindre jusqu'à 15 %. Les moyennes annuelles enregistrées de 2 à 3 microgrammes de suie par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dépassent largement la charge maximale tolérable dans la perspective de la protection de l'air.



Evolution des parts de kilométrage des voitures diesel avec et sans filtres à particules sur l'ensemble des voitures de tourisme en Suisse

Source des données: Rapport de l'OFEV «Emissions polluantes du trafic routier de 1990 à 2035», Berne 2010; Connaissance de l'environnement N° 1021 / Office fédéral de la statistique (banque de données MOFIS de l'OFROU)

Impact sur la santé publique

> Les suies de diesel accroissent le risque de cancer

Les suies de diesel sont cancérogènes et constituent donc un élément particulièrement toxique des poussières fines nocives dans l'air que l'on respire. En vertu de la loi sur la protection de l'environnement, les émissions de substances cancérogènes doivent être limitées dans la mesure que permet l'état de la technique et pour autant que cela soit économiquement supportable.

Chaque jour, 70 000 à 80 000 véhicules passent par la station de mesure de Härkingen (SO) sur l'autoroute A1. En semaine, la concentration de particules peut doubler par rapport au dimanche, lorsque le trafic de poids lourds ne circule pas. Le cycle hebdomadaire révèle que les camions diesel constituent la principale source d'émissions de particules ultrafines. Cette conclusion est étayée par des mesures continues de la suie, qui indiquent des charges fortement accrues à proximité des routes. Comme le long des axes routiers, la quantité de suie mesurée dans l'air ambiant des centres urbains est jusqu'à six fois plus importante que dans les zones rurales de Suisse.

Exposition bien trop importante

Dans le rapport qu'elle a publié en 2008 sur les poussières fines en Suisse, la Commission fédérale de l'hygiène de l'air (CFHA) chiffre l'exposition de la population à près de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. Elle estime que les rejets atmosphériques de suies ne devraient pas dépasser 100 à 200 tonnes par an pour satisfaire aux exigences de la loi sur la protection de l'environnement (LPE) afin de protéger la population contre les atteintes nuisibles. Ceci correspond à une concentration maximale de suies d'environ $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. Or en 2010, près de 1500 tonnes de suies de diesel ont encore été rejetées dans l'atmosphère. La CFHA arrive à la conclusion que le risque pour la population lié aux suies de diesel cancérogènes est bien plus élevé que ne l'admet la LPE et que cette situation ne respecte de loin pas le droit de la population à une protection appropriée. Pour la commission, il est donc urgent de réduire encore plus fortement les émissions de suies afin de limiter au maximum le risque, comme l'exigent les prescriptions concernant les substances cancérogènes.

Bien qu'en maints endroits, les suies ne représentent que 5 à 10% de l'ensemble des poussières fines, ces émissions particulièrement toxiques sont responsables, selon une étude

allemande, de la plupart des cas de cancer dus à la pollution atmosphérique.

Obligation de réduire au minimum les substances cancérogènes

De manière générale, il n'y a pas de valeurs seuils inoffensives pour des polluants cancérogènes telles les suies de diesel, car même des concentrations infimes d'aérosols fins issus des processus de combustion peuvent porter atteinte aux organes respiratoires. Comme toutes les particules fines dans l'air, les résidus ultrafins de la combustion des moteurs diesel sont aussi capables de vaincre les mécanismes de défense naturels du corps humain. Par les voies respiratoires, ils s'intro-



Les infimes particules de suies de diesel dans les poussières fines s'introduisent jusque dans les plus petites ramifications des poumons. Les personnes souffrant d'affections respiratoires chroniques, comme les asthmatiques, font partie des groupes à risque, qui réagissent de manière particulièrement sensible aux pollutions accrues.

Photo: OFEV / Agence photographique AURA, Lucerne

duisent jusque dans les plus petites ramifications des poumons d'où ils parviennent dans les cellules de différents organes par le biais de la circulation sanguine. Les particules de suies de diesel inhalées peuvent même accéder directement au cerveau par les nerfs olfactifs.

Plusieurs études réalisées sur des lieux de travail exposés montrent que les personnes en contact avec les suies de diesel pour des raisons professionnelles sont soumises à un risque 20 à 50 % plus élevé de contracter un cancer des poumons que les personnes dans une situation analogue mais sans cette charge. En Suisse, une étude compte entre 3000 et 4000 décès prématurés par an résultant de la pollution atmosphérique, dont la majorité est imputable aux immissions excessives de poussières fines, y compris 200 à 300 cas de cancer des poumons, principalement dus aux particules de suie.

Atteintes importantes à la santé

Il suffit d'une brève augmentation de la charge polluante pour que se détériore l'état de santé de groupes de personnes particulièrement sensibles, à l'instar des enfants, des malades et des personnes âgées. Les adolescents souffrant d'asthme présentent plus souvent des symptômes aigus. De manière générale, les personnes allergiques sont particulièrement sensibles aux suies de diesel. Conséquences: augmentation de la prise de médicaments et des admissions à l'hôpital pour troubles respiratoires ou symptômes cardiovasculaires, hausse de la mortalité quotidienne.

Les conséquences d'une pollution atmosphérique excessive et durable sont une hausse des maladies respiratoires chroniques telles que l'asthme, une réduction permanente de la fonction pulmonaire, des maladies cardiovasculaires plus fréquentes et un plus grand nombre de décès prématurés, avec pour corollaire une espérance de vie raccourcie. En raison de la charge de polluants, la vie le long des axes routiers présente des risques sanitaires accrus pour les enfants et les adultes, comme le révèlent de récentes études. Il a été démontré que les enfants habitant à proximité de routes très fréquentées souffrent plus souvent d'asthme et développent aussi des symptômes plus graves. En outre, il existe des indices montrant qu'il pourrait en aller de même pour les adultes.

Les filtres à particules permettent d'éviter des coûts externes importants

Il est difficile de chiffrer les frais médicaux liés aux suies de diesel, car ils varient en fonction de la pollution de fond et de la densité démographique au point d'émission. A un croisement très fréquenté en zone résidentielle, un kilogramme de suie engendre donc bien plus d'atteintes à la santé que dans une région inhabitée et avec peu de trafic.

Une étude de la Confédération publiée en 2008 chiffre les coûts externes de la santé imputables à la pollution de l'air par

les transports en Suisse à près de deux milliards de francs par an. Bien qu'en termes quantitatifs, la suie ne représente que 5 à 10 % du polluant indicateur PM10, sa part aux coûts de la santé devrait être nettement plus élevée en raison de sa toxicité. Prenant comme exemple le post-équipement des machines de chantier, une comparaison scientifique des coûts réalisée en 2003 sur mandat de l'OFEV a montré que le recours à des systèmes de filtres à particules efficaces apporte un bénéfice notable à la santé de la population et à l'économie. La charge financière liée à l'épuration des gaz d'échappement est bien moins élevée que les coûts de la santé évités. De récentes analyses coûts-bénéfices effectuées sur mandat de la Commission européenne et de l'agence californienne de protection de l'environnement parviennent à des résultats similaires.

L'épuration efficace des gaz d'échappement pour les moteurs diesel est rentable pour la société grâce à une réduction sensible des risques pour la santé, mais elle déleste aussi rapidement l'atmosphère des polluants ayant un impact climatique. Les filtres à particules fournissent ainsi une contribution à la diminution des dommages résultant d'un réchauffement climatique rapide. A ne pas négliger non plus la réduction des dommages causés aux bâtiments par les dépôts de suie.



Selon des études scientifiques, les enfants habitant à proximité d'axes routiers souffrent plus souvent d'asthme.

Photo: Beat Jordi, Bienne

Epuration efficace des gaz d'échappement grâce aux filtres à particules

> Mise à l'épreuve dans la construction de tunnels

Un projet pilote réalisé en Suisse sur l'épuration des gaz d'échappement des moteurs diesel utilisés dans la construction de tunnels a prouvé l'efficacité élevée des filtres à particules fermés, permettant à cette technologie de s'imposer largement.

Les mesures de la teneur en suies de diesel sur les chantiers de tunnels en Suisse, effectuées dans les années 1990 par l'organe chargé de la protection des travailleurs, la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (Suva), ont indiqué des charges élevées, parfois nettement supérieures à la valeur limite d'exposition sur le lieu de travail. Alarmée par ces résultats, la Suva a lancé en 1994, en collaboration avec les assurances-accidents d'Allemagne et d'Autriche, le projet pilote VERT afin de réduire les émissions des machines diesel dans la construction de tunnels. Les analyses réalisées dans l'optique de la nouvelle ligne ferroviaire à travers les Alpes (NLFA) au Gothard et au Lötschberg avaient révélé au préalable l'impossibilité de réduire à un niveau tolérable l'exposi-

tion excessive aux particules de suies cancérogènes par le seul renforcement de l'aération. C'est pourquoi on s'est directement attaqué aux nombreuses sources d'émission.

Meilleure protection des travailleurs souterrains

Plusieurs systèmes de filtres à particules ont été amplement testés lors d'essais pratiques de longue durée dans les conditions extrêmes de chantiers souterrains. Il s'est avéré que les filtres correctement dimensionnés permettent de réduire de plus de 99 % les émissions de suies de diesel, même dans le cas des machines de chantier les plus anciennes. Le post-équipement systématique des machines avec des filtres à particules réduit l'exposition des travailleurs aux particules de



Ouvriers lors de la construction de la nouvelle ligne ferroviaire à travers les Alpes (NLFA) au Gothard. Pour protéger leur santé, la Suva a instauré une obligation d'équiper de filtres à particules l'ensemble des moteurs diesel utilisés dans la construction de tunnels en l'an 2000 déjà.

suies respirables à quelques pour mille de la valeur d'origine. Se fondant sur la réussite du projet pilote, la Suva a instauré en mars 2000 une obligation d'équiper de filtres à particules tous les moteurs diesel utilisés dans la construction de tunnels.

L'autorisation dépend d'un test d'aptitude

Les essais approfondis sur le terrain ont cependant aussi révélé que tous les filtres à particules proposés ne satisfaisaient pas aux exigences élevées. Pour éviter tout post-équipement insuffisant avec des dispositifs inefficaces d'épuration des gaz d'échappement, l'homologation VERT a été introduite dans un premier temps. Ensuite, l'OFEV s'est associé à l'Association suisse de normalisation (SNV) pour charger des représentants de l'industrie, des associations, de l'administration fédérale, des hautes écoles, des instituts de recherche et des organes de contrôle de même que d'autres spécialistes d'élaborer la norme SN 277206. Celle-ci définit d'un point de vue technique, physique et chimique, les méthodes et procédés appropriés pour tester l'efficacité et l'adéquation des systèmes de filtres à particules pour moteurs à combustion, notamment pour les véhicules utilitaires, les bus, les machines de chantier et les installations fixes, mais aussi pour les voitures de tourisme.

A cette fin, les systèmes de filtres sont testés dans de multiples conditions d'exploitation quant à leurs émissions. Les spécialistes de laboratoires certifiés examinent par exemple le fonctionnement du filtre à l'état neuf, avec de la suie accumulée, pendant la régénération ou en mode stationnaire et dynamique. Les systèmes qui brûlent les suies accumulées par réaction catalytique sont en outre testés quant à la formation d'émissions secondaires toxiques, qui peuvent se développer en raison de revêtements spéciaux ou de réactions chimiques avec des additifs. Par ailleurs, le test des filtres selon cette norme comprend une mesure complémentaire du filtre à particules après mille heures au moins d'utilisation surveillée.

Liste OFEV des filtres à particules pour les systèmes conformes

La liste de tous les modèles de filtres testés avec succès qui a été établie dans le cadre du projet VERT est régulièrement mise à jour depuis la fin des années 1990. L'adaptation périodique à l'état de la technique de la liste des filtres à particules, désormais sous la responsabilité de l'OFEV, satisfait au caractère dynamique des dispositions légales, puisque les multiples exigences relatives aux filtres à particules servant au post-équipement peuvent aussi changer au fil du développement de la technique.

Au printemps 2011, la liste de l'OFEV comprenait plus de 70 systèmes d'une trentaine de fabricants différents. L'ensemble des modèles répertoriés disposent d'une attestation de conformité qui prouve qu'ils satisfont aux prescriptions de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair). Ces systèmes doivent présenter un taux de rétention d'au moins 97 %, cela

notamment pour les particules ultrafines respirables. Comme le montrent les expériences réalisées au cours de ces quinze dernières années, les systèmes de filtres recommandés se révèlent être une solution techniquement sûre pour éliminer dans une large mesure les émissions de suies dangereuses des moteurs diesel, à condition de les choisir et de les entretenir correctement. Ils sont donc appropriés pour le post-équipement des machines de chantier, des véhicules utilitaires lourds, des autres machines et engins mobiles fonctionnant au diesel de même que des moteurs à combustion stationnaires tels les générateurs. Etant donné que certains fabricants proposent désormais des moteurs équipés en série de filtres à particules, l'OFEV a complété sa liste avec ces types de moteurs conformes à l'OPair.

En dépit des progrès en matière de technologie des moteurs, il n'existe pour l'heure aucune alternative aussi efficace que le filtre à particules pour la plupart des applications. D'autres mesures comme le catalyseur à oxydation, l'épurateur par voie humide, l'utilisation de carburants spéciaux ou les développements touchant directement les moteurs n'atténuent pas ou pas suffisamment la concentration très élevée de particules par centimètre cube (jusqu'à dix millions) dans les gaz d'échappement. La problématique reste donc entière: les moteurs modernes sans filtres à particules réduisent certes la masse globale des émissions de suies, mais continuent souvent de rejeter tout autant de particules ultrafines de suie.



Pour être conformes, les systèmes de filtres à particules pour les moteurs diesel de grande puissance, équipant par exemple les bateaux et les locomotives, doivent présenter un taux de rétention des particules de suie d'au moins 97 %.

Photo: OFEV / Agence photographique AURA, Lucerne

Fonctionnement des filtres à particules

> Adaptation fine au moteur

Il n'existe aucune solution simple de référence pour équiper des moteurs diesel a posteriori avec un dispositif d'épuration des gaz d'échappement. Dans le secteur non routier en particulier, une adaptation optimale du filtre à particules s'impose en fonction des conditions d'exploitation.

Avec plus de 20 000 post-équipements, la Suisse a fourni un travail de pionnier en matière d'épuration des gaz d'échappement des moteurs diesel au moyen de systèmes de filtres à particules. Comme pour toutes les innovations techniques, il a aussi fallu corriger des erreurs de jeunesse et les solutions apportées ont contribué de manière décisive au développement et à l'amélioration de la technologie.

C'est principalement de l'industrie de la construction qu'ont émané des plaintes concernant des épurateurs d'échappement inefficaces. En raison de dispositions légales spécifiques, la construction est la première branche à avoir dû équiper a posteriori les machines plus anciennes de filtres à particules. Les critiques ont notamment porté sur la détérioration des matériaux filtrants en raison de la surchauffe ou des vibrations, des températures de service insuffisantes entravant la combustion automatique de la suie et donc la régénération du filtre de même que des encrassements dus aux suies et aux

condres, ce qui peut entraîner une contre-pression critique dans le moteur.

Des matériaux filtrants toujours plus robustes

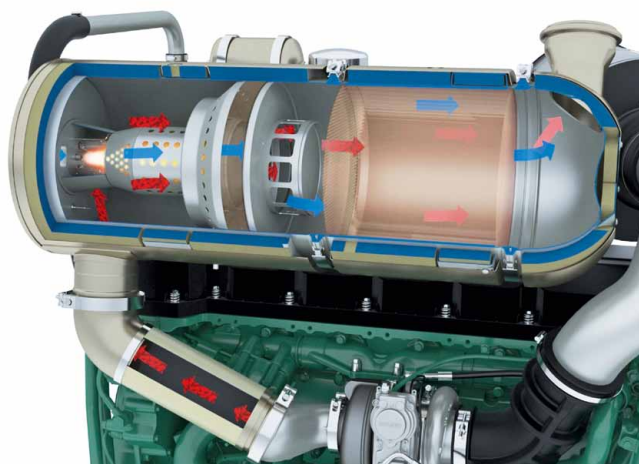
Suite aux améliorations qualitatives obtenues depuis lors, il n'y a presque plus de problèmes liés à des fissures thermiques ou à des filtres non étanches pour les modules très répandus en céramique fabriqués avec du carbure de silicium et de la cordiérite. Les filtres métalliques au nettoyage aisé sont, eux aussi, devenus beaucoup plus robustes entre-temps.

La plus grande résistance des matières filtrantes ne change rien au fait que le choix du système de filtre à particules adéquat requiert des examens approfondis pour chaque post-équipement. A ce jour, il n'existe aucun filtre utilisable en série qui conviendrait dans toutes les situations, indépendamment de la machine et de l'affectation. Pour garantir une interaction optimale entre moteur et filtre à particules, il faut des données spécifiques sur l'état de la machine et le domaine d'utilisation prévu, sur la disponibilité souhaitée et sur la température des gaz d'échappement durant le fonctionnement du moteur. Ces informations sont essentielles pour bien choisir le système de régénération, qui garantit à intervalles réguliers une combustion contrôlée des particules de suie accumulées dans le support filtrant résistant à la chaleur.

Régénération active et passive

Dans les moteurs diesel mis à forte contribution dont les gaz d'échappement atteignent des températures supérieures à 600 °C, la suie retenue dans le substrat s'enflamme généralement d'elle-même et se calcine complètement. Seules d'infimes quantités de particules de cendres anorganiques restent dans le filtre. Si les températures des gaz d'échappement atteintes lors du fonctionnement normal ne suffisent pas pour une combustion spontanée, la température d'inflammation des résidus de suie peut être sensiblement abaissée en posant une couche catalytique dans le filtre ou en ajoutant des additifs dans le carburant.

Toutefois, ces dispositifs de régénération passifs ne conviennent souvent pas aux petits moteurs et machines pol-



Fonctionnement du filtre à particules d'une chargeuse du fabricant suédois de machines de chantier Volvo: le brûleur plein flux (à gauche) assure la combustion régulière et sûre des particules de suie accumulées dans le support filtrant.

Photo: Volvo

luant de manière minimale ou irrégulière, car l'apport de chaleur y est souvent insuffisant. Si la suie accumulée n'est pas périodiquement et complètement calcinée, le filtre s'encrasse et la contre-pression augmente dans le moteur, ce qui peut fortement l'endommager. Dans les cas critiques, une régénération active est donc recommandée. Elle se déroule pendant le fonctionnement. Pour ce faire, le système de filtre doit être pourvu d'un brûleur supplémentaire. Sinon, le nettoyage peut aussi se faire par calcination électrique pendant l'arrêt de la machine.

Contrôle impératif de la contre-pression

Pour prévenir tout dommage au moteur, tous les dispositifs d'épuration des gaz d'échappement recommandés dans la liste de l'OFEV disposent d'une surveillance électronique permanente de la contre-pression avec des fonctions d'alerte et de mémoire. Si la limite critique de 200 millibars (mbar) est dépassée de manière constante, c'est le signe d'une régénération insuffisante ou d'un problème du moteur diesel, par exemple suite à une formation excessive de suie. Pour les filtres à particules à régénération catalytique, il existe des enregistreurs de données qui déclenchent une préalarme en cas de rapport de pression inférieur à 200 mbar déjà. Dans ce cas, le conducteur de la machine peut contrer le risque d'encrassement du filtre en exposant brièvement le moteur à une forte charge afin de provoquer la régénération nécessaire grâce à une augmentation de la température des gaz d'échappement. Si cette mesure ne suffit pas, c'est que le filtre à particules est tellement chargé de cendres qu'il doit être démonté, régénéré à l'extérieur et nettoyé avec de l'air comprimé.



Production de nids d'abeilles en céramique comme support filtrant de filtres à particules performants. Dans le domaine de l'épuration des gaz d'échappement des moteurs diesel, les entreprises suisses font figure de pionnières.

Photo: OFEV / Agence photographique AURA, Lucerne

Si le post-équipement sur mesure tient compte des principales conditions d'exploitation d'un moteur diesel et prévoit aussi des mesures anti-vibration lors du montage, les filtres à particules fonctionnent aujourd'hui sans problème dans l'immense majorité des domaines d'application.

Réduction notable des oxydes d'azote

Une réalisation suisse que l'OFEV a soutenue dans le cadre de la promotion des technologies environnementales permet depuis quelques années de réduire notablement les émissions abondantes d'oxydes d'azote des véhicules et machines diesel a posteriori, en sus des émissions de suies. Des tests pratiques effectués sur un ancien bus et sur banc d'essai ont révélé une réduction de plus de 90 % des oxydes d'azote, qui sont aussi nocifs pour la santé. Avec cette méthode, même les «vieux tacots» datant de la première norme EURO en matière de gaz d'échappement satisfont aux exigences de la protection de l'air applicables depuis 2009 pour les nouveaux véhicules conformément aux dispositions EURO 5. Pour réduire les émissions d'azote, une solution ammoniacale aqueuse est ajoutée aux gaz d'échappement dans un catalyseur SCR. Il s'ensuit une réaction chimique qui produit de l'azote atmosphérique inoffensif et de la vapeur d'eau.



Ces modules en céramique sont prêts pour le montage dans de grands filtres à particules. Les particules de suies de diesel sont retenues à l'intérieur des nids d'abeilles en céramique et sont périodiquement calcinées.

Photo: OFEV / Agence photographique AURA, Lucerne

Evolution des émissions de suies de diesel

> Réduction progressive de la pollution de l'air

Eu égard à l'évolution du parc de voitures de tourisme, le nombre de véhicules diesel ne cesse d'augmenter en Suisse. Leurs émissions de suies sont toutefois en recul, car un nombre croissant de véhicules et de machines sont équipés de filtres à particules efficaces.

Les chiffres fournis par l'Union pétrolière indiquent que les ventes de diesel en Suisse ont plus que doublé depuis 1998, passant de 1,16 million de tonnes à près de 2,4 millions de tonnes en 2010. Cette évolution est principalement due à la forte hausse du nombre de voitures de tourisme fonctionnant au diesel. Plus de 80 % des moteurs diesel du pays (totalisant environ 1,3 million) équipent des véhicules routiers tels que voitures de tourisme, véhicules utilitaires légers, camions, autobus de ligne et autocars. Le solde est constitué de machines du secteur non routier.

Emissions excessives de suies pour les moteurs du secteur non routier

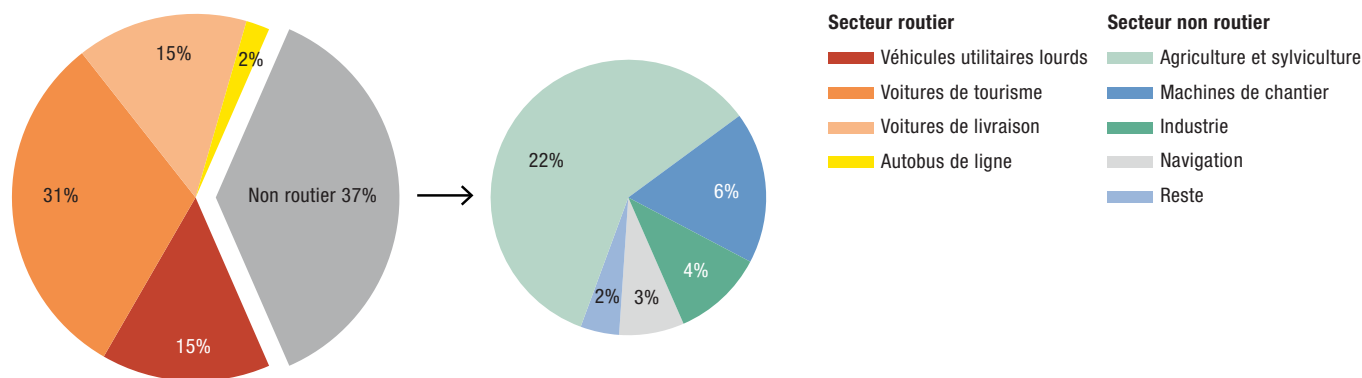
En 2005, 20 % de la consommation intérieure de diesel (qui se montait à 1,7 million de tonnes) était imputable au secteur non routier. Comme le montrent les données de l'OFEV, ce secteur a émis presque 900 tonnes de suies de diesel, ce qui correspond à 40 % de toutes les émissions. Plus des trois quarts sont le fait de l'agriculture et de la sylviculture (47 % à eux deux) et de la construction (30 %).

La part excessivement élevée du secteur non routier aux émissions de particules tient notamment au fait qu'un nombre

bien plus important d'anciens moteurs sont en service dans ce domaine que sur la route. En outre, ces machines diesel sont soumises à des valeurs limites d'émission bien moins sévères, qui plus est, introduites bien plus tard. Il s'ensuit par exemple qu'en 2005, les émissions de suies des machines agricoles (400 tonnes) étaient comparables à celles des véhicules utilitaires lourds, bien que les poids lourds consomment nettement plus de diesel. Etant donné cette évolution disparate, les émissions de suies des tracteurs et autres moteurs diesel utilisés dans l'agriculture dépassaient de 40 % celles des camions en 2010.

Effet positif des post-équipements

L'obligation légale d'équiper les anciennes machines de chantier de systèmes de filtres à particules a permis de réduire les émissions de suies correspondantes de près de deux tiers entre 2005 et 2010, à savoir de 270 à près de 100 tonnes par an. En comparaison, le recul est seulement de 20 % pour les machines agricoles. Pour des raisons économiques, la Suisse a pour l'instant renoncé à introduire une valeur limite d'émission sévère (portant sur le nombre de particules) pour les tracteurs. Parmi les autres raisons de l'évolution si différente des



Contribution des différents secteurs aux émissions de suies des moteurs diesel en 2010 pour des émissions totales de près de 1500 tonnes.

Source des données: OFEV, division Protection de l'air et RNI

émissions dans les diverses catégories de machines et d'engins, on peut mentionner l'âge dans l'ensemble plus élevé des moteurs dans l'agriculture, couplé à de mauvaises valeurs de gaz d'échappement, la réticence générale à les post-équiper de filtres à particules de même que l'entrée en vigueur plus tardive des valeurs limites d'émission européennes pour les nouveaux tracteurs. Par conséquent, et en dépit d'une diminution de la quantité de polluants, la part relative des machines agricoles aux émissions de suies de diesel devrait continuer d'augmenter.

Suite à la généralisation des systèmes de filtres à particules et des moteurs peu polluants, l'OFEV s'attend à une réduction des émissions de suies de l'ensemble du secteur non routier à 160 tonnes par an d'ici à 2020, la part de l'agriculture grimpe à plus de 60%. Parallèlement, les émissions de suies des véhicules routiers fonctionnant au diesel devraient diminuer à 330 tonnes. Par rapport à l'an 2000, et aux 2700 tonnes de suies émises par l'ensemble des moteurs diesel, le recul prévu à moins de 600 tonnes correspond donc à une réduction de 80%.

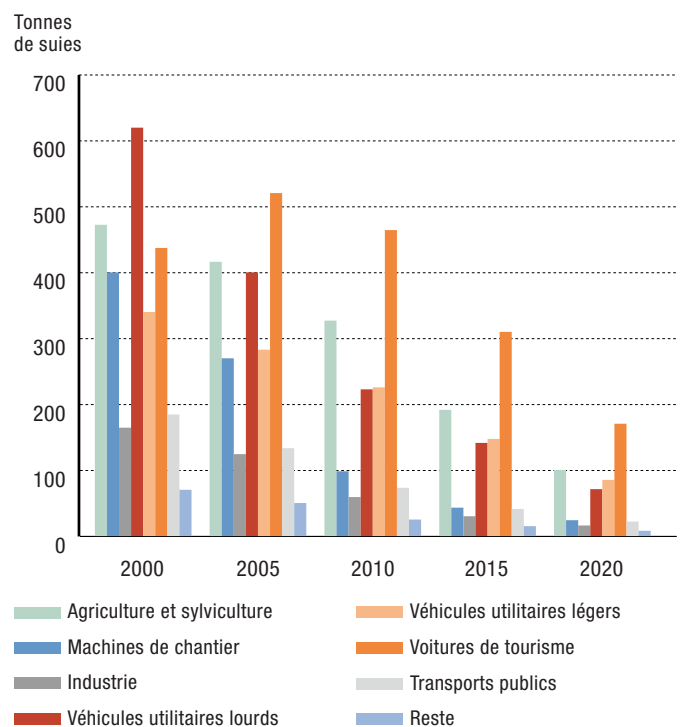
Adaptation nécessaire des méthodes de mesure

Un examen qui se limite à la masse de suie émise ne fournit à vrai dire qu'une vision partielle du problème. D'un point de vue de santé publique, les particules de combustion ultrafines revêtent une importance particulière. C'est pourquoi le nombre de particules constitue une bonne mesure des émissions de suies et sert aussi d'indicateur pertinent pour évaluer la qualité d'un filtre à particules. La promotion des technologies environnementales de l'OFEV a soutenu le développement en Suisse de nouvelles méthodes de mesure du nombre de particules. Cette innovation a permis d'inscrire dans l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) une valeur limite d'émission correspondante pour les émissions de suies admissibles des machines de chantier. Par ailleurs, la Suisse s'est fortement engagée à l'échelle internationale en faveur de la mesure et de la restriction du nombre de particules.

L'Union européenne (UE) mise désormais aussi sur ce système avec les normes EURO 5 et EURO VI en matière de gaz d'échappement pour les véhicules routiers fonctionnant au diesel. Par contre, les niveaux d'exigences en vigueur et prévus pour les gaz d'échappement des machines du secteur non routier au sein de l'UE se limitent à la masse des particules. Comme en Suisse, des discussions sont en cours à Bruxelles concernant l'introduction d'une valeur limite du nombre de particules dans ce domaine. Autrement, les systèmes de filtres à particules ne pourraient pas s'imposer comme le meilleur état de la technique d'épuration des gaz d'échappement. Ainsi par exemple, les machines diesel les plus récentes, qui respectent la valeur limite en vigueur de la masse des particules grâce à des adaptations du moteur lui-même, émettent jusqu'à

mille fois plus de particules de suie ultrafines que les moteurs diesel équipés de filtres à particules efficaces.

De nouveaux instruments de mesure ad hoc, dont l'OFEV a considérablement encouragé le développement, permettront bientôt de contrôler sur le terrain le nombre de particules émises, alors que, jusqu'ici, ce paramètre pouvait uniquement être mesuré sur banc d'essai dans le cadre de la procédure de conformité. Partant, l'Office fédéral de métrologie (METAS) établit, en collaboration avec l'OFEV, des exigences relatives aux instruments de mesure pour que leurs fabricants puissent aussi les mettre sur le marché à large échelle. Il devrait donc être plus facile de constater rapidement d'éventuels défauts des filtres à particules.



Evolution des émissions de suies des moteurs diesel.

Source des données: OFEV, division Protection de l'air et RNI

Filtres à particules pour les bus et les camions

> Les transports publics montrent l'exemple

En Suisse, l'immense majorité des autobus de ligne fonctionnant au diesel sont équipés d'un système de filtre à particules efficace. Le rôle de pionnier des pouvoirs publics a aussi accéléré les progrès en matière d'épuration des gaz d'échappement des autres véhicules utilitaires lourds.

Les quelque 5000 autobus des transports publics fonctionnant au diesel ne représentent que 7% des véhicules utilitaires lourds en Suisse. Toutefois, avec des prestations kilométriques supérieures à la moyenne (près de 50 000 km par an), ils portaient encore atteinte, il y a quelques années à peine, à la qualité de l'air au cœur des villes et des agglomérations très polluées, où il reste urgemment nécessaire de réduire les immissions excessives de suies. C'est notamment le cas sur certains tronçons encaissés mal aérés, situés le long des grands axes routiers. La jonction de différentes lignes de bus en provenance des quartiers périphériques, le trafic par à-coups particulièrement polluant en raison des embouteillages et des nombreux arrêts de même que les fréquences élevées ont entraîné une augmentation des gaz d'échappement rejetés par les bus à propulsion diesel. Par conséquent, les habitants, le personnel des commerces avoisinants, les piétons, les cyclistes et les passagers attendant aux arrêts étaient exposés à un danger excessif pour leur santé.

Technique CRT éprouvée

Quand les découvertes scientifiques concernant le risque accru de cancer lié aux particules de suie se sont précisées au cours des années 1990, certaines entreprises de transports publics ont équipé a posteriori leur flotte de bus diesel avec des filtres à particules. Les expériences réalisées avec la technique CRT (continuous regenerating trap), qui venait d'être introduite et qui, outre les particules fines, réduit efficacement le monoxyde de carbone et les hydrocarbures, étaient majoritairement positives, formant la base pour un développement réussi de cette technologie jusqu'à la commercialisation. Entre-temps, un système étendu a vu le jour, qui combine le catalyseur à oxydation et le filtre à particules avec une réduction catalytique sélective (SCR) des oxydes d'azote. Pour pouvoir respecter les valeurs limites de la norme EURO VI relative aux gaz d'échappement, de nombreux fabricants équipent de série leurs moteurs avec des filtres à particules et une technologie SCR.

Incitations financières de la Confédération

Pour l'équivalent d'un seul véhicule neuf, les entreprises de transports publics ont pu post-équiper près de 20 bus diesel, ce qui explique l'effet localement important de cette mesure d'assainissement comparativement avantage. Certains cantons ont encouragé cette adaptation grâce aux ressources fiscales. Dans le cadre du plan d'action national contre les poussières fines, il existe une autre incitation financière depuis 2008, qui a contribué à imposer le filtre à particules sur l'ensemble du territoire: l'impôt sur les huiles minérales n'est remboursé que si les autobus de ligne sont équipés de filtres à particules fermés. Par conséquent, presque tous les bus à propulsion diesel disposent désormais de cette forme efficace d'épuration des gaz d'échappement. Les rares exceptions sont principalement d'anciens modèles à la veille de leur mise hors service et qu'il n'est donc plus rentable d'assainir en raison de la durée d'exploitation restreinte.



En Suisse, l'immense majorité des bus fonctionnant au diesel sont équipés d'un système de filtre à particules efficace. Ainsi, les passagers en attente aux arrêts de bus très fréquentés des centres urbains ne sont plus exposés à un danger excessif pour la santé lié aux particules de suies cancérigènes.

Photo: Beat Jordi, Bienne

Progrès pour les camions

La Suisse a harmonisé ses normes en matière de gaz d'échappement pour les véhicules routiers avec les prescriptions européennes au milieu des années 1990 et reprend parallèlement les directives de l'UE dans ses dispositions nationales. L'introduction de la norme EURO VI pour les poids lourds et les autobus réduira à 10 milligrammes par kilowattheure les émissions de particules autorisées pour les nouveaux types de véhicules présentés à l'homologation à partir du 1^{er} janvier 2013. L'élargissement de la limite une année plus tard à l'ensemble des véhicules utilitaires neufs diminuera les émissions de suies de deux tiers par rapport aux dispositions en vigueur. Aucune technique précise n'est prescrite pour atteindre la réduction visée de la masse de particules. Les spécialistes tablent sur le fait que, vu l'état actuel de la technique, seul un système de filtre à particules fermé permet de respecter la valeur limite plus stricte, d'autant plus que les dispositions en matière de gaz d'échappement, comme le propose la Suisse depuis longtemps, définissent aussi pour la première fois une limite du nombre de particules fines émises. Les principaux constructeurs de véhicules, à l'image de Mercedes Benz et Scania, ont déjà présenté leurs développements pour les moteurs diesel des poids lourds au printemps 2011.

Du fait de la durée d'utilisation relativement longue des véhicules utilitaires lourds, le renouvellement du parc dans ce secteur est très lent. Dans le but de protéger la santé de la population, les autorités helvétiques ont donc pris plusieurs mesures d'accompagnement pour imposer plus rapidement les technologies d'épuration efficaces, disponibles depuis des années.

Réduction accélérée des émissions de suies

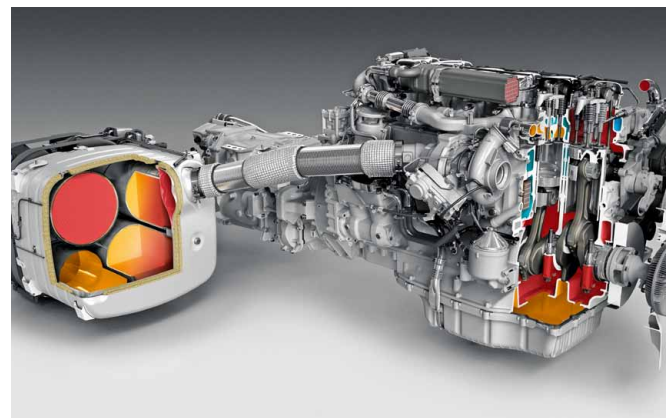
Au nombre de ces mesures, figurent par exemple les incitations financières pour les camions des catégories EURO II et EURO III. Si de tels camions sont équipés d'un filtre à particules efficace, un rabais de 10% sur la redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations (RPLP) est accordé depuis janvier 2012. Par ailleurs, le Conseil fédéral a aussi décidé de viser un rabais de 10% pour les véhicules EURO VI. La politique suisse de transfert du trafic de la route sur le rail a aussi des répercussions positives sur l'évolution des émissions de particules. La RPLP introduite par la Confédération en 2001 a renforcé l'attractivité du trafic marchandises par rail et a amélioré l'utilisation des camions. Les années suivantes, l'effectif et les prestations kilométriques des camions, et donc aussi leurs émissions de suies, ont diminué.

Les tuyaux d'échappement des camions, des autobus de ligne et des autocars ont encore rejeté près de 780 tonnes de suies en 2000. Jusqu'en 2010, les émissions des quelque 66000 véhicules utilitaires lourds fonctionnant au diesel en Suisse ont reculé à environ 270 tonnes. Selon des estimations

réalisées sur mandat de l'OFEV, les émissions de particules du trafic des poids lourds devraient encore sensiblement diminuer ces dix prochaines années à près de 80 tonnes.

Des efforts de réduction des gaz d'échappement sont aussi consentis à l'échelon communal. Plusieurs communes assument un rôle de modèle: bien avant l'entrée en vigueur des normes correspondantes, elles ont constitué leur flotte (camions-poubelles, chasse-neige ou voitures de pompiers) de véhicules déjà équipés de filtres à particules ou ont équipé ceux-ci a posteriori.

Par ailleurs, la Suisse s'engage aussi à l'étranger avec des projets concrets pour réduire les émissions de suies des véhicules utilitaires. On peut citer le soutien de la Direction du développement et de la coopération (DDC) à l'équipement de bus diesel avec des filtres à particules dans la capitale chilienne Santiago ou l'aide apportée à la Chine pour l'élaboration de dispositions environnementales visant à réduire les émissions de suies.



Les nouveaux moteurs EURO VI pour les véhicules utilitaires n'émettent plus qu'une fraction des particules de suie et des oxydes d'azote rejetés jusqu'à présent par les camions. Le constructeur suédois Scania a intégré l'ensemble du dispositif d'épuration des gaz d'échappement dans le silencieux compact (à gauche).

Photo: Scania

Filtres à particules pour les locomotives et les bateaux

> Epuration des gaz d'échappement en dehors des routes

La plus grande flotte de locomotives diesel équipées de filtres à particules au monde circule sur le réseau ferroviaire suisse. Par ailleurs, un nombre croissant de bateaux à passagers dotés d'une épuration efficace des gaz d'échappement naviguent sur nos lacs.

Le dense réseau ferroviaire de la Suisse étant en grande partie électrifié, les locomotives diesel ne sont guère plus affectées aux parcours longue distance. Elles sont principalement utilisées pour le transport de marchandises, par exemple sur les voies d'accès sans caténaires ou pour les manœuvres dans les grandes gares. Outre le service de manœuvre, les locomotives de grande puissance avec des moteurs jusqu'à 1700 kW sont aussi utilisées pour les interventions d'urgence en cas de panne d'électricité. Les tracteurs sur rails servent surtout de véhicules de chantier, car les caténaires ne peuvent être sous tension pendant les travaux pour des raisons de sécurité.

Les émissions de suies de l'ensemble des véhicules ferroviaires à propulsion diesel se sont élevées à près de 23 tonnes en 2005, soit, à l'époque, un seul pour cent des émissions de



Sur le réseau ferroviaire suisse, les locomotives diesel, à l'exemple de la puissante Am 843, sont principalement utilisées pour le service de manœuvre et le transport de marchandises, par exemple sur les voies d'accès sans caténaires. Depuis 2004, toutes les nouvelles locomotives à propulsion diesel des CFF disposent de filtres à particules.

Photo: CFF

suies des moteurs diesel en Suisse. Malgré cette faible proportion, les polluants peuvent être localement importants. C'est notamment le cas sur les quais couverts de gares mal ventilées, comme on en connaît encore souvent à l'étranger. Ce qui est problématique, c'est l'exposition des voyageurs en attente et du personnel des chemins de fer aux gaz d'échappement à proximité immédiate des sources d'émission.

Prescriptions sur les gaz d'échappement pour le trafic ferroviaire

Aux fins de réduction de cette exposition aux particules de suie, la révision par l'Office fédéral des transports (OFT) en 2010 des dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer a inscrit des prescriptions sévères en matière de gaz d'échappement pour les moteurs diesel. Désormais, toutes les locomotives diesel nouvellement acquises doivent disposer de filtres à particules efficaces, conformément aux exigences de la liste OFEV des filtres à particules, ou être équipées d'un autre dispositif équivalent de réduction des émissions. En cas de changement du moteur, cette disposition s'applique aussi aux véhicules existants.

Rôle de premier plan pour les CFF

Les Chemins de fer fédéraux (CFF) font honneur à leur réputation d'entreprise progressiste en matière d'écologie: depuis 2004, ils commandent uniquement des nouveaux véhicules diesel dotés de filtres à particules et, de surcroît, ils équipent a posteriori les anciens moteurs diesel. En 2010, 69 % des locomotives et 77 % de la puissance installée étaient équipés d'un système de filtre à particules. La division Cargo se débarrassera ces prochaines années des anciens véhicules diesel et les remplacera par 30 nouvelles locomotives hybrides de grande puissance de l'entreprise suisse Stadler Rail, qui combinent la traction électrique et la propulsion auxiliaire au diesel. Avec ces nouvelles acquisitions prévues et les autres rééquipements toutes les locomotives employées dans le trafic marchandises

par rail seront pourvues d'un dispositif d'épuration des gaz d'échappement d'ici à juillet 2014.

Ainsi, les CFF assument un rôle de premier plan en comparaison internationale. Le modèle AM 842 livré en 2005 par le fabricant allemand Vossloh est considéré comme la locomotive la plus propre d'Europe. En sus du filtre à particules, les tracteurs des CFF de type Tm 234 pour les travaux d'aménagement des voies sont aussi pourvus d'un dispositif d'épuration des oxydes d'azote.

De l'air pur sur le pont

Avec 26 tonnes en 2005, les émissions de suies des quelque 150 bateaux à passagers naviguant sur les eaux suisses ne revêtent certes qu'une importance minime. Cependant, sur le pont extérieur, particulièrement apprécié des voyageurs, les charges de particules peuvent atteindre des concentrations problématiques d'un point de vue sanitaire pour les passagers, les matelots et les serveurs.

La Suisse est le premier pays à avoir introduit sur son territoire de telles prescriptions avec l'entrée en vigueur en 1994 de l'ordonnance sur les prescriptions relatives aux gaz d'échappement des moteurs de bateaux dans les eaux suisses (OEMB). Depuis 2007, l'ordonnance révisée dispose que tous les moteurs diesel des nouveaux bateaux à passagers et à marchandises utilisés à titre professionnel sont soumis à l'obligation du filtre à particules. Lorsqu'un moteur diesel est changé, même les anciens bateaux de passagers doivent être munis d'un filtre à particules si cet ajout est techniquement réali-

sable et économiquement supportable. Les moteurs existants peuvent être adaptés malgré l'exiguïté du local des machines, comme le révèlent les bonnes expériences faites par la Compagnie de navigation sur le lac de Zurich (ZSG), qui, à fin 2010, avait installé des filtres à particules sur toute sa flotte de quinze bateaux naviguant sur le lac de Zurich et la Limmat. Les dispositifs mis au point par une société suisse spécialisée dans l'épuration des gaz émis par les moteurs puissants fonctionnent parfaitement et ne provoquent aucune augmentation sensible de la consommation.

Sur le lac des Quatre-Cantons, plusieurs grands bateaux, dont certains sont en service depuis cinq décennies, sont désormais équipés de filtres à particules qui retiennent plus de 99 % des particules de suie. Pôles de la navigation touristique suisse, ces deux lacs desservis par les flottes les plus propres attirent près de la moitié des douze millions de passagers qui font chaque année une croisière dans le pays.

Pour environ 2,5 millions de kilomètres parcourus chaque année, les émissions de particules des moteurs devraient tomber à 11 tonnes d'ici à 2015, puis à 7 tonnes d'ici à 2020 grâce aux nouvelles acquisitions et aux post-équipements.



Pour des raisons de place, le dispositif d'épuration des gaz d'échappement est monté sur le toit des tracteurs des CFF de type Tm 234 destinés aux travaux d'aménagement des voies.

Photo: Rolf Nyffeler



Grâce aux filtres à particules, les passagers et l'équipage du catamaran «CIRRUS», qui circule sur le lac des Quatre-Cantons, peuvent s'installer sur le pont extérieur et respirer à pleins poumons sans danger pour leur santé.

Photo: Compagnie de navigation sur le lac des Quatre-Cantons (SGV), Lucerne

Filtres à particules pour les machines de chantier

> De l'air pur sur les chantiers

Dans les zones d'habitation les plus polluées, les machines de chantier représentent les principales sources d'émission de suies de diesel à côté de la circulation routière. Pour protéger les habitants et les travailleurs, des prescriptions sévères en matière de gaz d'échappement sont applicables sur les grands chantiers depuis 2002 déjà.

Avec des dépenses dans la construction de 18 milliards de francs en 2009, soit près d'un tiers de l'ensemble des investissements dans la construction en Suisse, la Confédération, les cantons et les communes comptent parmi les principaux adjudicateurs de l'industrie privée de la construction. En se fondant sur cette puissance d'achat, les pouvoirs publics peuvent exercer une certaine pression économique lors de leurs appels d'offres et imposer des exigences plus sévères que les dispositions légales, y compris dans le domaine de la protection de l'environnement.

Comme l'ont montré les expériences du projet pilote VERT dans la construction de tunnels dans les années 1990, les émissions de suies élevées occasionnées par les machines de chantier fonctionnant au diesel peuvent être réduites d'au moins 97% par le recours à des systèmes de filtres à particules fermés. Sur la base de ces enseignements, certains can-

tons, à l'instar de Zurich et de Lucerne, ont par la suite exigé une épuration similaire des gaz d'échappement sur d'autres grands chantiers, comme lors de l'extension de l'aéroport de Kloten (ZH) ou de l'assainissement des autoroutes.

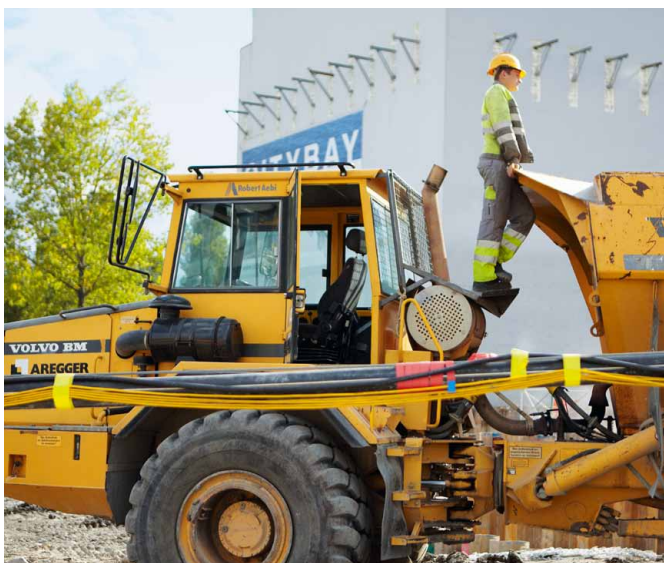
Protection de l'environnement

Sur les grands chantiers, il arrivent souvent que plusieurs moteurs diesel de grande puissance soient utilisés en même temps sur un espace restreint. Cette concentration de moyens, couplée à une dilution insuffisante des gaz d'échappement, en particulier dans les excavations, peut engendrer une teneur élevée en suies dans l'air ambiant si les machines ne sont pas équipées de filtres à particules. Les travailleurs, les habitants, les passants et le personnel des magasins situés à proximité des chantiers sont ainsi exposés à un risque accru pour leur santé en raison des particules fines cancérigènes.

Afin de mieux protéger la population, l'OFEV a mis en vigueur la directive Air Chantiers en septembre 2002. Celle-ci a instauré l'obligation d'équiper les machines de chantier d'une puissance supérieure à 18 kW avec un filtre à particules sur les grands chantiers. En pratique, il s'est cependant avéré que tous les cantons n'ont pas concrétisé ces dispositions de manière uniforme. La disparité de traitement entre les grands et les petits chantiers a suscité de la confusion dans le cadre de l'exécution. Aussi le Parlement a-t-il chargé le Conseil fédéral d'harmoniser les prescriptions relatives à la protection de l'air lors de l'utilisation des machines de chantier sur l'ensemble du territoire. Le gouvernement a donc inscrit les dispositions de la directive de manière contraignante dans l'OPair et a étendu l'obligation du filtre à particules à l'ensemble des chantiers.

Nouvelle valeur limite du nombre de particules dans l'OPair

Depuis janvier 2009, les mêmes prescriptions en matière de gaz d'échappement s'appliquent désormais à l'ensemble de la Suisse, indépendamment de la durée et de la taille du chantier. Tous les nouveaux engins et machines à propulsion diesel d'une puissance supérieure à 18 kW sont concernés par la dis-



Pour les machines de chantier de grande puissance comme ce dumper, le filtre à particules obligatoire est effectivement applicable sur les grands chantiers de Suisse depuis 2002 déjà.

Photo: OFEV / Agence photographique AURA, Lucerne

position de l'OPair. En sus des exigences européennes, ils doivent observer une valeur limite stricte pour le nombre de particules (1×10^{12} particules par kWh), qui, dans l'état actuel de la technique, ne peut être atteinte qu'avec un système de filtre à particules fermé.

A l'occasion de la révision de l'OPair, le Conseil fédéral a toutefois volontairement renoncé à maintenir l'obligation du filtre, car il est vraisemblable que d'autres technologies permettant de réduire le nombre de particules de suie verront le jour, et la Suisse n'aimerait pas en entraver le développement. Pour les moteurs diesel d'une puissance supérieure ou égale à 37 kW, catégorie où la technique d'épuration des gaz d'échappement est la plus avancée, la valeur limite d'émission s'applique à toutes les machines de chantier existantes. Les engins fabriqués à partir de l'an 2000 doivent respecter cette limite aujourd'hui déjà, tandis que les anciens moteurs doivent être assainis sur ce plan jusqu'en mai 2015 au plus tard. Pour les machines de chantier d'une puissance comprise entre 18 et 37 kW, l'obligation du filtre à particules s'applique effectivement à partir de l'année de fabrication 2010. La révision de l'OPair ne concerne pas l'ensemble des moteurs diesel d'une puissance inférieure à 18 kW.

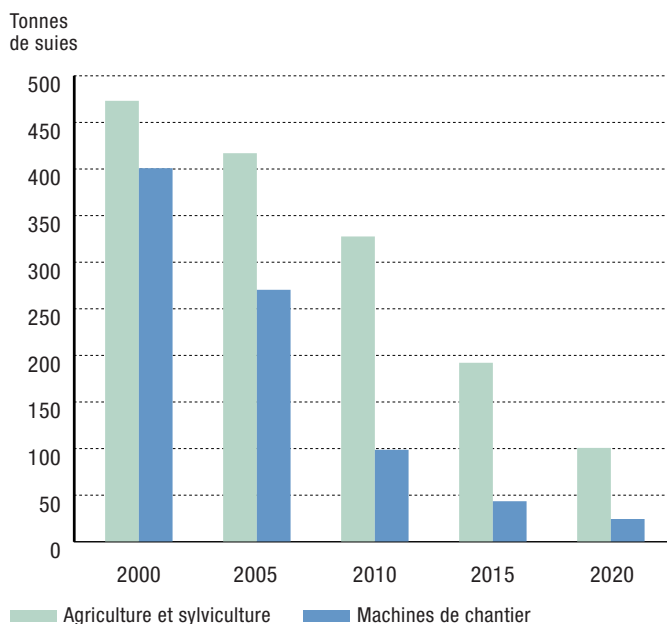
Pour attester la conformité d'une machine de chantier avec les dispositions de l'OPair, il est possible de mesurer les émissions de particules sur banc d'essai à la sortie d'usine ou d'équiper la machine d'un système de filtre à particules

contrôlé et conforme à la liste OFEV des filtres à particules. Ce nouveau contrôle de conformité peut aussi se dérouler à l'étranger, par exemple en Suède pour les machines de chantier fabriquées par Volvo, fréquemment vendues en Suisse. Pour les entreprises de construction qui achètent de tels engins, l'attestation de conformité représente une simplification, car elles ne doivent plus s'occuper elles-mêmes de la conformité légale de l'épuration des gaz d'échappement de leurs machines diesel.

Progrès dans l'obligation d'équipement a posteriori

La Suisse a déjà obtenu d'importants succès dans la réduction des émissions de suies dans le secteur des machines de chantier, principalement en raison de l'obligation d'équiper a posteriori les moteurs puissants et du taux de renouvellement élevé en comparaison internationale. Grâce aux acquisitions de remplacement des machines de chantier, pour lesquelles le fabricant assume souvent lui-même le montage du dispositif d'épuration des gaz d'échappement, les moteurs diesel et filtres à particules seront réglés de manière optimale dans un nombre croissant d'engins. Il ne faudra bientôt plus post-équiper les engins en la matière.

Dans les zones d'habitation les plus polluées, les machines de chantier restent les principaux responsables du rejet de particules de suies de diesel, avec la circulation routière. A l'échelle nationale, les émissions ont cependant considérablement diminué entre 2000 et 2010, passant de 400 tonnes environ à près de 100 tonnes par an. D'ici à 2020, il faut s'attendre à un nouveau recul important suite à la mise en œuvre des mesures décidées, de sorte qu'à l'avenir, les émissions de suies des machines de chantier devraient encore représenter quelque 5% des particules qui étaient rejetées au début du millénaire.



Les émissions de suies du secteur de la construction reculent bien plus rapidement et plus nettement que celles de l'agriculture.

Source des données: OFEV, division Protection de l'air et RNI

Filtres à particules pour les dameuses de pistes

> Sur les pistes de ski avec des filtres à particules

Près de mille engins de damage dotés de puissants moteurs diesel circulent dans les domaines de sports d'hiver en Suisse. En vertu d'une déclaration d'intention entre la Confédération et les Remontées mécaniques suisses, l'association de la branche, un nombre croissant de remontées mécaniques n'achètent plus que des machines équipées de filtres à particules.

Les dameuses de pistes œuvrent parfois dans des conditions extrêmes. Dans des destinations de sports d'hiver connues comme Davos, St-Moritz, Zermatt, Crans-Montana, Verbier, Gstaad, Grindelwald ou Engelberg, elles préparent les pistes de ski, celles de ski de fond et les chemins de randonnée jusqu'à 3500 mètres d'altitude. Il y règne souvent des températures extérieures bien inférieures à 0 °C. Les véhicules dans les grands domaines skiables fonctionnent en moyenne 1000 heures par saison et consomment au moins 25 litres de diesel par heure.

Dans les pentes escarpées en particulier, les moteurs diesel sont mis à forte contribution. En fonction de l'âge et de la sollicitation des dameuses, des panaches de fumée noirs



Test climatique pour le dispositif d'épuration des gaz d'échappement en haute montagne: bien que les dameuses propres, comme les produits du leader allemand du marché Kässbohrer, doivent intervenir à plus de 3000 mètres d'altitude et par des températures extérieures bien inférieures à 0 °C, la température nécessaire pour déclencher la combustion spontanée des particules de suie est atteinte sans problème.

Photo: Kässbohrer

s'échappent parfois de leurs tuyaux d'échappement. Les nuages de suies nocives ne cadrent pas vraiment avec l'image du tourisme hivernal, qui prône notamment la découverte de la nature et la qualité de l'air en montagne. Les émissions de suies sont en particulier problématiques quand d'anciennes dameuses sont utilisées à proximité d'habitations pour l'entretien des pistes, le déblaiement de la neige ou le transport de personnes. En pareil cas, leurs gaz d'échappement polluent l'air que respirent les touristes, passants, travailleurs et sportifs à proximité et peuvent porter atteinte à leur santé.

Les filtres à particules s'imposent

Sensibilisées par les débats de politique environnementale concernant les émissions nocives de poussières fines, les Celeriner Bergbahnen AG – c'était alors leur nom – prirent l'initiative en 2006 déjà. La station de sports d'hiver de Haute-Engadine fut la première au monde à commander au leader allemand du marché Kässbohrer un exemplaire du plus puissant «PistenBully» équipé d'un filtre à particules pour damer leurs pistes. Les craintes initiales de savoir si les gaz d'échappement atteindraient la température nécessaire pour déclencher la combustion spontanée des particules de suie se sont révélées infondées. L'utilisation de ces engins à 3000 mètres d'altitude n'a pas posé de problèmes à ce jour.

La Haute-Engadine a fait œuvre de pionnière dans ce secteur de l'hygiène de l'air. Les remontées mécaniques Bergbahnen Engadin St. Moritz AG, par exemple, utilisent 24 chenillettes, dont la plupart disposent déjà de filtres à particules fermés, pour entretenir environ 200 kilomètres de pistes. Dans les domaines skiables des Grisons, où roulent environ 380 des 1000 dameuses en activité en Suisse, la grande majorité des nouveaux modèles livrés sont désormais équipés d'un filtre à particules efficace, alors que, vu les prescriptions européennes sur les gaz d'échappement des moteurs du secteur non routier, cet équipement ne serait pas encore nécessaire.

Triomphe du système CRT

Les filtres CRT en métal fritté, notamment, ont fait leurs preuves. La bonne conductivité thermique et l'élasticité de ces matériaux préservent les filtres de la surchauffe et permettent de retenir des quantités considérables de suies sans générer de contre-pression dommageable pour le moteur. Les frais de nettoyage et de maintenance sont modestes grâce à la grande capacité de stockage des cendres et à la faible contre-pression exercée par les gaz d'échappement. D'après les spécialistes, les quelques problèmes d'encrassement des filtres sont dus au post-équipement de moteurs trop âgés produisant trop de rejets, au détournement d'huile de chauffage comme carburant ou à l'utilisation de diesel trop riche en soufre.

En revanche, tous les engins dont les moteurs sont équipés de série de filtres à particules fonctionnent encore parfaitement après plus de 3000 heures d'utilisation lorsqu'ils sont exploités conformément aux prescriptions. Actuellement, les fabricants des puissants moteurs diesel pour dameuses de pistes installent des filtres en série à la demande sans modifier pour autant le délai de garantie. Comme il ne s'agit plus de dispositifs sur mesure, les frais supplémentaires pour équiper une dameuse d'un filtre, jusqu'à 25 000 francs à l'époque, est tombé entre-temps à 13 000 francs, ce qui correspond encore à quelque 3 % du prix d'achat des machines, de l'ordre de 450 000 francs.

Convention entre la Confédération et les remontées mécaniques

Comme le montrent les expériences réalisées à ce jour, la réduction des émissions de suies pour les dameuses de pistes est aujourd'hui conforme à l'état de la technique et économiquement supportable pour les exploitants. Les autorités environnementales souhaitent donc imposer cette technologie propre autant que possible dans toutes les régions de sports d'hiver de Suisse. Partant, le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) et les Remontées mécaniques suisses (RMS) ont passé fin 2009 une convention visant à équiper les nouveaux engins de filtre à particules. D'après cette déclaration d'intention, pour améliorer la qualité de l'air, seules des chenillettes munies de filtres ou de dispositifs équivalents réduisant les émissions sont mises en service à partir de 2010. Le pourcentage de ces machines devrait donc augmenter continuellement.

Certains cantons disposent de prescriptions supplémentaires en matière de gaz d'échappement et ont inscrit l'obligation du filtre à particules pour les dameuses dans leurs plans de mesure de protection de l'air, à l'instar de la Suisse centrale. Ceci ne pose aucun problème aux fournisseurs. Prinoth, le deuxième fabricant après Kässbohrer, dont le siège se trouve en Haut-Adige, propose aussi des dameuses propres, équipées en série de filtres à particules à la demande des clients.



Les filtres à particules CRT en métal fritté, utilisés par exemple pour les moteurs diesel des dameuses de pistes, permettent de retenir des quantités considérables de suies sans générer de contre-pression dommageable pour le moteur.

Filtres à particules pour les tracteurs

> Une question d'argent

Les machines diesel utilisées dans l'agriculture et la sylviculture occasionnent près d'un cinquième de toutes les émissions de suies de moteur en Suisse. Cette part ne va cesser de croître dans un proche avenir, car l'équipement des tracteurs avec les meilleures technologies d'épuration des gaz d'échappement prend beaucoup de retard.

Jusqu'à la fin 2010, les nouveaux tracteurs d'une puissance entre 37 et 75 kW, les plus répandus dans notre pays, pouvaient encore émettre 0,4 grammes de suies de diesel par kWh. Suite au renforcement de la norme EURO III B, dont la mise en œuvre progressive sera achevée au 1^{er} janvier 2013, une valeur limite de particules nettement plus stricte de 0,025 g/kWh est applicable, ce qui équivaut à une réduction de plus de 93 %.

Leader du marché en Suisse, John Deere satisfait à la norme avec un filtre à particules fermé. D'autres fabricants connus misent par contre sur la réduction des particules directement dans le moteur et sur le traitement des oxydes d'azote avec une technique d'épuration SCR. La masse des particules de suie rejetées recule ainsi de manière satisfaisante, mais la réduction de leur nombre se révèle bien moins efficace. Cette solution est autorisée d'un point de vue juridique, car, pour les moteurs diesel du secteur non routier, la norme EURO III B limite la masse globale des particules de suie rejetées, mais pas leur nombre.

Lent renouvellement des moteurs

Comme le montrent les résultats des recensements des exploitations agricoles, l'effectif de tracteurs recule légèrement en Suisse depuis des années. En 2010, 105 000 étaient encore en fonction, dont près de 2200 sont remplacés chaque année par de nouvelles acquisitions. Comme il existe aussi des milliers de vieux tacots qui ne sont utilisés que sporadiquement, le cycle de renouvellement des machines agricoles s'étend sur plus de 30 ans.

Eu égard à l'âge moyen élevé des tracteurs, à l'introduction plus tardive de normes en matière de gaz d'échappement et au post-équipement lacunaire en filtres à particules, les rejets de suies de ce secteur économique diminuent beaucoup plus lentement que ceux de la plupart des autres catégories de machines. Avec plus de 300 tonnes de suies de diesel émises en 2010, le secteur agricole pollue trois fois plus que toutes les machines de chantier de Suisse. Au début du millénaire, les deux branches émettaient près de 400 tonnes de particules de suie chacune par an. La part de l'agriculture au total

des émissions de suies de moteur continuera de croître ces prochaines années, car il n'existe aucune obligation de post-équiper les tracteurs de filtres à particules, contrairement aux machines de chantier de grande puissance.

Le post-équipement est techniquement possible

Un projet de la station de recherches Agroscope Reckenholz à Tänikon (TG), soutenu par l'OFEV, a démontré voilà quelques années qu'il est techniquement possible de post-équiper les tracteurs de filtres à particules efficaces. Comme pour les machines de chantier, il n'y a pas de solution standard pour l'épuration des gaz d'échappement. Chaque filtre à particules doit être adapté précisément au moteur et à la température des gaz d'échappement, qui varie en fonction du secteur de charge.



D'un point de vue technique, le post-équipement de tracteurs avec des filtres à particules est réalisable, mais les coûts de l'opération constituent un blocage important.

Photo: Direction de l'économie publique du canton de Berne

S'il est entretenu régulièrement, il retient plus de 99 % des émissions de suies de diesel nocives.

Un éventuel post-équipement à titre volontaire profite en premier lieu aux paysans et aux autres employés dans le secteur de l'agriculture, à l'instar des personnes participant aux récoltes. Lors du travail dans les champs, celles-ci sont exposées sans protection à des concentrations de suies qui peuvent être importantes, selon les conditions de vent, l'âge et la construction du tracteur.

Blocages financiers

Le post-équipement d'un tracteur avec un filtre à particules occasionne aujourd'hui des coûts d'au moins 8000 francs par moteur diesel, même pour les petites machines. Pour abaisser le seuil psychologique d'un tel investissement, le canton de Berne a subventionné aux trois quarts l'équipement de 18 véhicules agricoles en filtres à particules dans le cadre d'un projet technologique sur deux ans. Le test pratique réalisé en 2011 fut un succès, mais les coûts relativement élevés d'un post-équipement, de 17 500 francs en moyenne par tracteur, découragent la plupart des paysans.

Malgré les incitations financières de certains cantons et fournisseurs, seules quelques centaines de tracteurs disposent à ce jour en Suisse d'un filtre à particules efficace satisfaisant aux exigences de la liste OFEV. Il s'agit principalement de nouveaux véhicules, que les principaux fabricants sont désormais en mesure de fournir équipés d'un système de filtre à particules efficace, si le client en fait la demande. Les commandes de tracteurs propres sont surtout le fait de paysans qui exécutent des travaux sur mandat des pouvoirs publics, notamment des tâches communales telles que l'enlèvement du compost, le compostage en bord de champ ou le déblaiement de la neige. L'attribution de ces mandats par les autorités communales dépend, en partie du moins, de l'utilisation de véhicules diesel propres.

Limitation aux normes européennes en matière de gaz d'échappement.

Le gouvernement et le Parlement suisses ont décidé de se limiter à reprendre la réglementation européenne en matière de gaz d'échappement des tracteurs et de ne pas édicter de prescriptions plus strictes pour le moment. Le Conseil fédéral a justifié cette politique environnementale prudente par la situation économique tendue de l'agriculture suisse et a disposé que le calendrier des mesures de réduction des émissions devait en particulier respecter le critère de l'acceptabilité économique.

En l'espèce, des entreprises pionnières comme le constructeur de véhicules Schiltrac, qui propose depuis 2005 déjà des systèmes de filtres à particules fermés pour les engins de travail utilisés en montagne, se sont montrées moins

frileuses. D'après des mesures de la station de recherches Agroscope, ces dispositifs éliminent jusqu'à 99,98 % des particules de suie ultrafines à la température de fonctionnement normale.



Pour les nouveaux types de moteurs, le fabricant américain de tracteurs John Deere respecte la valeur limite des particules de la norme EURO III B, nettement plus stricte par rapport aux dispositions antérieures, en installant en série des filtres à particules fermés.

Photo: John Deere

Filtres à particules pour les machines et les engins

> Prescriptions uniformes pour tous les moteurs diesel

Dans un souci de protection de la santé publique, les autorités environnementales suisses veulent étendre les prescriptions en matière de gaz d'échappement applicables aux moteurs diesel sur les chantiers à toutes les nouvelles machines, indépendamment de leur lieu d'utilisation.

Contrairement aux moteurs diesel circulant sur les routes, les machines et engins fonctionnant au diesel sont souvent utilisés au même endroit sur de longues périodes. C'est non seulement le cas pour les chantiers, mais aussi pour d'autres installations telles que les gravières, les décharges, les zones industrielles et les entreprises artisanales. Le renouvellement d'air en ces endroits est souvent limité, de sorte que les suies de diesel émises ne sont pas suffisamment diluées. Des concentrations relativement élevées de suies peuvent donc se former à l'entour de telles installations, à même de mettre en danger la santé des travailleurs, des habitants et des passants. Quand des machines diesel sans filtres à particules sont utilisées sur des surfaces couvertes voire même à l'intérieur, les travailleurs courent un risque particulièrement élevé.

Dans son examen des performances environnementales, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a recommandé à la Suisse en 2007 déjà d'introduire des mesures supplémentaires visant à réduire les émissions de poussières fines. Les spécialistes de l'environnement ont notamment proposé de rendre plus sévères les valeurs limites d'émission et de recourir de manière accrue aux filtres à particules pour les moteurs diesel.

Emissions de suies excessives

Il existe un retard considérable à combler, en particulier dans le domaine des machines et engins d'une puissance supérieure ou égale à 18 kW. Au printemps 2010, la Conférence suisse des directeurs des travaux publics, de l'aménagement du terri-



Dans la plupart des cantons, l'épuration des gaz d'échappement pour les machines diesel utilisées dans les gravières n'est pas obligatoire, à la différence des chantiers.

toire et de l'environnement (DTAP) a aussi invité la Confédération à traiter également l'ensemble des machines diesel, indépendamment de leur lieu d'utilisation. Par conséquent, elle demande de compléter l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) pour qu'elle couvre aussi les moteurs diesel dans les installations analogues aux chantiers et dans les entreprises industrielles et artisanales. En font partie les excavatrices, dumpers, tombereaux, concasseurs, fraiseuses, foreuses, chargeuses à chenilles, grues, compresseurs, pompes, vibrateurs, moutons, chariots élévateurs, plates-formes élévatrices, tracteurs industriels et génératrices de courant. Les émissions de polluants du secteur non routier sont proportionnellement bien plus élevées que celles de la circulation routière.

Pour ces applications aussi, il existe des systèmes de filtres à particules efficaces et à la pointe de la technique, dont le taux de rétention atteint 99,9 % et se situe encore à plus de 97 % après 2000 heures d'utilisation. Dans le cadre des plans de mesures de protection de l'air, une majorité des cantons exigent désormais que les gaz d'échappement de telles machines et engins soient également épurés hors des chantiers. Les autorités se fondent notamment sur l'obligation générale de réduire au minimum les substances cancérigènes, inscrite dans l'OPair.

L'objectif est une exécution harmonisée

Eu égard au manque d'uniformité au plan national des valeurs limites relatives aux gaz d'échappement, l'exécution à l'échelon cantonal s'est souvent révélée complexe et hétérogène. C'est pourquoi l'OFEV examine des mesures applicables à la



Les engins fonctionnant au diesel, comme ce chariot de manutention, et qui sont utilisés dans des halles couvertes ou des espaces intérieurs fermés devraient disposer d'un système de filtre à particules efficace dans le but de protéger les travailleurs.

Photo: HJS

Suisse entière afin d'améliorer la situation. Les branches économiques concernées sont aussi intéressées à des prescriptions identiques et appliquées de manière uniforme dans toute la Suisse, leur évitant ainsi devoir s'adapter à toute une série de réglementations cantonales disparates.

L'Union européenne aussi semble vouloir repenser le système d'épuration des gaz d'échappement pour les machines et engins fonctionnant au diesel. A ce jour, les considérations relatives à leurs émissions de suies se limitaient exclusivement à une réduction de la masse des particules. Le parlement européen veut aller plus loin. En octobre 2011, il a demandé à la Commission d'introduire une nouvelle norme sur les gaz d'échappement pour les machines et engins, qui s'inspire de la norme EURO VI pour les véhicules utilitaires. Dans ce cadre, le parlement européen demande aussi explicitement une valeur limite du nombre de particules émis par ces moteurs. Cette mesure garantirait une harmonisation dans l'ensemble des domaines d'utilisation du secteur non routier. La nouvelle norme ne devrait cependant pas entrer en vigueur avant 2016.



Les systèmes robustes d'épuration des gaz d'échappement pour les moteurs diesel, à l'exemple de celui équipant cette chargeuse du constructeur suédois Volvo, sont aussi à la hauteur en cas de sollicitations extrêmes et de conditions d'exploitation très variables.

Photo: Volvo

> Bibliographie



Les poussières fines en Suisse

Ce rapport, publié en 2008 par la Commission fédérale de l'hygiène de l'air, met en évidence l'état actuel des connaissances scientifiques et des expériences en lien avec la problématique des poussières fines. Il informe notamment sur les nouvelles méthodes de mesure et de modélisation. Il montre aussi l'exposition de la population aux particules fines et les conséquences de celles-ci pour la santé et décrit les différentes sources d'émissions ainsi que les mesures permettant d'atténuer l'exposition aux polluants.

Download: www.bafu.admin.ch/div-5013-f



NABEL – La pollution de l'air en 2010

Le rapport publié en 2011 analyse l'état de l'air en Suisse, sur la base des mesures enregistrées par les stations du réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL). Il met en lumière l'évolution de la situation depuis le début des années 1980 et présente en détail les résultats des mesures effectuées en 2010. Les analyses montrent que les valeurs limites fixées pour le dioxyde d'azote, les particules fines respirables (PM10) et l'ozone ont été dépassées. Cependant, la charge polluante de l'air s'est nettement améliorée ces 20 dernières années.

Download: www.bafu.admin.ch/uz-1118-f



Consommation de carburant et émissions polluantes du secteur non routier

Le rapport publié en 2008 chiffre les émissions de polluants atmosphériques et la consommation de carburant du secteur non routier en Suisse. Ce groupe de sources d'émissions englobe toutes les machines et tous les engins mobiles, équipés d'un moteur à combustion, mais qui ne sont pas destinés à transporter des personnes et des marchandises sur la route. Les calculs ont été effectués pour huit groupes de machines et engins. Ils couvrent la période 1980 à 2020. Le rapport donne ainsi un aperçu du secteur non routier et peut, parallèlement, servir de base pour l'évaluation de mesures susceptibles de contribuer à réduire la pollution de l'air par ce secteur.

Download: www.bafu.admin.ch/uw-0828-f



Emissions polluantes du trafic routier de 1990 à 2035

Le rapport publié en 2010 constitue une mise à jour et une extension des documents existants sur les émissions de polluants atmosphériques produites par le trafic routier en Suisse. Il couvre maintenant la période 1990 à 2035. S'appuyant sur des études d'émissions, coordonnées à l'échelon international, les auteurs ont élaboré des coefficients d'émission détaillés pour l'ensemble des véhicules routiers, de même que pour divers polluants atmosphériques et gaz à effet de serre. Ensuite ils ont extrapolé les émissions totales sur la base des données des transports relevées en Suisse.

Comme le présent rapport intègre les prescriptions sur les gaz d'échappement entérinées depuis le dernier rapport, les nouvelles prévisions qu'il contient indiquent une baisse des émissions polluantes encore plus forte que supposée jusqu'ici.

Download: www.bafu.admin.ch/uw-1021-f



Protection de l'air sur les chantiers

La Directive concernant la protection de l'air sur les chantiers (Directive Air Chantiers) concrétise les dispositions de portée générale de l'annexe 2, ch. 88, de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair). De plus, elle expose aux instances concernées par les procédures d'autorisation de construire, comment évaluer les principales catégories de chantiers du point de vue des émissions, et leur indique les mesures préventives à prescrire. Y sont décrites en outre les exigences en matière d'hygiène de l'air pour les machines de chantier et leurs systèmes de filtres à particules.

Download: www.bafu.admin.ch/uv-0901-f

Liens utiles

OFEV: Poussières fines:

www.bafu.admin.ch > Français > Thèmes > Air > Rubriques > Poussières fines

OFEV: Liste des filtres à particules:

www.bafu.admin.ch/partikelfilterliste > Français

OFEV: Voitures de tourisme diesel:

www.bafu.admin.ch > Français > Thèmes > Air > Rubriques > Diesel

OFEV: Filtres à particules pour véhicules utilitaires:

www.bafu.admin.ch > Français > Thèmes > Filtres à particules

Cercl'Air: Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air:

www.cerclair.ch > fr > Thèmes > Poussières fines

DieselNet: Portail d'information sur les émissions et les systèmes de dépollution des gaz d'échappement pour moteurs diesel: www.dieselnet.com (en anglais)

Association for Emissions Control by Catalyst (AECC):

www.aecc.eu > FR > Technologies > Filtres

VERT Association: www.vert-dpf.eu (en anglais)