

Zeitschrift: Technique agricole Suisse
Herausgeber: Technique agricole Suisse
Band: 62 (2000)
Heft: 3

Artikel: Réduction des émissions des petits moteurs essence à quatre temps :
Les émissions peuvent être réduites de plus de 90%
Autor: Stadler, Edwin / Wolfensberger, Ulrich / Schiess, Isidor
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1086423>

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>

Réduction des émissions des petits moteurs essence à quatre temps

Les émissions peuvent être réduites de plus de 90%

Edwin Stadler, Ulrich Wolfensberger et Isidor Schiess, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), CH-8356 Tänikon

Les petits moteurs essence quatre temps d'une puissance comprise entre 5 et 10 kW, tels qu'on les trouve sur les motofaucheuses et les autres petits outils agricoles, sont de construction robuste et faciles à manier. Ils émettent toutefois une quantité extrême-

ment élevée de gaz d'échappement. Dans le cadre du présent essai, nous avons étudié l'effet des mesures disponibles pour réduire les gaz d'échappement sur un moteur essence quatre temps de 10 kW. Voici les moyens dont nous disposions: A) utilisation d'une essence spéciale au lieu de l'essence sans plomb disponible habituellement dans le commerce, B) un système de catalyseur trois voies pouvant être installé a posteriori, ou C) une combinaison de A) et B). L'emploi d'un catalyseur trois voies à régulation lambda

a permis de réduire de 92% les émissions d'hydrocarbures non brûlés (HC) et de 94% celles des monoxydes de carbone (CO). Ces mesures ont été effectuées au cours du cycle de contrôle ISO 8178-G1. Pour certains points de charge partielle, il a même été possible de réduire les émissions de 99%. Parallèlement, la consommation de carburant a diminué de 10% grâce à la régulation lambda. L'utilisation du catalyseur n'a eu aucune influence sur les performances du moteur. L'utilisation de l'essence spéciale (essence alkylat) a permis notamment de réduire les hydrocarbures aromatiques, comme le benzol qui est descendu en dessous de 2%. Lorsqu'en plus le catalyseur était activé, il n'était même plus possible d'enregistrer d'émissions de ce type. Un essai de terrain dans une exploitation communale pendant 110 heures a confirmé l'efficacité du catalyseur.



Fig. 1: A raison de 82 000 unités en Suisse, la motofaucheuse représente avec le tracteur, l'une de machines à moteur à combustion les plus fréquemment utilisées. Or, son utilisateur se trouve en contact direct avec les gaz d'échappement extrêmement toxiques.

Sommaire	Page
Problématique	23
Réduction des gaz d'échappement dans le cas des motofaucheuses	23
Objets de l'essai	23
Description de l'essai	24
Mesures de réduction des gaz d'échappement	26
Résultats des mesures	28
Résumé et perspectives	31

Problématique

Les moyens de transport, machines et outils fonctionnant avec un moteur essence, utilisés dans l'agriculture, la sylviculture, le jardinage et les loisirs et qui n'appartiennent pas à la catégorie des véhicules routiers, forment le secteur dit offroad avec les avions, les bateaux, les engins de chantier, etc. Or, selon l'OFEFP¹, ce type de véhicules est responsable en Suisse d'un pourcentage considérable du total des émissions des moteurs. Suivant la substance polluante concernée, le secteur offroad produisait entre 13% et 50% de la pollution totale en 1990. Or, les gaz d'échappement sont non seulement polluants pour l'environnement, mais ils sont également dangereux pour la santé. Souvent les opérateurs se trouvent à proximité immédiate de l'échappement, dans le cas des scies à moteur par exemple. Ils aspirent alors des gaz d'échappement très concentrés. Dans le but d'améliorer la qualité de l'air et les conditions de santé des utilisateurs de ces machines, l'OFEFP s'est uni à d'autres institutions et s'est mobilisé pour réduire les gaz d'échappement de ce type de moteurs.

Réduction des gaz d'échappement dans le cas des motofaucheuses

Les petits moteurs Otto à quatre temps constituent des systèmes d'entraînement peu onéreux et efficaces, dont l'agriculture ne saurait se passer. Ils servent aujourd'hui aux motofaucheuses, aux motohoues jusqu'aux râteaux-faneurs automoteurs en zone de montagne. Les raisons qui ont conduit autrefois à la multiplication du nombre de motofaucheuses (topographie, parcelles mal découpées, etc.) sont encore valables aujourd'hui. Certes, les parcelles ont été remaniées depuis. Dans les régions de plaine, la motofaucheuse est utilisée principalement pour couper l'herbe et la mettre en andains. Dans la régions de collines et de montagnes par contre, de nombreux agriculteurs fauchent encore l'herbe exclusivement avec la motofaucheuse. La motofau-

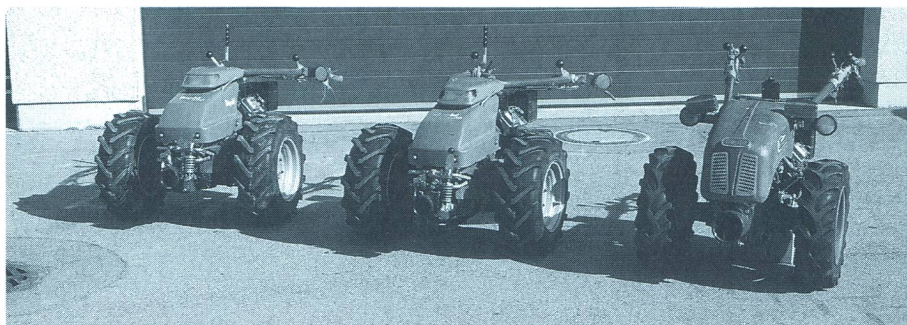


Fig. 2: Les essais ont été effectués sur trois motofaucheuses de la marque RAPID en usage dans la pratique.

Objets de l'essai

Les motofaucheuses

Fabricant: RAPID Maschinen und Fahrzeuge AG, Heimstrasse 7, CH-8953 Dietikon

Désignation durant l'essai: **BC1) Type: U 505 N° 4098 avec commande de roulement mécanique**
 BC2) Type: Euro Profi N° HO2577 avec commande de roulement hydrost.
 BC4) Type: Euro Profi N° HO100362 avec commande de roulement hydrost.

Le rapport d'essai suivant porte sur la machine BC1.

Moteur

Fournisseur de moteur: Klaus-Häberlin AG, Industriestrasse 6, CH-8610 Uster

Fabricant: BRIGGS & STRATTON
 Modèle: 294446 OHV
 Nombre de cylindres: 2 en V
 Cylindrée: 479 cm³
 Compression: 7,8 : 1
 Puissance: 10 kW (14 CV) à 3600 min⁻¹ (Indication du fabricant)

Ralenti inférieur: 1350 min⁻¹, actuellement 1500 – 1600 min⁻¹ (*)
 Ralenti supérieur: 3250 min⁻¹
 Gicleur principal: gicleur principal n° 72
 Gicleur de ralenti: en position centrale / à droite avec le catalyseur

Allumage: allumage magnétique
 Bougie d'allumage: CHAMPION RC 12YC
 Installation électrique: alternateur non réglé 12V 5 A à 3600 min⁻¹

*) Le nombre de tours élevé au ralenti est dû à la tension d'au moins 8 à 10 Volt requise par le système de commande électronique du catalyseur trois voies.

cheuse est en outre de plus en plus concurrencée par le tracteur équipé d'une faucheuse frontale dans les régions de plaine et par la faucheuse à deux essieux dans la région des collines. Dans la mesure où les conditions d'utilisation sont bonnes, les nouveaux procédés s'avèrent net-

tement plus performants que la motofaucheuse. A l'avenir, le critère des performances aura toutefois nettement moins d'influence sur le nombre de motofaucheuses existantes que sur le nombre d'heures de fonctionnement de ces machines.

¹ Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch des Offroad-Sektors, BUWAL Nr. 49, 1996

Le dernier recensement fait état de 82 000 motofaucheuses manuelles à un essieu. Elles sont généralement toutes équipées d'un moteur essence quatre temps d'une puissance comprise entre 5 et 10 kW max. D'après nos estimations, on peut considérer que chaque appareil tourne en moyenne 100 heures par an. Si l'on part du principe (sur la base de quelques relevés), qu'une motofaucheuse consomme environ 1,5 litres d'essence par heure de service, on obtient le résultat suivant: la consommation totale des motofaucheuses agricoles en Suisse s'élève environ à 12,3 millions de litres d'essence par an. Cette consommation ne représente certes que 0,25% de la consommation totale d'essence en Suisse, mais le système de gaz d'échappement de ces moteurs est très mauvais en comparaison et représente un risque inutilement élevé pour la personne qui utilise la machine, ainsi que pour l'environnement.

Ce sont les raisons pour lesquelles l'OFEFP a lancé une étude pour déterminer quelles mesures pourraient être envisagées pour réduire les émissions des moteurs essence quatre temps et quelle serait leur efficacité. L'étude a porté sur le cas des motofaucheuses agricoles. Sous la direction du bureau d'ingénieurs TTM, la FAT et le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherches (LFEM) se sont concentrés sur les émissions gazeuses, tandis que la Haute école spécialisée de Bienne (HES) et l'Ecole polytechnique fédérale (EPF) ont étudié les particules. Les entreprises RAPID, Klaus-Häberlin (Briggs & Stratton), HJS et ASPEN (Electrolux) ont mis les machines et les matériaux nécessaires à disposition, ainsi que leur savoir et leur expérience.

Des essais ont été organisés pour étudier si l'utilisation d'un catalyseur trois voies à régulation lambda et/ou l'emploi d'une nouvelle essence spéciale, l'essence alkylat, pouvait améliorer l'émission des gaz d'échappement et si oui, à quel point. Les facteurs d'émissions des petits moteurs essence quatre temps, qui jusqu'à présent avaient uniquement fait l'objet d'estimations, ont bien entendu été mesurés au cours de ces essais.

Description de l'essai

Dans un premier temps, un moteur moderne (marque Briggs & Stratton, type OHV, modèle 294446) correspondant à l'état actuel de la technique a été installé

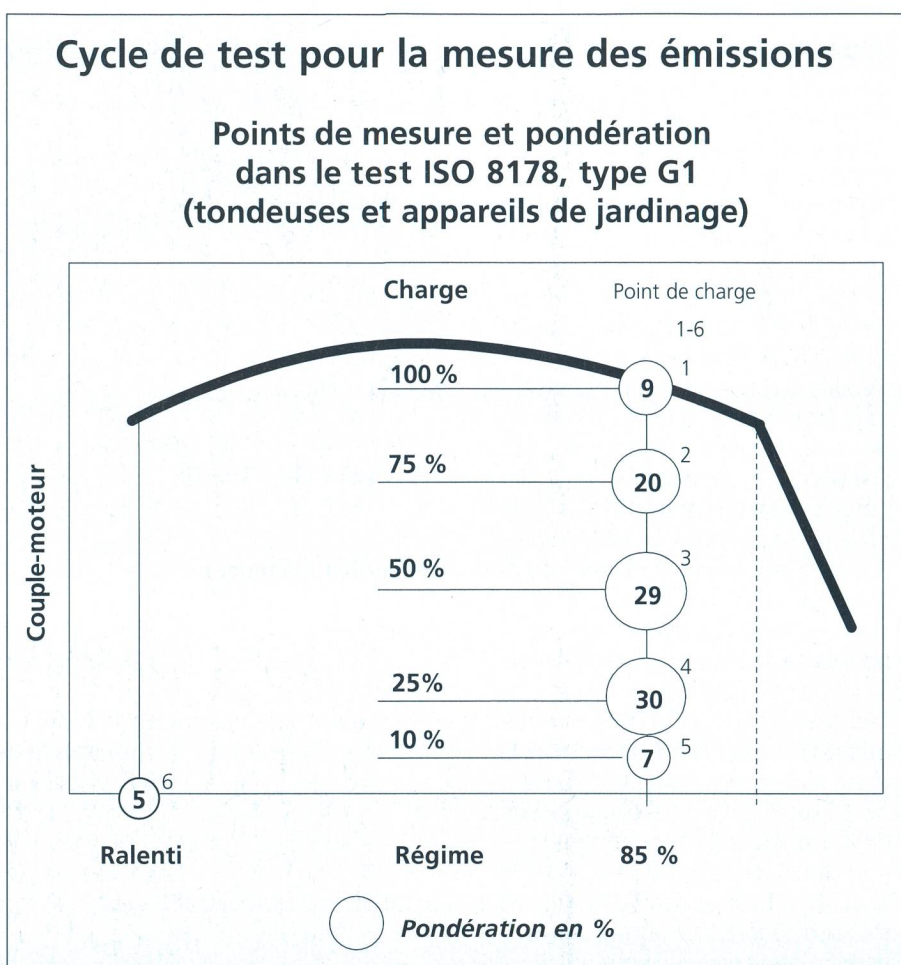


Fig. 3: Cycle de test en vigueur au niveau international pour mesurer les gaz d'échappement des appareils de jardinage et des faucheuses. Les points de charge de un à six ont été testés au banc d'essai à intervalles de dix minutes.

dans les trois motofaucheuses déjà en service de la marque RAPID. Après une phase de rodage, définie au préalable, différentes mesures ont été effectuées sur le banc d'essai de la FAT à Tänikon en collaboration avec le LFEM à Dübendorf. Les mesures portaient sur la puissance, la consommation et les gaz d'échappement avec et sans catalyseur. Les mesures ont été réalisées avec les deux carburants, essence sans plomb 95 et essence spéciale. Cette dernière a été mise à disposition par l'entreprise Electrolux. Après avoir été testées au banc d'essai, les machines ont ensuite été testées dans la pratique. Les trois machines étaient équipées du catalyseur HJS, 50/50 mm. Deux fonctionnaient à l'essence sans plomb 95 et une avec la nouvelle essence pour outils agricoles. A la fin de la saison, les machines ont de nouveau été testées sur le banc d'essai de la FAT, pour un examen de contrôle. Les résultats des mesures se sont avérés insatisfaisants pour les trois machines. Comme dans la pratique, les moteurs tournaient irrégulièrement dans certains secteurs de

charge partielle (ils toussotaient) et le taux de conversion des catalyseurs se détériorait trop fortement en raison de la surface trop réduite du catalyseur. C'est pourquoi tout le programme d'essai a été répété avec un catalyseur plus grand 70/90 mm et un système électronique de commande optimisé. Les tests n'ont toutefois porté que sur une seule machine. Les résultats ainsi obtenus étaient excellents et restaient constants même après 110 heures d'utilisation dans les conditions de la pratique. Le rapport suivant présente les résultats obtenus sur la base de la dernière version optimisée.

Méthode de mesure, calcul des gaz d'échappement et cycle de test ISO 8178-G1

La quantité et la composition des gaz d'échappement émis par le moteur à combustion dépend principalement du régime et de la charge dudit moteur. Pour évaluer

les gaz d'échappement émis par le moteur, il faut donc tenir compte de son utilisation ultérieure. Le cycle de test reconnu dans le monde entier et décrit dans la norme ISO 8178-G1 (fig. 3) sert à mesurer et à évaluer les émissions de gaz d'échappement des moteurs à combustion utilisés dans les appareils de jardinage et les motofaucheuses, que ces émissions se présentent sous forme de gaz ou de particules. Il existe six phases de tests différentes définies par le régime et le couple moteur ainsi que par le facteur de pondération. Le test est effectué à deux régimes différents: cinq points de charge au régime intermédiaire, soit 85% du régime nominal selon la norme, puis au régime de ralenti inférieur. En fonction de l'utilisation du moteur pour une motofaucheuse et en accord avec l'entreprise RAPID (Monsieur Keusch), nous avons fixé le régime intermédiaire à 2800 min⁻¹. La durée de chaque phase de test était de dix minutes, sachant que les concentrations des gaz d'échappement ont été relevées pendant les deux dernières minutes. A partir de ces concentrations, il a été possible de calculer la quantité de gaz d'échappement des six postes de charge en g/h, en tenant compte des flux d'air d'aspiration et de carburant. Si l'on part de la somme des six résultats partiels calculés avec le facteur de pondération correspondant et qu'on la divise par la puissance mesurée en kW, également pondérée, on obtient les facteurs d'émission et de consommation de carburant en g/kWh pour tout le cycle de test. Pour les mesures standard de monoxyde de carbone (CO), d'hydrocarbure (HC) et d'oxyde d'azote (NOx), ce cycle a été suivi conformément à la norme. Les échantillons de gaz sortant du pot d'échappement ont été prélevés directement sans avoir été dilués, selon le processus habituel. En ce qui concerne les composés organiques volatiles (VOC, volatile organic compounds) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des prélèvements de gaz d'échappement ont été effectués au banc d'essai et transmis au LFEM qui les a analysés selon le procédé GC-MS (chromatographie gazeuse / spectroscopie de masse). Etant donné l'ampleur des analyses de VOC, seuls les deux points particulièrement importants pour la pratique ont été étudiés: 2800 min⁻¹/75% de charge et ralenti inférieur.

Description du banc d'essai

Pour les essais, nous avons utilisé une motofaucheuse utilisée dans la pratique agri-

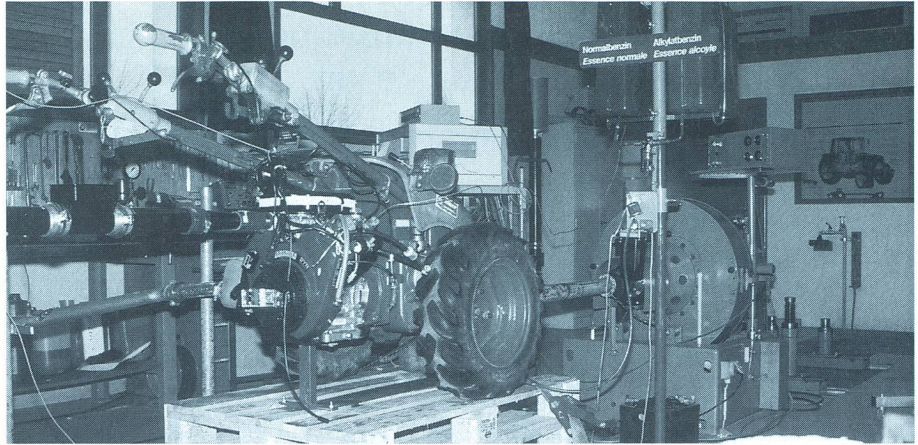


Fig. 4: Les mesures de puissance, de consommation et de gaz d'échappement ont été effectuées de manière stationnaire au banc d'essai.

cole et fabriquée par RAPID Dietikon, de type U 505 avec commande de roulement mécanique. Le vieux moteur a été remplacé par un nouveau modèle de Briggs & Stratton. La machine complète a ensuite été installée sur le banc d'essai. La puissance du moteur a été mesurée à la prise de force qui permet d'entraîner le système de coupe. La puissance a été relevée de la même manière pour les mesures de gaz d'échappement à l'exception du point de mesure, «ralenti inférieur». Pour éviter une augmentation des oscillations de l'arbre de transmission, l'entraînement de la prise de force a été mis hors service pour ce point de mesure. Le fabricant estime que les pertes de puissance dues à la rotation des pièces d'entraînement représentent environ 10% de la puissance du moteur. Un frein à courants parasites SCHENCK W400 a servi de banc d'essai pour mesurer la puissance. La consommation de carburant a été relevée en continu par enregistrement du flux. Quant à l'air

de combustion aspiré par le moteur, il a été enregistré grâce à la mesure des masses d'air. Les échantillons de gaz d'échappement ont été prélevés sur le flux non dilué de gaz d'échappement et analysés sur la conduite chauffée à 190 °C de l'installation de mesure Pierburg AMA 2000.

Problèmes particuliers

La tension requise par l'appareil de commande pour alimenter la sonde lambda et régler la soupape d'aération est fournie par le générateur à courant alternatif du moteur. La puissance de cette source de courant dépend largement du régime du moteur. La tension de service de 8 Volt minimum pour le système électronique de commande du catalyseur trois voies exige une augmentation du ralenti inférieur de 1500 à 1600 min⁻¹. La question de la surcharge au cas où les phares du véhicule sont allumés est encore ouverte.

Equipements du banc d'essai (fig. 5)

Mesure de la puissance:	frein à courants parasites SCHENCK, type W400
Consommation de carburant:	appareil de mesure de la consommation de carburant PIERBURG, type PLU 106
Masse d'air d'aspiration:	appareil de mesure des masses d'air Sensyflow SENSYCON (Hartmann et Braun)
Mesure des gaz d'échappement:	installation de mesure des gaz d'échappement PIERBURG, type AMA 2000
– Hydrocarbure (HC):	détecteur par ionisation de flammes (FID)
– Oxyde d'azote (NOx):	détecteur par chimioluminescence, chauffé (CLD)
– Monoxyde de carbone (CO):	procédé non dispersif d'absorption des infrarouges (NDIR)
Températures:	thermocouples pour la température de l'air d'aspiration, du carburant, de l'huile-moteur et des gaz d'échappement

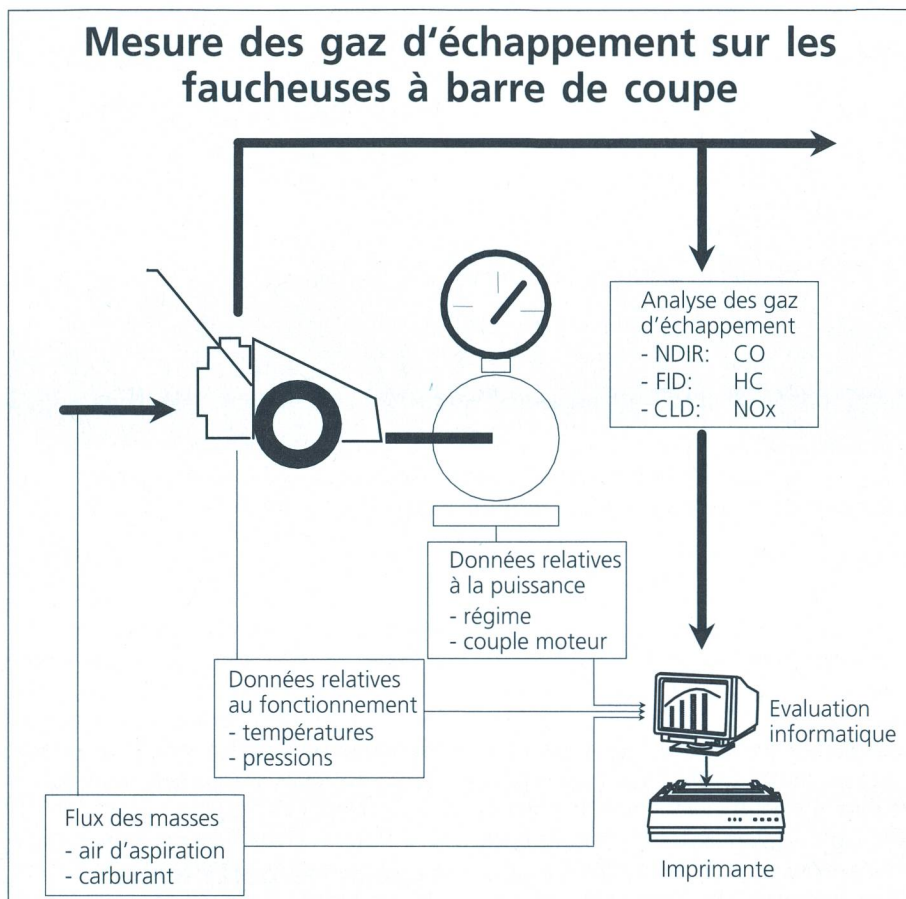


Fig. 5: Vue d'ensemble du test des gaz d'échappement émis par les motofaucheuses.

Mesures de réduction des gaz d'échappement

Trois possibilités ont été envisagées.

- Fonctionnement des moteurs avec un nouveau type d'essence comparé à l'essence normale.
- Utilisation d'un système de catalyseur trois voies optimisé
- Utilisation simultanée d'un système de catalyseur trois voies optimisé et de l'essence spéciale.

Avant de commencer les essais et en accord avec le fabricant du moteur, le gicleur principal du carburateur, n° 75, a été échangé contre un gicleur plus petit, n° 72, de façon à améliorer les paramètres du moteur. Aucune autre modification ne s'est avérée nécessaire.

Carburants testés

A) Essence sans plomb 95, rapport LFEM N° 171090/03

L'essence sans plomb 95 utilisée provenait de la station service de la FAT et peut être considérée comme l'essence habituellement disponible dans le commerce.

B) Essence spéciale (essence alkylat) ASPEN, rapport LFEM N° 175015/01

Essence pour appareils selon la norme suisse SN 181 163

Fournisseur: Electrolux AG, Industriestrasse 10, CH-5506 Mägenwil

Cette essence spéciale a été développée en Suède par l'entreprise ASPEN pour améliorer la situation des utilisateurs de scies à moteurs et d'autres engins manuels fonctionnant avec des moteurs à essence. Comme pour l'essence ordinaire, il s'agit d'un dérivé du pétrole, mais avec une structure chimique et des procédés de fabrication différents. Lors de l'alkylation, les

hydrocarbures sont réunis de telle manière qu'il est possible de les sélectionner très précisément grâce aux différentes températures d'ébullition. Le résultat obtenu est une essence qui présente de gros avantages concernant l'émission de certaines substances polluantes critiques. La teneur en benzol a par exemple été abaissée de 2,6% à moins de 0,1% et la teneur en aromates de 33% à moins de 0,2%. La teneur en oléfines est également nettement réduite. La nouvelle essence est un produit spécial dont la fabrication et la distribution en petites quantités augmentent les coûts, de sorte que le consommateur doit payer un prix élevé au litre, compris entre Fr. 3.20 et Fr. 3.50. En Suisse, la norme SN 181 163 «Directive de qualité pour l'essence pour appareils» s'applique à ce nouveau carburant depuis 1998.

Catalyseur

Epuration catalytique des gaz d'échappement

Scientifiquement, un «catalyseur» est une substance qui entraîne des réactions chimiques sans se modifier elle-même. Dans le domaine de la motorisation, le catalyseur a pour but de transformer les composants polluants contenus dans les gaz d'échappement en composants *non polluants* et donc de diminuer durablement les émissions de monoxyde de carbone (CO), d'hydrocarbures (HC) et d'oxydes d'azote (NOx). Le catalyseur est formé d'un corps métallique, cylindrique et alvéolaire. Les matériaux qui le constituent sont principalement du platine, du rhodium et du palladium. Le métal précieux est déposé en une fine couche sur toute la surface des multiples petits canaux parallèles, qui plus tard, seront traversés par les gaz d'échappement. Le principe de base de l'épuration des gaz d'échappement dans le catalyseur trois voies est le suivant:

Analyse des carburants utilisés

		Essence sans plomb 95	Essence spéciale (ASPEN)
Densité	[kg/m ³]	754	694
Indice d'octane (ROZ)		95,8	94,8
Teneur C/H		87 / 13	84 / 16
Taux de plomb	[mg/l]	< 2	< 2
Teneur en soufre	[m-%]	0,017	< 0,001
Benzol	[Vol.-%]	3,7	< 0,1
Aromates	[Vol.-%]	32,5 *	0,2
Oléfines	[Vol.-%]	7,5 *	< 0,1

* Moyenne des essences sans plomb 95 commercialisées et testées en 98 au LFEM.

le flux des gaz d'échappement est dirigé vers les canaux recouverts de métal précieux dans lesquels se produisent différentes réactions chimiques en fonction du type de revêtement métallique. Suite à ces réactions, oxydation pour le monoxyde de carbone (CO) et les hydrocarbures (HC), réduction pour l'oxyde d'azote (NOx), les polluants se transforment alors en composants non nocifs tels que le dioxyde de carbone (CO₂), l'eau (H₂O) et l'azote élémentaire (N₂). Suivant la température des gaz d'échappement et le régime du moteur, cette méthode permet de transformer jusqu'à 90% et plus des trois polluants. Pour que le système fonctionne, il faut toutefois que la température des gaz d'échappement atteigne environ 250 °C et plus et que les gaz d'échappement contiennent suffisamment d'oxygène pour que la réaction chimique se produise. Afin que le catalyseur soit efficace, le mélange air-carburant doit contenir la même quantité d'oxygène que la quantité nécessaire pour la combustion complète du carburant, soit $\lambda = 1$ (rapport stoechiométrique).

Système de catalyseur trois voies régulé de HJS

Le système de catalyseur trois voies développé par l'entreprise HJS avec régulation

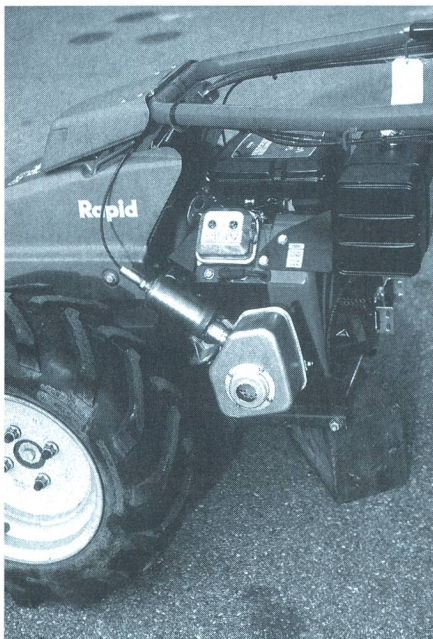


Fig. 7: Le catalyseur avec sonde lambda intégrée est placé avant le silencieux monté en série. Les gaz d'échappement doivent passer si possible directement dans le catalyseur sans avoir été refroidis au préalable.

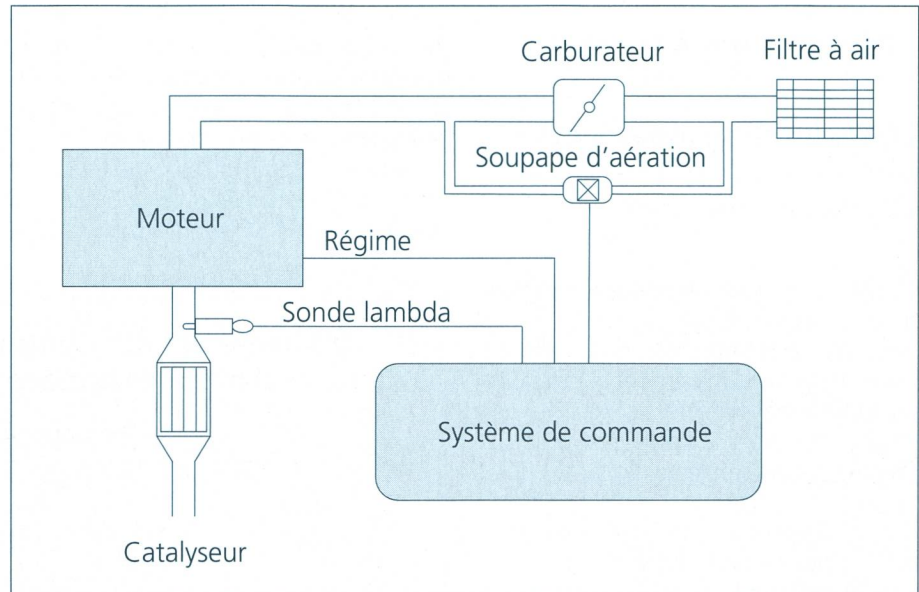


Fig. 6: Système de catalyseur trois voies à régulation lambda pour les moteurs à essence avec préparation du mélange dans le carburateur.

lambda convient parfaitement pour les petits moteurs essence quatre temps avec préparation du mélange dans le carburateur (fig. 6). La sonde lambda mesure en permanence le taux d'oxygène dans les gaz d'échappement à la sortie du moteur. Elle est reliée à un système digital et automatique de régulation (appareil de commande), qui actionne la soupape d'aération et envoie suffisamment d'air dans le mélange (à lubrifier), sous le carburateur, de manière à obtenir l'équation $\lambda = 1$. C'est en effet avec un mélange de ce type que le catalyseur atteint son efficacité maximale.

Le système de catalyseur a été livré par l'entreprise HJS Fahrzeugtechnik GmbH & Co, D-58706 Menden.

Le kit de transformation comprend un catalyseur, une sonde lambda, une soupape d'aération, un système de commande électronique et des éléments de raccordement. Son coût est d'environ Fr. 400.- (sans montage).

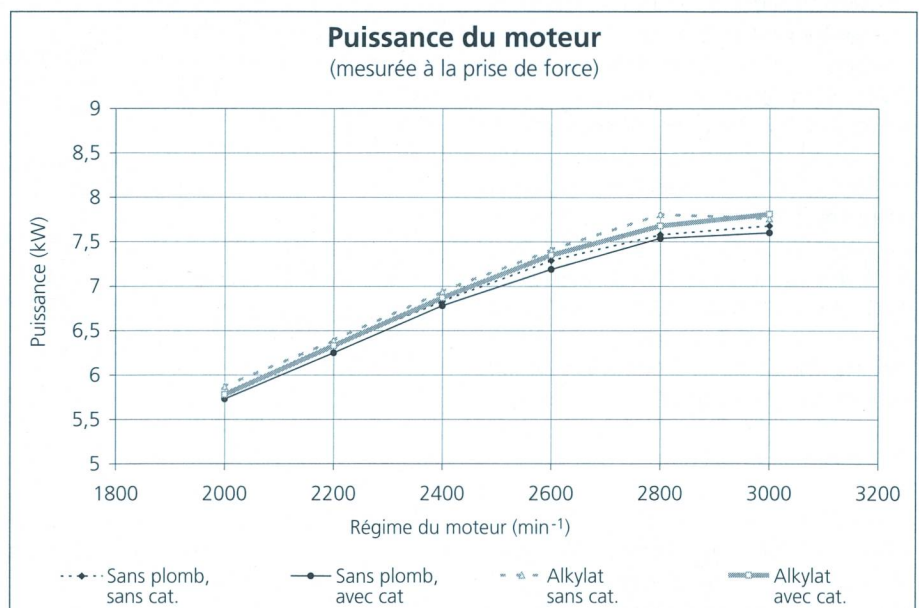


Fig. 8: Les différentes mesures prises pour améliorer les gaz d'échappement influencent peu la puissance du moteur.

Résultats des mesures

Effets du changement de carburant et du traitement des gaz d'échappement

Puissance du moteur (courbe caractéristique à pleine charge)

Ni les différents carburants, ni l'installation d'un catalyseur n'influencent la puissance du moteur de manière significative. Les courbes mesurées à pleine charge se superposent sans problème (fig. 8).

Gaz d'échappement CO, HC, NOx émis par le moteur en phases de charge

Le comportement des gaz d'échappement d'un moteur à combustion, leur quantité et leur composition dépendent d'une part du carburant utilisé, mais d'autre part du régime et de la charge du moteur. Enfin, la composition et la température des gaz d'échappement influencent largement le taux de réaction et donc l'efficacité du catalyseur. La figure 9 montre l'influence du carburant et du catalyseur sur le comportement des gaz d'échappement aux six points de charge prévus par le cycle de test ISO 8178-G1.

Le changement de carburant n'a aucune influence sur les gaz d'échappement CO et HC non traités. Les courbes se superposent (essence sans plomb, sans catalyseur et essence spéciale, sans catalyseur). Le fait que les HC doublent avec l'essence sans plomb 95 et passent de 18 g/h avec l'essence spéciale à 38 g/h au point de charge six montre uniquement l'échelle de variation dans ce secteur très instable du ralenti. L'efficacité du catalyseur sur les polluants CO et HC aux points de charge deux à six, qui sont particulièrement importants pour la pratique, est tout à fait satisfaisante avec des taux de réaction compris entre 92% et plus de 99%. Au point de charge un (charge totale), les taux de réaction du catalyseur sont un peu moins élevés pour le CO comme pour les HC, avec environ 65%. Cette situation est due au système d'aération by pass, qui ne permet pas de régler le mélange air-carburant exactement à $\lambda = 1$.

En ce qui concerne l'oxyde d'azote, le passage de l'essence sans plomb 95 à l'essence spéciale permet de réduire les émissions d'environ un tiers indépendamment de la charge du moteur. L'installation d'un catalyseur donne des résultats mitigés. La ré-

duction du mélange air-carburant liée à la régulation lambda et l'augmentation des températures de combustion d'environ 50 à 70 °C font grimper les émissions de NOx aux points de charge deux à six. Or, ces émissions ne peuvent être réduites qu'en partie par le catalyseur, ce qui veut dire que le taux de NOx est relativement plus

mauvais avec le catalyseur que sans. Les choses sont différentes en ce qui concerne le point de charge un (charge totale). Le système d'aération by pass ne peut réduire suffisamment le mélange air-carburant, les valeurs de NOx augmentent donc dans des proportions plus faibles. Comme l'effet réducteur du catalyseur s'accroît enco-

Influence des différents régimes du moteur sur le comportement des gaz d'échappement

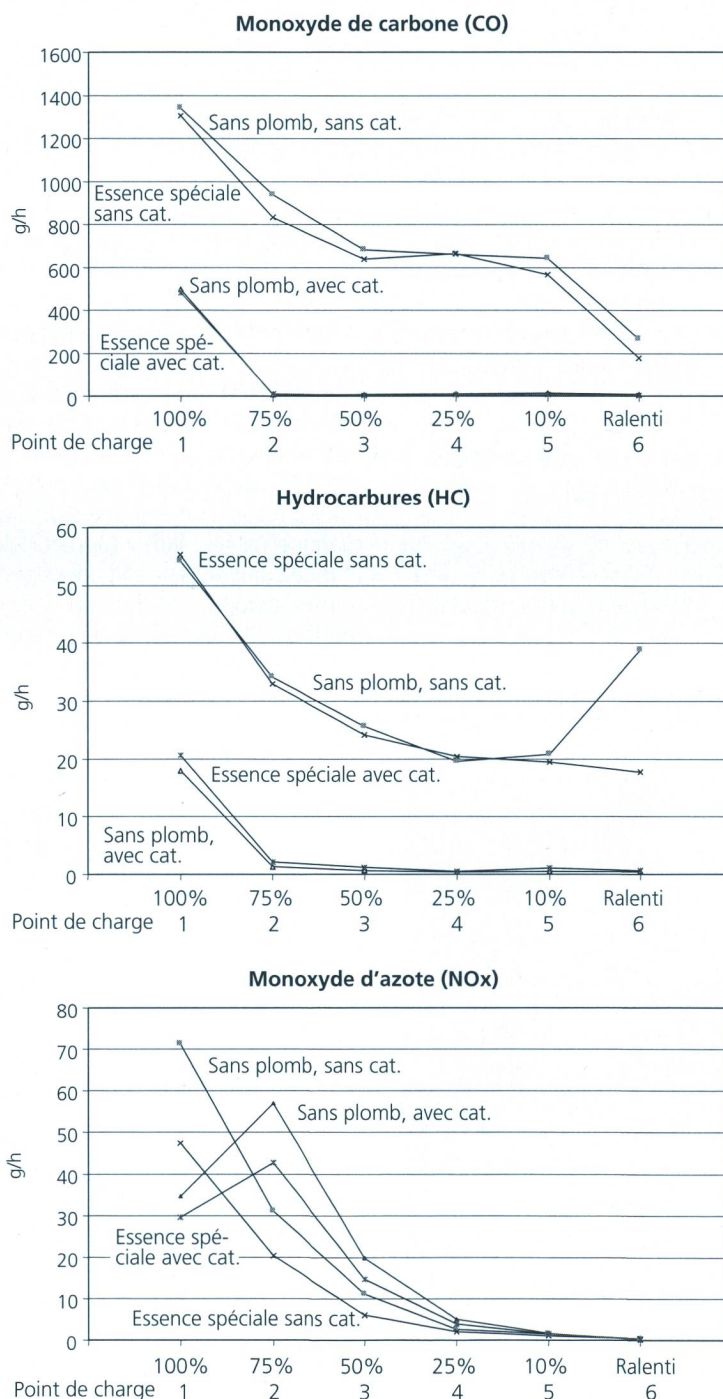
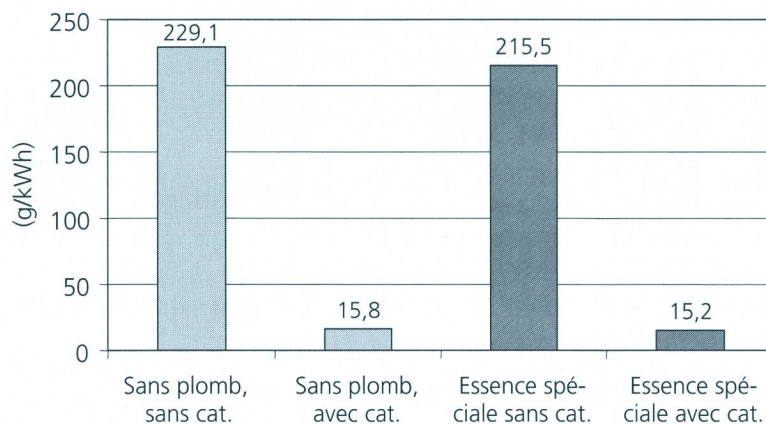


Fig. 9: L'efficacité des différentes mesures prises pour diminuer les gaz d'échappement dépend également largement du régime du moteur.

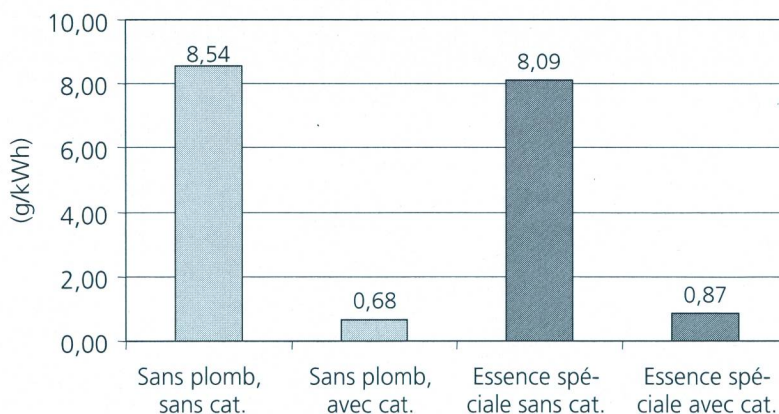
re lorsque le mélange est gras, c'est-à-dire lorsque l'oxygène fait défaut, on obtient finalement une réduction du taux de NOx.

Gaz d'échappement dans le cycle de mesures ISO 8178-G1

Monoxyde de carbone (CO)



Hydrocarbures (HC)



Monoxyde d'azote (NOx)

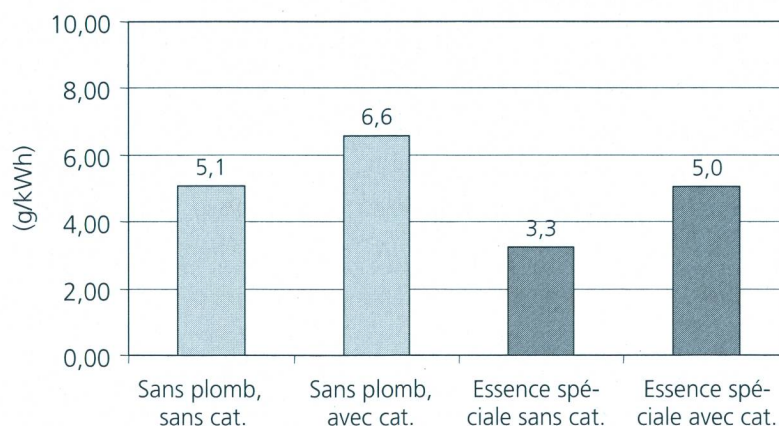


Fig. 10: Influence du type d'essence et du catalyseur trois voies à régulation lambda sur les facteurs d'émission dans le cycle de test ISO 8178-G1.

Gaz d'échappement et consommation de carburant dans le cycle de mesure ISO 8178-G1

Gaz d'échappement CO, HC, NOx dans le cycle de mesure ISO 8178-G1

Les valeurs pondérées des gaz d'échappement, mesurées et calculées selon la norme ISO 8178-G1 ont donné les résultats suivants (fig. 10):

Monoxyde de carbone (CO)

Le passage de l'essence sans plomb 95 à l'essence spéciale (sans catalyseur) a permis de réduire légèrement les polluants CO, de 229,1 à 215,5 g/kWh, soit de 6%. En revanche, l'installation d'un catalyseur a permis de les ramener à 15,8 g/kWh, soit une baisse de 90%. L'essence spéciale associée à l'utilisation d'un catalyseur a permis de faire chuter les émissions de CO à 15,2 g/kWh, soit une baisse de 93%.

Hydrocarbures (HC)

Le passage de l'essence sans plomb 95 à l'essence spéciale (sans catalyseur) n'a permis d'atteindre qu'une baisse de 5% des HC, soit une baisse de 8,45 g/kWh à 8,09 g/kWh. Avec le catalyseur, en revanche, les HC ont baissé de près de 90% pour atteindre 0,68 g/kWh. Quant à l'association du catalyseur et de l'essence spéciale, elle a permis d'obtenir un résultat tout aussi satisfaisant, soit 0,87 g/kWh.

Oxyde d'azote (NOx)

Le passage de l'essence sans plomb 95 à l'essence spéciale a permis de réduire les émissions de NOx de 5,1 à 3,3 g/kWh, soit une réduction de 33%. L'installation d'un catalyseur (régulation lambda) a par contre fait grimper les valeurs NOx de 29% pour l'essence sans plomb 95 et de 51% pour l'essence spéciale. Il faut cependant signaler que même les valeurs plus élevées de 6,6 g/kWh pour l'essence sans plomb 95 et de 5,0 g/kWh pour l'essence spéciale sont des valeurs satisfaisantes comparées à celles des moteurs de tracteurs par exemple, et peuvent être acceptées telles quelles. L'augmentation des valeurs de NOx est en corrélation directe avec la réduction du mélange air-carburant, qui d'un autre côté entraîne la baisse sensible et attendue des émissions de CO et de HC.

Consommation spécifique de carburant

Nous avons comparé la consommation de carburant à l'aide du facteur dit de consommation. Il est basé sur la consommation spécifique de carburant mesurée et

évaluée selon le test en six phases décrit dans la norme ISO 8178-G1 (fig. 11). Le facteur de consommation de l'essence spéciale est 1,5% inférieur à celui de l'essence sans plomb 95, soit 441 g/kWh contre 448 g/kWh. En revanche, l'installation d'un catalyseur, étant donné l'efficacité de la régulation lambda sur la préparation du mélange, permet de réduire la consommation de 10,5% en ce qui concerne l'essence sans plomb 95 et de 11,1% en ce qui concerne l'essence spéciale.

Etude complémentaire réalisée par le LFEM

Pour les deux régimes intéressants du point de vue de la pratique, soit le régime intermédiaire à 2800 min⁻¹ pour une charge de 75% et le ralenti inférieur, le LFEM a effectué une analyse spéciale sur les composants organiques volatiles (VOC) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Le tableau 1 indique quelques-unes des valeurs mesurées à 2800 min⁻¹ pour une charge de 75%.

Composants organiques volatiles (VOC)
Comme on pouvait s'y attendre, l'utilisation de la nouvelle essence spéciale permet de réduire considérablement l'émission des aromates, tels que le benzol, le toluol et le xylol. La réduction est de l'ordre de plus de 96%. Avec l'essence normale, le catalyseur permet d'obtenir des résultats similaires. Lorsque l'essence spéciale est associée à l'utilisation d'un catalyseur, ces composants extrêmement toxiques et cancérogènes sont réduits à l'état de traces et deviennent parfois même impossibles à détecter. Les valeurs de la formaldéhyde et de l'acétaldéhyde augmentent certes en liaison avec l'utilisation de l'essence spéciale, mais peuvent être ramenées aisément au niveau qu'elles affichaient avec l'essence normale, grâce à l'utilisation d'un catalyseur.

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
La réduction des HAP cancérogènes à moins de 10% de leur valeur initiale montre l'efficacité remarquable du catalyseur. L'utilisation d'essence spéciale ramène également les HAP à moins de 30% des valeurs qu'ils affichaient avec l'essence normale.

Le tableau 2 présente quelques-unes des valeurs VOC mesurées au ralenti.

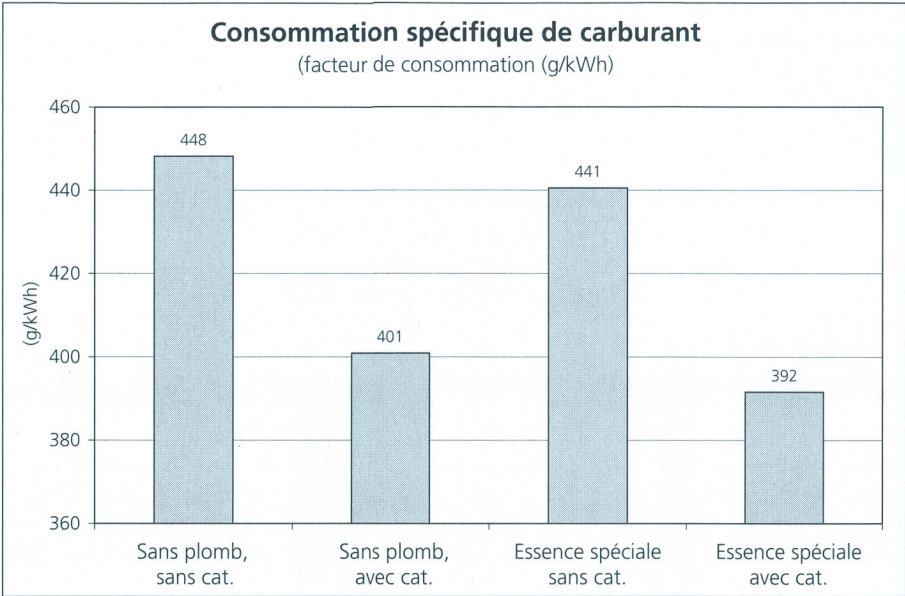


Fig. 11: La consommation spécifique de carburant chute principalement en raison de la régulation lambda du catalyseur.

Tab. 1: Analyse VOC et HAP pour une charge partielle de 75%

VOC mg/h	Essence normale sans plomb 95 sans catalyseur	Essence normale sans plomb 95 avec catalyseur	Essence spéciale (alkylat) sans catalyseur	Essence spéciale (alkylat) avec catalyseur
Formaldéhyde	382	19,9	773	8,1
Acétaldéhyde	63	5,2	134	8,9
1,3-Butadiène	14	0,26	23,7	0,44
n-Hexane	36	1,51	4,5	0,18
Benzol	186	4,7	7,2	0,53
Toluol	379	5,8	4,4	0,27
Etylbenzol	56	1,1	impossible à mesurer	impossible à mesurer
Xylol	321	5,8	impossible à mesurer	impossible à mesurer
HAP µg/h				
Substances cancérogènes (EPA)	194	12	57	19

Tab. 2: Analyse VOC au ralenti

VOC mg/h	Essence normale sans plomb 95 sans catalyseur	Essence normale sans plomb 95 avec catalyseur	Essence spéciale (alkylat) sans catalyseur	Essence spéciale (alkylat) avec catalyseur
Formaldéhyde	221	1,38	241	1,06
Acétaldéhyde	30	0,44	34	0,08
1,3-Butadiène	12	impossible à mesurer	9,9	0,01
n-Hexane	76	1,28	2,8	0,02
Benzol	246	0,27	4,5	impossible à mesurer
Toluol	515	0,34	2,8	impossible à mesurer
Etylbenzol	91	0,07	impossible à mesurer	impossible à mesurer
Xylol	508	0,43	impossible à mesurer	impossible à mesurer

Les résultats obtenus au ralenti sont également impressionnants. L'utilisation d'essence spéciale réduit les émissions de benzol, toluol et xylol de plus de 98% par rapport à leurs valeurs initiales. Le catalyseur permet également d'obtenir des résultats similaires. L'essence spéciale associée au catalyseur réduit ces composants toxiques à tel point, qu'il devient même impossible de les détecter. Avec l'essence spéciale, les valeurs de la formaldéhyde et de l'acétaldéhyde sont comparables à celles relevées avec l'essence normale. En combinant le premier carburant avec le catalyseur, ces valeurs peuvent être réduites à plus de 99% pour ne plus apparaître que sous forme de traces.

Résumé et perspectives

Dans le cadre du présent essai, nous avons étudié l'effet des mesures actuellement disponibles sur le marché pour réduire les gaz d'échappement sur un moteur essence quatre temps de 10 kW de la marque BRIGGS & STRATTON, type OHV. L'emploi d'un catalyseur trois voies à régulation lambda de HJS a permis de réduire de 92% les émissions d'hydrocarbures non brûlés (HC) et de 94% celles des monoxydes de carbone (CO). Ces mesures ont été effectuées au cours du cycle de contrôle ISO 8178-G1. Pour certains points de charge partielle, il a même été possible de réduire les émissions de 99%. Parallèlement, la consommation de carbu-

rant a diminué de 10% grâce à la régulation lambda. L'utilisation du catalyseur n'a eu aucune influence sur les performances du moteur. L'utilisation de l'essence spéciale (essence alkylat) a permis notamment de réduire les hydrocarbures aromatiques, comme le benzol qui est descendu en dessous de 2%. Lorsqu'en plus le catalyseur installé a posteriori était activé, il n'était même plus possible d'enregistrer d'émissions de ce type. Un essai de terrain dans une exploitation communale pendant 110 heures a confirmé l'efficacité du catalyseur, indépendamment du carburant utilisé.

Sur le plan financier, l'utilisation de l'essence spéciale (prix de Fr. 3.20 à Fr. 3.50 le litre) a entraîné des coûts supplémentaires d'au moins Fr. 2.- par litre, soit environ Fr. 300.- par an pour une consommation horaire de 1,5 litres d'essence et 100 heures de fonctionnement. L'installation d'un catalyseur HJS revient environ à Fr. 400.-. Si l'on considère un paiement des intérêts et un amortissement sur douze ans, les coûts supplémentaires annuels sont de l'ordre de Fr. 45.-. Parallèlement la consommation d'essence diminue de 10%, ce qui se traduit par une diminution des dépenses annuelles d'environ Fr. 18.- pour 100 heures de fonctionnement avec l'essence normale. Les coûts annuels supplémentaires liés à l'installation du catalyseur se montent donc environ à Fr. 27.-.

Bien que la motofaucheuse agricole soit largement représentée en Suisse (82 000 unités) et qu'elle pollue considérablement l'atmosphère par les gaz d'échappement

qu'elle émet, sa participation à la pollution totale de l'air par les gaz d'échappement reste très faible en Suisse. La consommation d'essence des motofaucheuses représente environ 0,25% de la consommation totale destinée à la circulation en Suisse. Comme l'utilisateur de la machine se trouve toutefois à proximité du pot d'échappement et qu'il est très pénible pour lui de commander la machine, notamment dans les terrains en pente, les gaz d'échappement devraient être réduits pour des raisons de santé. D'autant plus que, comme l'ont montré les essais, le catalyseur HJS constitue un moyen extrêmement efficace et peu onéreux pour réduire les gaz d'échappement. Pour les machines neuves (les coûts supplémentaires sont de l'ordre de 3 à 4% du prix total), il est recommandé de ne plus renoncer à cet apport de confort. Il est primordial pour des raisons de santé et permet également de réduire de 10% la consommation de carburant. Les avantages de l'essence spéciale sont liés principalement aux émissions nocives pour la santé. Les principales émissions cancérigènes peuvent être considérablement réduites, d'autres effets importants pour la santé sont également envisageables. Ces avantages compensent-ils le coût supplémentaire considérable? Chaque utilisateur doit en décider lui-même. Cela dépend d'ailleurs beaucoup des conditions d'emploi de la machine, ainsi que de la relation entre le coût du carburant et les autres coûts. Reste à espérer que comme dans le domaine des petits moteurs deux temps (scies à moteur), l'utilisation accrue d'essence spéciale fera baisser son prix.

Les «Rapports FAT» paraissent environ 20 fois par an. Abonnement annuel: Fr. 50.-. Commandes d'abonnements et de numéros particuliers: FAT, CH-8356 Tänikon. Tél. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90.

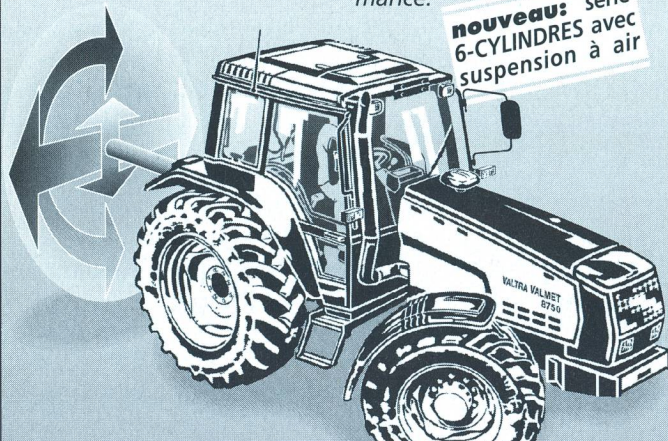
E-Mail: info@fat.admin.ch – Internet: <http://www.admin.ch/sar/fat>

Les Rapports FAT sont également disponibles en allemand (FAT-Berichte).– ISSN 1018-502X.

Double puissance...

- ... exclusivité
SIGMA POWER
160 CV à la traction
200 CV à la pdf.
- ... rapport poids-puissance
très favorable.
- ... plus de confort avec
HiTech et HiShift.
- ... plus de perfor-
mance.

nouveau: série
6-CYLINDRES avec
suspension à air



Dynamique avec des idées nouvelles et futuristes !

**VALTRA
VALMET**

Valtra Tracteurs SA
CH-8460 Marthalen
Tél. 052 / 319 17 68
Fax 052 / 319 33 63
www.valtra.com

RB GRATIK 8222 BEBINGEN

ATTRIBUT

ANJOU 258

Nouveau: le top européen aussi en Suisse.

Tél. 024 441 56 56

OH

GVS - vous offre le sommet

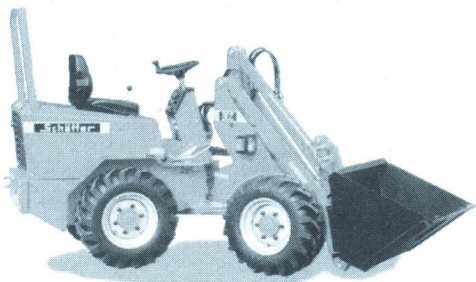
Les manutentionnaires.

**Schäffer
Lader**

Chargeurs

- de manutention
- télescopiques

Téchnique supérieure en forme
plus compacts.



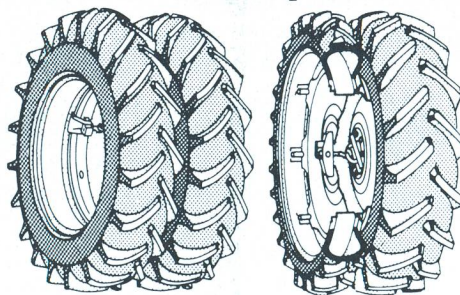
ETRAMA SA

1037 Etagnières, Tél. 021 731 34 95, Fax 021 731 10 43

Votre partenaire pour le machinisme agricole, forestier et communal
Internet: <http://www.gvs.ch> • e-mail: landmaschinen@gvs.ch

72.98

Monter les roues doubles simplement



- Grâce à notre gamme de modèles, toujours la bonne solution pour votre véhicule
- Système patenté de montage par un seul homme
- Occasion unique d'adaptation à bon compte à vos roues standard et vos roues étroites
- Sécurité maximum grâce à des verrouillages de haute qualité
- Par l'achat de pneus en gros, jeu complet de roues à prix avantageux

Demandez sans engagement
plus de renseignements.

NOUVEAU
AW-Quick
convient pour
chaque situation



Frères Schaad SA
Fabrique de roues
4553 Subingen
Tél. 032 613 33 33
Fax 032 613 33 35
www.schaad.ch