

Fiche Technique N° FT-68

juillet 1983

Utilisation dans les débusqueurs de moteurs diesel Deutz refroidis par air

E. Heidersdorf

This Technical Note is available in English

AVANT-PROPOS

Le présent rapport décrit les résultats d'une étude de longue durée portant sur un échantillon de moteurs GM 3-53 et Deutz 912, montés sur des débusqueurs (débardeurs à câble) traditionnels. L'étude fut effectuée à la demande de l'industrie qui désirait obtenir des renseignements comparant l'utilisation en exploitation forestière de moteurs refroidis par eau et par air. Le lecteur ne doit pas oublier que les résultats obtenus se rapportent aux machines et aux opérations étudiées et ne sauraient s'appliquer en d'autres cas qu'avec prudence.

Pour plus de brièveté, nous avons omis des détails relatifs aux méthodes de travail et à l'analyse ainsi que certains résultats ne présentant qu'un intérêt restreint. De plus amples détails peuvent être fournis sur demande.

Toutes les données quantitatives du rapport sont présentées dans le Système international d'unités (SI). On trouvera à l'annexe A une table de conversion au système anglais.

Nous désirons exprimer notre reconnaissance aux membres du personnel de Bowater Newfoundland Limited, de Corner Brook, Terre-Neuve, ainsi que des Industries James MacLaren Inc., de Buckingham, Québec, pour leur aide et leur collaboration tout au long de cette étude.

E. Heidersdorf est diplômé en génie forestier de l'Université du Nouveau-Brunswick.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
AVANT-PROPOS	i
SOMMAIRE	ii
INTRODUCTION	1
MOTEURS	2
CONDITIONS DE TRAVAIL	3
Bowater Newfoundland Ltd	3
Les Industries James Maclaren Inc.	4
RÉSULTATS ET DISCUSSION	5
Consommation en carburant	5
Fiabilité mécanique	6
Intensités sonores	8
COÛTS	9
CONCLUSIONS	10
ANNEXE A - TABLE DE CONVERSION	12

SOMMAIRE

La présente étude a pour objectif d'évaluer la possibilité d'utiliser dans des débusqueurs des moteurs Deutz refroidis par air. À cette fin, on a comparé un échantillon de moteurs Deutz 912 à 5 et à 6 cylindres au moteur GM 3-53 refroidi par eau, à aspiration normale (le moteur le plus courant dans les débusqueurs), aux points de vue de la consommation en carburant, de la fiabilité mécanique et des niveaux sonores.

Au total, on a évalué la performance de huit moteurs, sur deux exploitations différentes. Les moteurs ont été comparés, par poste de travail, au cours de débusquage traditionnel sur le territoire de coupe de Bowater Newfoundland Limited dans la partie nord-centre de Terre-Neuve en 1981, et sur celui des Industries James Maclaren Inc. dans le sud-ouest du Québec en 1981 et 1982. À chaque endroit, un effort fut fait en vue de maintenir aussi constantes que possible les variables se rapportant à la machine et aux conditions de travail, dans le but de permettre la comparaison entre les types de moteurs.

Au point de vue de la consommation en carburant, les résultats ne sont pas concluants à cause de la taille limitée de l'échantillon, mais on constate clairement une tendance vers une consommation réduite avec les moteurs Deutz. À Bowater Newfoundland Limited, la consommation en carburant des deux moteurs Deutz F5L 912 étudiés était de 20% plus faible sur une base horaire et de 29% plus faible par volume de production que celle des deux 3-53. Les quatre moteurs étaient montés sur des débusqueurs (débardeurs à câble) Tree Farmer C5D. Toutefois une partie de la différence dans le carburant consommé provenait sans doute du fait que les Tree Farmer équipés de moteurs 3-53 avaient des servo-transmissions et ont peut-être travaillé dans des conditions de terrain légèrement plus humides. Chez Maclaren, deux débusqueurs Clark 664B équipés de moteurs Deutz F6L 912 avaient une consommation plus faible de 17% sur une base horaire et de 8% pour le même volume de production que les deux débusqueurs équipés de 3-53.

Le Deutz 912 faisait preuve d'une bonne performance mécanique, soit une disponibilité de 99% et plus. En outre, les moteurs 912 ne sont pas affligés de la courte période de vie avant révision, parfois associée avec les GM 3-53. La compagnie Detroit Diesel Allison travaille actuellement à un nouveau design de sa série 53 afin de remédier à ce problème.

Les intensités sonores sont comparables pour tous les moteurs. Compte tenu des intensités élevées enregistrées, on devrait accorder plus d'attention à cet élément, afin d'améliorer la sécurité et le confort de l'opérateur.

Dans l'ensemble, les résultats de l'étude montrent que les moteurs diesel refroidis par air Deutz F5L 912 et F6L 912 constituent une alternative viable comme source de puissance lors du débusquage.

INTRODUCTION

Le choix d'une source de puissance adéquate est de première importance lorsqu'il s'agit d'une pièce d'équipement mécanique. Il n'est cependant pas toujours facile de choisir, parmi toutes les possibilités, le moteur le plus approprié en fonction des exigences d'une tâche précise.

Jusqu'à très récemment, la plupart des moteurs employés dans les exploitations forestières canadiennes étaient refroidis par liquide. Cependant, la réduction de la consommation en carburant et la grande fiabilité du moteur que font miroiter les fabricants et les utilisateurs de moteurs refroidis par air ont suscité un intérêt croissant pour l'utilisation de ces derniers dans l'équipement forestier. Face à un besoin toujours plus grand de moteurs fiables, consommant peu d'énergie, l'industrie a demandé à FERIC de faire des recherches à ce sujet, et particulièrement de comparer les moteurs refroidis par air et par eau, pour ce qui est de leur consommation en carburant, de leur fiabilité et des niveaux sonores qu'ils développent.

À cette fin, FERIC a entrepris en 1981 un programme conçu en vue d'étudier la performance d'un échantillon de certains moteurs diesel refroidis par air et par eau et montés sur des débusqueurs (débardeurs à câble) traditionnels. Le débusqueur a été choisi comme machine de base à cause de sa fréquence et de son importance, et parce qu'il offrait un bon échantillon de machines équipées de moteurs refroidis à l'air (figure 1).



Figure 1. Parc important de débusqueurs traditionnels.

Les moteurs spécifiques choisis pour l'étude étaient le GM 3-53 refroidi par eau et le Deutz FL 912 refroidi par air, respectivement les moteurs de débusqueurs les plus courants, chacun dans sa catégorie. Le lecteur ne doit pas oublier que les résultats de ce rapport se rapportent aux moteurs étudiés et ne reflètent pas nécessairement la performance d'un moteur de marque ou de modèle différent.

MOTEURS

Le GM 3-53 refroidi par eau est un moteur diesel à deux temps, à aspiration normale, fabriqué par Detroit Diesel Allison, une division de General Motors of Canada Limited. C'est le moteur de débusqueur le plus généralement employé dans les exploitations forestières canadiennes.

Le Deutz FL 912, refroidi à l'air, à aspiration normale, est fabriqué par Klöckner-Humboldt-Deutz AG de Köln, Allemagne de l'Ouest et distribué au Canada par KHD Canada Inc. Il a été utilisé sur des débusqueurs au Canada depuis 1974. L'étude a porté sur deux versions de ce moteur, soit à cinq et à six cylindres.

On trouvera au tableau 1 une description des engins étudiés. Une liste plus complète des caractéristiques techniques peut être obtenue des fabricants sur demande.

Tableau 1: Caractéristiques techniques des moteurs étudiés

ÉLÉMENT	REFROIDI PAR EAU	REFROIDI PAR AIR	
modèle du moteur	GM 3-53	Deutz F5L 912	Deutz F6L 912
nombre de cylindres	3	5	6
alésage et course, mm	98 x 114	100 x 120	100 x 120
cylindrée, L	2.6	4.7	5.7
rapport volumétrique	21:1	17:1	17:1
puissance nominale brute @ 2 800 TPM, kW	73	74	88
couple-moteur, N.m	278 @ 1 800 TPM	288 @ 1 600 TPM	345 @ 1 600 TPM
longueur, mm	838	945	1 073
largeur, mm	686	659	663
hauteur, mm	889	838	813
poids net, kg	438	380	410

CONDITIONS DE TRAVAIL

On a évalué au total la performance de huit moteurs sur deux exploitations forestières. La difficulté de trouver une population adéquate de moteurs des deux types travaillant dans des conditions comparables et sur des machines semblables a limité la taille de l'échantillon.

Bowater Newfoundland Ltd

En 1981, FERIC a observé deux moteurs GM 3-53 et deux moteurs Deutz F5L 912, tous montés sur des débusqueurs Tree Farmer C5D fabriqués par Hawker Siddeley Canada Ltd. Les machines travaillaient sur les concessions de Bowater Newfoundland Limited situées dans la péninsule de Baie Verte, dans la partie nord-centre de Terre-Neuve. Il s'agissait d'un camp forestier, où l'on travaillait à raison d'un seul poste par jour (9 heures), cinq jours par semaine.

Sur le territoire de coupe, le terrain était passablement accidenté avec quelques boulders, et des pentes allant parfois jusqu'à 35% (Classification*: 1.3.2.). Il était parsemé de quelques poches humides, qui se retrouvaient de façon un peu plus générale dans le secteur où travaillaient les débusqueurs équipés de moteurs GM.

Les charges de troncs entiers résineux étaient en moyenne de 2.1 m³, chaque débusqueur tirant 17 colliers étrangleurs. Les opérateurs étaient payés selon un taux horaire auquel s'ajoutait une prime de rendement. On trouvera au tableau 2 des renseignements supplémentaires sur les débusqueurs étudiés.

Tableau 2. Bowater (Nfld.) Ltd: caractéristiques des débusqueurs

ÉLÉMENT	REFROIDI PAR EAU	REFROIDI PAR AIR
modèle du moteur	GM 3-53	Deutz F5L 912
nombre de machines étudiées	2	2
type de débusqueur	Tree Farmer C5D	
transmission	Clark servo- transmission	Clark manuelle à 5 vitesses
dimensions des pneus	18.4 x 34	18.4 x 34
âge moyen des moteurs au début de l'étude	4 mois	13 mois
période d'étude	juil.-nov. 1981	juil.-août 1981

* Classification du terrain basée sur le travail suivant:

Mellgren, P.G. 1980. Classification du terrain pour la foresterie du Canada. L'Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, Montréal, Québec. W.S.I. 2840F. 13 p.

Les Industries James Maclaren Inc.

Ici, FERIC a évalué la performance de deux moteurs GM 3-53 et de deux moteurs Deutz F6L 912 en 1981 et en 1982. Tous les moteurs étaient montés sur des débusqueurs Clark 664B, un prédécesseur de la série 664D produite au Canada par Clark Equipment of Canada Ltd (figure 2).

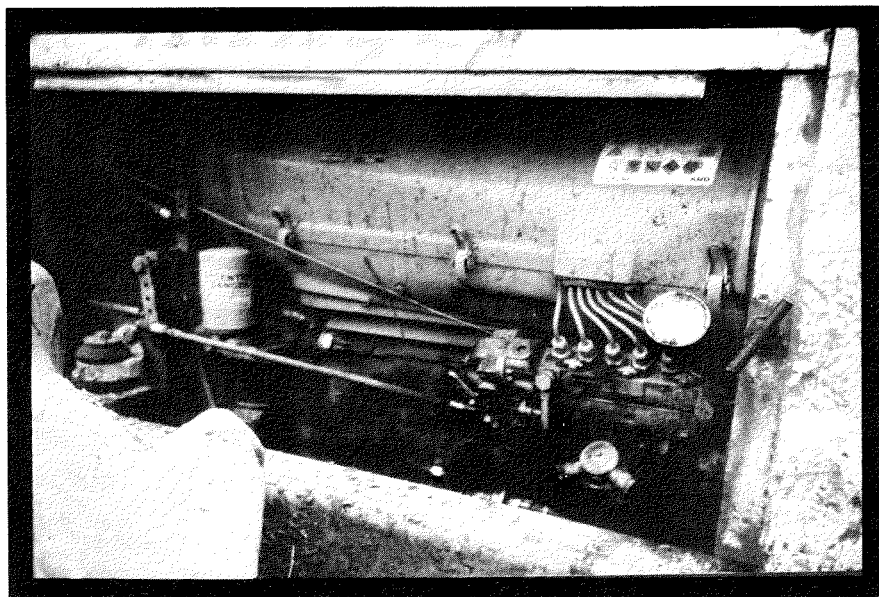


Figure 2. Moteur Deutz F6L 912 monté sur un débusqueur Clark 664B.

Les machines étudiées étaient situées dans la parc Papineau-Labelle sur le territoire de coupe des Industries James Maclaren dans le sud-ouest du Québec. Les ouvriers voyageaient matin et soir et travaillaient à raison d'un poste de 8 heures par jour, cinq jours par semaine.

Le terrain, dans le parterre de coupe, était accidenté avec de fréquents affleurements rocheux (Classification 1.3.3.). Il s'agissait d'une exploitation intégrée de résineux et de feuillus (80%) dans laquelle on débusquait des troncs entiers de fort diamètre (2 arbres/m³). Le volume de la charge était en moyenne de 2.8 m³ pour les débusqueurs équipés de moteurs Deutz et un peu moins pour ceux équipés de moteurs GM.

Les opérateurs travaillaient à la pièce. Le tableau 3 offre une description additionnelle des débusqueurs étudiés.

Tableau 3. Industries James Maclaren Inc.: caractéristiques des débusqueurs

ÉLÉMENT	REFROIDI PAR EAU	REFROIDI PAR AIR
modèle du moteur	GM 3-53	Deutz F6L 912
nombre de machines étudiées	2	2
type de débusqueur	Clark 664B	
transmission	Clark servo- transmission	Clark servo- transmission
dimensions des pneus	24.5 x 32	24.5 x 32
âge moyen des moteurs au début de l'étude	415 h	450 h
période d'étude	août-déc. 1981 août-nov. 1982	août-déc. 1981 août-nov. 1982

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Au cours des périodes d'étude mentionnées, FERIC a observé par poste de travail l'échantillon décrit ci-dessus de moteurs refroidis par eau et par air. La cueillette des données sur le terrain fut effectuée par le personnel de chaque compagnie, selon une méthode uniforme mise au point par FERIC. Pour chaque machine, les formulaires de rapport journalier (donnant en détails la productivité du débusqueur, la consommation en carburant et la performance mécanique du moteur) accompagnés des diagrammes de l'enregistreur Servis étaient envoyés chaque semaine à FERIC pour vérification, compilation et analyse. Chez Bowater, le carburant employé se mesurait à l'aide de pompes à main munies de compteurs, alors que chez Maclaren on prenait une lecture sur le camion-citerne.

À chaque endroit, un effort fut fait en vue de maintenir constantes les variables se rapportant à la machine et aux conditions de travail, afin de permettre de comparer les types de moteurs. Les débusqueurs travaillaient aussi à proximité l'un de l'autre que les conditions le permettaient.

Consommation en carburant

Le fabricant du moteur diesel Deutz refroidi par air, ainsi que les industries forestières qui l'ont utilisé prétendent obtenir, à des degrés divers, une économie de carburant (allant jusqu'à 45%)* par rapport aux moteurs refroidis par eau. En grande partie, cela semble résulter du fait que les moteurs refroidis par air tournent à de plus hautes températures, ce qui provoque une combustion plus complète.

* Schabas, W. 1979. Less fuel, lower noise, better starts conclude air-cooled diesel operators. Pulp. Pap. Mag. Can., 80(5): 46-48.

Le tableau 4 donne un sommaire de la productivité du débusqueur et de la consommation en carburant du moteur au cours de l'étude. On ne retrouvait que peu de variations d'un moteur à l'autre pour un même type de moteur.

À Bowater Newfoundland Ltd, la consommation en carburant du moteur Deutz 912 à 5 cylindres était de 20% plus faible par heure et de 29% plus faible pour un même volume de production que celle du GM 3-53, même si la distance de débusquage était plus grande. Une partie de cette différence provient sans doute du fait que les deux Tree Farmer équipés de 3-53 avaient des servo-transmissions et ont peut-être travaillé dans des conditions de terrain légèrement plus humides. Bowater a effectué des tests indépendants sur l'utilisation du carburant et n'a constaté aucune différence significative entre les moteurs.

Chez Maclaren, les débusqueurs Clark 664B équipés de moteurs Deutz à 6 cylindres consommaient 17% moins de carburant sur une base horaire et 8% moins pour un même volume de production que ceux équipés de 3-53. Selon l'expérience acquise par Maclaren, il semble que les moteurs Deutz économisent de 10 à 14% de carburant.

Il existait une différence substantielle dans la consommation horaire de carburant d'une exploitation à l'autre pour les deux types de moteurs, refroidis par eau ou par air. Ceci était dû au terrain plus accidenté chez Maclaren, ainsi qu'aux distances de débardage plus longues et à des charges plus lourdes.

Fiabilité mécanique

Au cours de l'étude chez Bowater Newfoundland Limited, les moteurs GM 3-53 de même que les moteurs Deutz ont fait preuve d'une disponibilité mécanique supérieure à 99%, avec un entretien prévu tous les 180 heures. Dans l'ensemble l'expérience de la compagnie avec les moteurs Deutz F5L 912 depuis 1979, s'est avérée excellente, le seul problème majeur étant l'unique défaillance d'un jeu de garnitures de piston.

Chez Maclaren, les deux moteurs Deutz F6L 912 avaient une disponibilité de 99% et plus. Outre l'entretien régulier (100 heures), la seule réparation majeure fut celle d'un coussinet brisé dans un tendeur de courroie. En général, l'expérience de Maclaren avec les moteurs Deutz employés sur les débusqueurs depuis 1974 a été très bonne. On a constaté quelques fuites d'huile sur les couvercles des culbuteurs de soupapes. De plus les gicleurs du système d'injection de carburant sont plus fins que ceux du 3-53 et donc plus portés à s'obstruer.

L'un des 3-53 a très bien fonctionné mais l'autre a éprouvé des problèmes de piston après 2 286 heures. Ceci a nécessité une révision complète au coût d'environ \$2 000 pour 44 heures de réparations. La courte durée des GM 3-53 avant révision constitue l'un des principaux soucis des utilisateurs. Pour y remédier, Detroit Diesel Allison travaille actuellement à un nouveau design de sa série 53. On espère que ces améliorations, terminées en 1984, en augmenteront la longévité, tout en réduisant la consommation en carburant et les intensités sonores.

Tableau 4. Sommaire de la productivité et de la consommation en carburant

FACTEURS				
endroit de l'étude	Bowater (Nfld.) Ltd		Ind. James Maclaren Inc.	
type de débusqueur	Tree Farmer C5D		Clark 664B	
type de moteur	refroidis par eau	refroidis par air	refroidis par eau	refroidis par air
modèle du moteur	GM 3-53	Deutz F5L 912	GM 3-53	Deutz F6L 912
nombre de moteurs étudiés	2	2	2	2
puissance nominale brute, kW	73	74	73	88
distance moyenne de débusquage, m	158	245	345	350
PRODUCTION				
heures-machines productives (HMP)	923.5	338.5	1329.0	1135.5
volume total débusqué, m ³	4179	1710	11903	9104
productivité, m ³ /HMP	4.52	5.05	8.96	8.02
CONSOMMATION DE CARBURANT				
total du carburant consommé, L	6265	1835	12620	8957
consommation de carburant par heure, L/HMP	6.78	5.42	9.50	7.89
consommation de carburant par volume, L/m ³	1.50	1.07	1.06	0.98

À cause de leur système de refroidissement par air, les moteurs Deutz offrent certains avantages par rapport à leurs concurrents refroidis par eau. Mentionnons entre autres:

- une réduction du poids et de l'espace nécessaire, étant donné l'élimination du radiateur;
- aucun risque de cavitation;
- aucune crainte de gel des radiateurs et des pompes;
- une diminution des dommages dus à la corrosion;
- un réchauffement plus rapide du moteur, et par suite moins d'usure par le froid.

Par contre, ils présentent aussi quelques inconvénients:

- par temps chaud, la chaleur produite par le refroidissement par air ne se dissipe pas facilement et peut devenir inconfortable pour l'opérateur, particulièrement si la cabine du débusqueur n'est pas fermée.
- il est impossible de faire circuler un liquide de refroidissement réchauffé pour faciliter le démarrage au froid. Le démarrage par temps froid ne causait pas de difficultés dans aucune des deux exploitations étudiées, mais il a été mentionné par un autre utilisateur. Par contre, certains fabricants de débusqueurs offrent en option un chauffe-huile installé dans le carter du moteur (également offert directement par Deutz), de même que la possibilité (toujours en option) de réchauffer la transmission ou le convertisseur de couple, de façon à réduire la résistance du moteur au démarrage par temps froid.

Intensités sonores

Il semble que certains autres tests aient démontré que les moteurs Deutz développent des intensités sonores réduites par rapport à d'autres moteurs, mais ce fait n'est pas ressorti au cours de notre étude.

Les intensités sonores dans la cabine du débusqueur ont été mesurées pour les huit moteurs étudiés (à régime maximum), à l'aide d'un sonomètre de précision Brüel et Kjaer (modèle 2204). On trouvera au tableau 5 les intensités observées. Le lecteur doit se rappeler que les intensités sonores sont aussi influencées par le type de débusqueur et par son design.

On ne peut vraiment pas considérer comme significative la différence de 1-dBA observée entre les moteurs puisque la variation entre les deux moteurs d'une même catégorie était souvent plus forte que la variation entre les classes.

Tableau 5: Intensités sonores observées

lieu	Bowater (Nfld.) Limited		Ind. James Maclaren Inc.	
type de débusqueur	Tree Farmer C5D		Clark 664B	
modèle de moteur	GM 3-53	Deutz F5L 912	GM 3-53	Deutz F6L 912
intensité sonore moyenne, dBA	102.5	101.5	102.5	101.5

En outre, on a procédé chez Maclaren à des mesures comparatives des intensités sonores (entre 90 et 114 dBA) combinées à la durée d'exposition, à l'aide d'un dosimètre sonore Columbia Research Personal (modèle SPL-104AB). L'opérateur du Clark 664B équipé d'un moteur GM a atteint la limite d'exposition permmissible acceptée par le Ministère américain de la main-d'oeuvre (8 heures à 90 dBA) en 167 minutes d'où une intensité sonore moyenne pour cette tâche d'environ 98 dBA. Son compagnon, conduisant le débusqueur muni d'un moteur Deutz à 6 cylindres, a atteint la limite en 170 minutes, ce qui équivaut également à une intensité sonore de 98 dBA.

Les intensités sonores élevées produites par les deux types de moteur devraient susciter une grande inquiétude. D'après les résultats de nos recherches, il semble que l'opérateur d'un débusqueur risque d'endommager son ouïe après moins de 3 heures de travail s'il n'est pas muni d'une protection auditive suffisante.

COÛTS

Le prix de base du moteur diesel Deutz 912 refroidi par air est plus élevé que celui du GM 3-53. Cependant les deux fabricants de débusqueurs impliqués dans cette étude, Hawker Siddeley et Clark, offrent le moteur Deutz à 5 cylindres en option sans coût additionnel, au moment de l'achat d'un nouveau débusqueur. D'autres manufacturiers le font peut-être également. Cette offre est possible parce que le prix plus élevé du moteur de base est contrebalancé par les économies (en pièces et en main-d'oeuvre) qui résultent de l'élimination du système de refroidissement par eau.

Les frais qu'implique l'installation d'un nouveau moteur dans une machine plus ancienne sont plus importants. Dew Engineering and Development Inc. d'Ottawa, Ontario, offre des nécessaires d'installation servant au remplacement du moteur d'un débusqueur par un nouveau moteur Deutz 912. Le coût approximatif (en février 1983) d'un nécessaire de ce genre est de \$10 000 pour une première installation (sur un modèle de débusqueur non encore modifié),

\$3 500 pour un nécessaire prototype et \$2 500 pour un nécessaire en série (Timberjack 208, 230, 240; Clark 664B, 664C). Ce prix inclut les pièces nécessaires, une liste des pièces et un manuel d'instructions. Dew Engineering pourra également procéder à l'installation à un coût additionnel de \$3 500 à \$4 500 selon l'endroit où demeure le client.

Outre ces coûts, il faut ajouter le prix de base du moteur Deutz 912, actuellement (février 1983) \$9 109 pour le F5L 912 et \$10 198 pour le F6L 912, f.o.b. KHD Canada Inc., Montréal, Québec. Si l'installation se fait sur un engin à servo-transmission, il faut également un refroidisseur d'huile pour le convertisseur de couple (\$686).

Compte tenu de ces coûts, il est nécessaire que toute installation d'un nouveau moteur soit effectuée aussitôt que possible dans la vie du débusqueur, par exemple lors de la première révision du moteur, pour permettre de recouvrir au maximum le coût de conversion. Cependant même si le débusqueur devait durer 8 000 heures après sa conversion, on estime que le moteur Deutz devrait consommer au moins 20% de carburant au prix actuel (30¢/L ou durer deux fois plus longtemps que le moteur original avant révision pour que la modification en vaille la peine. Évidemment, la combinaison d'une partie de ces deux facteurs pourrait aussi justifier la conversion.

CONCLUSIONS

L'objectif précis de cette étude était d'évaluer la possibilité d'utiliser avec des débusqueurs des moteurs diesel Deutz, refroidis à l'air. À cette fin, on a comparé un échantillon de moteurs Deutz 912 à 5 et à 6 cylindres au moteur GM 3-53 refroidi par eau (soit le moteur de débusqueur le plus couramment employé), quant à leur consommation en carburant, à leur fiabilité mécanique et à leur intensité sonore. Le lecteur ne doit pas oublier que les résultats s'appliquent aux moteurs étudiés et ne reflètent pas nécessairement la performance obtenue avec des moteurs de marque ou de modèle différent.

Pour ce qui est de la consommation en carburant, les résultats ne sont pas concluants à cause de la taille limitée de l'échantillon, mais on constate nettement, à partir de nos tests, une tendance vers une consommation réduite avec les moteurs Deutz.

Au point de vue mécanique, l'expérience de l'utilisateur avec le moteur Deutz s'est avérée bonne. Les 912 sont des moteurs plus précis, demandant plus de soins, ainsi que quelques outils spécialisés. Le prix des pièces est plus élevé et la livraison de ces dernières est légèrement plus lente, étant donné un réseau de distribution encore en voie de développement. Cependant, une fois que les mécaniciens sont habitués aux moteurs Deutz, la fiabilité mécanique devient très élevée, à cause du nombre réduit de pièces mobiles et de l'accès facile.

Detroit Diesel Allison travaille actuellement à un nouveau design de sa série 53. On s'attend à ce que les améliorations apportées augmentent la fiabilité du moteur, tout en réduisant la consommation en carburant et l'intensité sonore.

L'intensité sonore était comparable pour tous les moteurs. Étant donné les fortes intensités enregistrées, il faudrait sans doute accorder plus d'attention à cet aspect afin d'assurer la sécurité et le confort de l'opérateur.

En conclusion, les résultats de l'étude nous permettent de dire que les moteurs diesel Deutz F5L 912 et F6L 912 refroidis par air, constituent une alternative viable comme source de puissance lors du débusquage.

ANNEXE A
TABLE DE CONVERSION

1 mm (millimètre)	0.039 pouce
1 m (mètre)	3.28 pieds
1 m ³ (mètre cube)	0.353 cunit
1 L (litre)	0.22 gallon impérial 0.26 gallon américain
1 kg (kilogramme)	2.20 livres
1 kW (kilowatt)	1.34 HP
1 N·m (newton mètre)	0.738 pied-livre