

**Zeitschrift:** Le tracteur : périodique suisse du machinisme agricole motorisé  
**Herausgeber:** Association suisse de propriétaires de tracteurs  
**Band:** 17 (1955)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Le refroidissement par air et celui par eau dans les moteurs de tracteurs Diesel  
**Autor:** Meyer / Seifert  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1049166>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 16.03.2025

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

# Le refroidissement

## par air et celui par eau dans les moteurs de tracteurs Diesel

par MM. Meyer et Seifert, de l'Institut de recherches de Braunschweig-Völkenrode (Allemagne).

Les avantages et les inconvénients du refroidissement par air et de celui par eau dans les moteurs Diesel pour tracteurs sont devenus un objet de discussion pour les constructeurs depuis que le premier moteur Diesel à refroidissement par air fut adopté dans la fabrication des camions. Ce fut ensuite le tour des utilisateurs de tracteurs de s'intéresser à ce problème, du jour où le moteur Diesel refroidi par air fut également adopté pour les tracteurs. Le mode de refroidissement des véhicules à moteur a fait l'objet de vives controverses, ces dernières années. Elles se sont aussi étendues récemment au diesel pour tracteurs. Dans les lignes qui vont suivre, nous présenterons les arguments pour et contre ces deux modes de refroidissement en nous basant sur des ouvrages qui traitent de la matière et sur des prospectus; puis nous donnerons un aperçu des expériences actuelles, ce qui aidera ainsi le lecteur à se former une opinion objective sur la question. Il y a lieu de remarquer que les bases de comparaison sont inégales en ce moment, vu que les moteurs à refroidissement par eau sont équipés de thermostats — contrairement à ce qui était le cas il y a 5 ans —, tandis que ceux à refroidissement par air en sont dépourvus. D'autre part, il apparaîtra clairement combien nos connaissances, fondées sur des expériences faites par d'autres ou par nous-mêmes, ont besoin d'être complétées par de nouveaux essais.

## Arguments pour et contre ces deux systèmes de refroidissement

### Pour le refroidissement par eau

Les partisans du refroidissement par eau avec réglage par thermostat avancent les arguments suivants en sa faveur:

- Minime influence des variations de charge du moteur sur les températures de la culasse, des cylindres et des pistons;
- Minime influence des fluctuations de la température ambiante sur les dites températures;
- Lent abaissement de la température du moteur après arrêt de ce dernier;
- Possibilité de créer des conditions favorables pour la mise en marche en réchauffant l'eau de refroidissement;
- Minime usure des cylindres et des segments;
- Consommation modérée de carburant avec charge partielle du moteur, en raison de la température favorable de ce dernier;
- Inutilité d'employer des huiles HD avec des carburants présentant la teneur habituelle en soufre;
- Marche régulière du moteur;
- Forte puissance spécifique;
- Minime consommation d'huile;
- Prix de revient (Bauaufwand) très bas;
- Encombrement réduit.

### **Contre le refroidissement par eau**

Les inconvénients seraient les suivants:

- Dépendance pour l'approvisionnement en eau;
- Dérangements plus fréquents occasionnés par la pompe à eau, le thermostat et le radiateur, de sorte que des soins constants sont nécessaires;
- Forte puissance absorbée par le ventilateur et la pompe à eau;
- Nécessité d'antigels;
- Usure plus forte des cylindres et des segments, particulièrement avec les carburants d'une haute teneur en soufre;
- Nécessité d'employer des huiles HD;
- Poids du moteur élevé.

### **Pour le refroidissement par air**

Les avantages de ce mode de refroidissement seraient ceux qui suivent:

- Indépendance à l'égard de l'approvisionnement en eau;
- Indépendance par rapport à la température ambiante, tant élevée que basse;
- Dérangements moins fréquents qu'avec le refroidissement par eau, par conséquent moins d'entretien;
- Temps réduit exigé pour lancer le moteur jusqu'au moment où il peut être chargé, particulièrement lors de basses températures ambiantes;
- Usure minimale des cylindres et segments;
- Inutilité d'employer des huiles HD avec des carburants présentant la teneur en soufre habituelle;
- Consommation de carburant modérée lors de variations ou interruptions fréquentes de charge, du fait des températures élevées du moteur;
- Temps réduit nécessité pour les réparations de moteurs multicylindres, lesquels permettent le déboulonnage individuel des culasses et des cylindres.

### **Contre le refroidissement par air**

Les détracteurs du refroidissement par air avancent les arguments suivants:

- Risques de surchauffement lors de températures ambiantes élevées;
- Risques de surrefroidissement lors de températures ambiantes très basses;
- Risque d'un calage du moteur par suite de l'arrêt de la soufflante lorsqu'elle est actionnée par courroies trapézoïdales;
- Grande consommation de carburant due à la forte puissance absorbée par la soufflante;
- Forte consommation d'huile par suite d'un plus grand jeu des pistons;
- Rapide vieillissement de l'huile, qui est soumise à des températures plus élevées;
- Risque d'un gauchissement du cylindre et de la culasse;
- Fort bruit du moteur;
- Grand encombrement;
- Prix de revient (Bauaufwand) élevé.

## **But du refroidissement, propriétés des réfrigérants et énergie qu'ils consomment**

Avec le diesel ordinaire, et sous haute charge partielle, le 32 % environ de l'énergie contenue dans le carburant (à peu près 10,500 kcal/kg) est transformé en effort utile au vilebrequin, une partie de ce pourcentage devant encore être utilisée pour les instruments accessoires. En moyenne, on peut dire que le 29 % de l'énergie initiale se perd avec les gaz d'échappement, le 7 % par rayonnement ou dans l'huile, et le 32 % (proportion oscillant entre 25 et 40) avec le réfrigérant (air ou eau). Ce dernier pourcentage correspond à une quantité de 500 à 800 kcal/CV environ. Le passage de cette énergie dans le réfrigérant est indispensable du point de vue de la résistance à la chaleur des matériaux, des propriétés de l'huile, de la composition du mélange gazeux (Füllungsgrad), etc. Les températures de combustion maximales des diesels avoisinent 1800°. La température à l'intérieur du cylindre dépasse 800° à la fin de la course motrice pour baisser jusqu'à approchant 500° au moment de l'échappement des gaz. On calcule que la température moyenne régnant dans la chambre de combustion du diesel à 4 temps est d'environ 600°. Le refroidissement a lieu directement par l'air ou indirectement par l'intermédiaire d'un liquide faisant fonction d'échangeur de température. Cet échange a lieu entre le cylindre et la culasse, d'un côté, et l'air, de l'autre côté, abstraction faite du refroidissement par évaporation. La quantité de chaleur absorbée par l'air ou l'eau de refroidissement est déterminée: d'une part, par le débit, l'élévation de la température et la chaleur spécifique des réfrigérants; d'autre part, par la surface à refroidir, la différence de température des matériaux en contact et le coefficient de transmission de chaleur.

L'eau est un excellent réfrigérant. Sa viscosité minime et sa forte chaleur spécifique permettent une bonne transmission de chaleur avec le métal. La vitesse de circulation de l'eau de refroidissement dans les diesels ordinaires étant d'à peu près 2 m/sec, environ 3000 kcal/m<sup>2</sup> h<sup>0</sup> passent de la paroi métallique à l'eau. Ce nombre peut augmenter jusqu'au double lors de la formation de petites bulles de vapeur. Il est possible d'empêcher des cantonnements de la chaleur en prévoyant l'évacuation des bulles de vapeur. Le refroidissement par eau correspond ainsi aux exigences actuelles en fait d'évacuation de chaleur, éventuellement avec des pertes d'eau. Il est connu que la température d'ébullition de l'eau diminue avec l'altitude et qu'elle est par exemple de 93° à 2000 m. Si de plus grands radiateurs ne sont pas prévus pour de telles conditions, il est possible — à condition que l'étanchéité soit bonne —, de remettre tout le dispositif de refroidissement sous pression en vue d'augmenter artificiellement la température d'ébullition. Il est d'autre part nécessaire d'utiliser des antigels afin d'empêcher la congélation de l'eau de refroidissement. La quantité d'air de refroidissement nécessaire pour le radiateur est de 70 à 90 m<sup>3</sup>/CVh. La puissance absorbée par le ventilateur et la pompe à eau des diesels ordinaires pour tracteurs, refroidis par eau

et sans courant d'air produit par un déplacement rapide, oscille entre le 4 et le 6 % de la puissance maximale du moteur. Elle est supérieure avec des dispositifs défectueux. Un système de refroidissement bien conçu devrait permettre une proportion inférieure au 4 %.

Avec l'air comme réfrigérant, la chaleur spécifique et le coefficient de transmission de chaleur de la paroi métallique à l'air sont minimales. Etant donné une vitesse de circulation de l'air de 20 m/sec, par exemple, le coefficient de transmission de chaleur d'une paroi lisse est de 70 à 100 kcal/m<sup>2</sup>h<sup>0</sup>, soit environ le 1/30 du même coefficient en cas de refroidissement par eau et à conditions égales. Cette différence peut être compensée en munissant le cylindre et la culasse d'ailettes, ce qui augmente la surface de refroidissement. La baisse de température qui se produit entre les ailettes et l'air est à peu près le double de celle qui se produit entre le radiateur et l'air; aussi l'air de refroidissement (en cas de refroidissement par air direct) peut-il avoir une température de sortie plus élevée, et il y aura également besoin d'une quantité d'air moindre pour évacuer la chaleur totale. Cependant, si des cantonnements de la chaleur (à haut degré) se produisent dans la culasse, il devient parfois nécessaire d'accroître la vitesse du courant d'air — et par conséquent son volume — pour évacuer ces chaleurs locales intenses, si l'amenée d'air de refroidissement à ces endroits critiques n'est pas suffisamment efficace. Ce qui compte, pour le rendement (volume d'air multiplié par pression) de la soufflante, c'est la pression du flux d'air. La pression nécessaire est de 80 à 200 mm à la colonne d'eau pour un débit de 40 à 60 m<sup>3</sup>/CVh. Les soufflantes axiales d'un régime maximal de rotation de 5000 à 7000 t/min exigent une puissance égale oscillant entre le 4 et le 8 % de la puissance totale du moteur. Cette limite supérieure est valable aussi bien pour les soufflantes axiales que radiales, ainsi que l'ont confirmé nos calculs.

La puissance qu'exigent les deux modes de refroidissement dans des moteurs de bonne construction et de bonne conception est par conséquent à peu près la même, en général.

### **Températures des moteurs**

Le refroidissement, à une altitude donnée et avec charge partielle ou totale, doit maintenir une température du moteur qui empêche les inconvénients suivants:

- Le surchauffement, compte tenu de la résistance à la chaleur des matériaux et de l'huile;
- Le surrefroidissement, dû à la condensation d'eau dans le cylindre;
- Une répartition inégale de la température, qui peut occasionner un gauchissement du cylindre et de la culasse.

La comparaison établie dans les lignes qui suivent se rapporte au moteur à 4 temps, plus précisément à celui refroidi par air sans réglage de température, et à celui refroidi par eau à réglage automatique de la température. Des données suffisantes font défaut pour le diesel à 2 temps. Il est vrai

qu'on trouve des résultats d'expériences concernant les températures et leurs fluctuations, pour les moteurs d'automobile refroidis par air et par eau; mais ces indications sont insuffisantes pour les diesels de tracteurs agricoles. Les températures moyennes obtenues jusqu'à présent à l'Institut de recherches de Braunschweig-Völkenrode ont été prises en considération ci-après. Elles n'arrivent toutefois pas à donner une image exacte du comportement de la température dans les diesels de tracteurs agricoles, avec refroidissement par air et par eau, lors de différentes charges et températures ambiantes. De telles recherches sont d'une nécessité urgente et elles ont été entreprises dernièrement. Il ne faudra cependant pas compter sur des résultats avant la fin de 1954.

A conditions égales et avec une charge totale, les températures maximales des fonds de pistons ne sont pas beaucoup plus fortes avec le refroidissement par air qu'avec le refroidissement par eau (de 40 à 50° environ). Les températures élevées des fonds de pistons dépendent bien davantage du mode de combustion, de la direction et de l'intensité du jet des gaz brûlés, ainsi que du moment de l'injection, que du mode de refroidissement. Avec le moteur de tracteur agricole refroidi par eau, et de 110 mm d'alésage, elles atteignent environ 240° dans celui à préchambre de combustion et 260° dans celui à chambre de turbulence. Elles dépassent même 300° dans les diesels de camions à régime élevé et refroidis par eau. Des mesurages effectués avec un moteur refroidi par air, et d'un alésage également 110 mm, ont donné les températures maximales suivantes des fonds de pistons: de 335 à 340° avec chambre de turbulence et de 300 à 310° avec injection directe.

Les températures moyennes de la culasse refroidie par air varient de 200 à 235°, celles des points les plus chauds atteignant de 260 à 280°, ce qui est encore admissible. Avec le refroidissement par eau, les températures moyennes de la culasse sont plus basses. Les températures maximales des parois de cylindres diffèrent également pour les deux modes de refroidissement. Des mesurages ont montré que le diesel pour tracteurs refroidi par eau accuse une température de 125° au point mort haut et à la hauteur du segment supérieur du piston (près de la paroi du cylindre), et que la température correspondante d'un moteur comparable refroidi par air est de 265°. Il résulte d'autres mesurages qu'un moteur de camion à régime élevé et refroidi par eau accuse une température maximale de 218° aux parois de cylindres. Des expériences personnelles faites jusqu'à maintenant avec quatre différents diesels refroidis par air ont donné des températures maximales de parois de cylindres de 190 à 230° (à 2 mm de la paroi), qui varient suivant la construction et la température ambiante.

Il est moins facile d'obtenir une répartition régulière de la température sur le pourtour des cylindres avec le moteur refroidi par air qu'avec celui refroidi par eau, particulièrement avec un multicylindre. On peut constater une différence de température entre le côté du cylindre qui reçoit directement le courant d'air et le côté qui le reçoit indirectement; cette température

varie de 10 à 30°. En dimensionnant judicieusement les ailettes de refroidissement et en utilisant des canalisations de tôle pour diriger l'air (déflecteurs), il est possible de parvenir à une répartition suffisamment régulière de la chaleur sur la surface extérieure des cylindres dans le cas du refroidissement par air, bien que l'on n'arrive pas à un aussi bon résultat que dans le cas du refroidissement par eau.

La répartition de la température sur le pourtour des cylindres s'étend jusqu'à leur base dans les deux modes de refroidissement et la baisse de température enregistrée en pleine charge avec le refroidissement par air est plus importante qu'avec le refroidissement par circulation d'eau. Elle est de l'ordre de 100° (à la base des cylindres), même avec de basses températures ambiantes. Pour parer aux effets d'une répartition moins égale de la température autour des cylindres dans le cas du refroidissement par air, ainsi qu'à ceux d'un échauffement légèrement supérieur des pistons, on laisse davantage de jeu entre piston et cylindre (il sera de 0,03 mm avec un alésage de 110 mm, par exemple) et donne une configuration particulière aux ailettes (ailettes discontinues, notamment).

On obvie à un gauchissement de la culasse et du cylindre réfrigérés par air, qui peut se produire au moment de leur boulonnage, en les fixant rigidement pour les rectifier et en serrant les boulons de fixation d'une certaine façon, pour autant que culasse et cylindre soient assujettis sur le carter-moteur par de longs boulons. C'est notamment de cette manière qu'il a été possible de diminuer le jeu de montage des pistons de diesels à refroidissement par air. Un gauchissement de la culasse peut également se produire avec les moteurs monoblocs refroidis par eau lorsque les boulons de fixation des cylindres ne sont pas serrés dans les règles ou quand les chemises dépassent le bloc-cylindres.

Sans charge et à plein régime, le moteur risque un surrefroidissement. Il est moindre, il est vrai, lors du refroidissement par eau réglé par thermostat que lors du refroidissement par air sans réglage de température. Une chaleur de 60 à 65° à la paroi de cylindre est considérée comme critique. Pour les diesels de tracteurs agricoles, il n'a pas été possible de trouver des ouvrages qui fournissent des données sur les températures de parois de cylindres lors de différentes températures ambiantes et sans charge. Des expériences personnelles effectuées avec quelques moteurs réfrigérés par air ont démontré qu'avec une température ambiante normale d'environ + 20°, les températures des parois de cylindres du côté de l'arrivée du flux d'air réfrigérant et près du point mort haut, oscillent entre 90 et 130°, tandis qu'elles varient de 80 à 110° près du point mort bas. Lors de variations de la température de l'air de refroidissement — la puissance indiquée restant constante —, la chaleur du cylindre subit des modifications atteignant le 70 ou le 80 % des différentes températures ambiantes. Cela permet d'affirmer que des températures de 60 à 65° aux parois de cylindres, également lorsque le moteur marche longtemps sans charge, ne peuvent pas être atteintes avec les températures régnant en Allemagne pendant l'hiver. Des

essais d'usine effectués avec des diesels refroidis par air, par une température ambiante de  $-28^{\circ}$  et le moteur tournant à 1000 t/min., ont permis d'enregistrer des températures de parois de cylindres d'approchant  $60^{\circ}$  encore.

Lors de rotation à vide du moteur (régime de 500 à 550 t/min.) et avec une température ambiante moyenne, des mesurages personnels faits avec des diesels de tracteurs agricoles refroidis par air ont donné les résultats suivants pour la température des cylindres:  $105^{\circ}$  au point mort haut avec chambre de turbulence et  $85^{\circ}$  avec injection directe. Lors d'un refroidissement par eau, avec un thermostat fonctionnant bien et qui ouvre le circuit de l'eau de réfrigération à environ  $80^{\circ}$ , les températures des cylindres dépassent celles indiquées ci-dessus — même avec des basses températures ambiantes —, si le radiateur est muni d'un rouleau ou s'il existe un by-pass. Dans le cas du refroidissement par air, il est également possible de maintenir la chaleur des parois de cylindres à un degré plus élevé par thermo-régulateur — le moteur marchant sans charge —, bien que ce réglage ne paraisse pas être aussi efficace qu'avec le refroidissement par eau. Les constructeurs estiment toutefois que la dépense d'un réglage de la température par thermostat n'est pas indispensable pour les diesels de tracteurs agricoles.

Il resterait encore à parler de la température des moteurs froids après la mise en marche. Des essais d'usine ont montré que la température des parois de cylindres réfrigérés par air monte rapidement après le démarrage du moteur, même lors de basses températures ambiantes. On ignore si des résultats analogues existent pour des moteurs refroidis par eau et avec thermostat. La durée de l'abaissement des températures respectives des réfrigérants n'est pas comparable. Le refroidissement de l'eau, lors de circulation d'eau réglée par thermostat, a lieu lentement en cas d'interruptions brèves du fonctionnement du moteur et après arrêt de ce dernier, tandis que la température des cylindres baisse rapidement dès que le moteur cesse de marcher lors de refroidissement par air.

Dans le cas du refroidissement par eau, il est possible de créer des conditions favorables de départ du moteur par de basses températures ambiantes en introduisant de l'eau chaude dans le radiateur ou en recourant à d'autres façons de procéder. Certains moyens existent également pour faciliter au besoin le lancement des moteurs à refroidissement par air. Il importe que l'huile épaisse des paliers du vilebrequin et des coussinets de bielles devienne fluide afin de diminuer le moment d'inertie. Cela est valable pour les deux modes de refroidissement et dans la même mesure.

Les températures plus élevées des parois de cylindres des moteurs refroidis par air influent sur celle de l'huile. La proportion dans laquelle cette température monte dans le carter-moteur dépend toutefois des facteurs les plus divers. Pour l'huile, une température moyenne de  $95^{\circ}$  est considérée comme critique, au point de vue de son vieillissement. Elle peut être ramenée dans des limites supportables à l'aide d'un radiateur d'huile. Aussi le moteur refroidi par air a-t-il davantage besoin d'un tel radiateur que celui refroidi par eau.

D'autres causes encore concourent au vieillissement de l'huile et indépendamment du mode de refroidissement, soit, par exemple: la fuite de gaz dans le carter-moteur, la qualité et la quantité de l'huile ainsi que la fréquence des vidanges.

## Usure

L'usure des parois de cylindres, des pistons, du vilebrequin et des paliers détermine la durée d'utilisabilité du moteur et par conséquent l'importance des frais de réparation. Il y a lieu de distinguer trois genres d'usure: celle provoquée par le mouvement de particules solides (sable, poussières, calamine et abrasures); celle causée par le frottement de glissement et de roulement de surfaces lubrifiées; enfin celle due à des agents chimiques. Le premier genre d'usure n'a pas besoin d'être traité ici, du fait qu'il n'a rien à voir avec le mode de refroidissement. L'usure produite par le frottement de glissement de surfaces lubrifiées peut varier suivant l'épaisseur de la pellicule d'huile, la température des matériaux, les alliages exigés par le mode de refroidissement, etc. Il ressort des nombreux ouvrages relatifs à l'usure que la corrosion chimique est considérable. Le soufre contenu dans le carburant (la proportion actuellement normale en Allemagne est de 0,6 à 0,9 %, au maximum de 1,5 %) s'oxyde et devient de l'anhydride sulfureux ( $\text{SO}^2$ ) ou de l'anhydride sulfurique ( $\text{SO}^3$ ). S'il se trouve de la vapeur d'eau condensée, ces corps se combinent avec l'eau et deviennent de l'acide sulfureux ( $\text{SO}^3 \text{H}^2$ ) ou de l'acide sulfurique ( $\text{SO}^4 \text{H}^2$ ), qui attaquent les parois des cylindres.

Des chercheurs ont signalé déjà en 1949 que de très petites quantités d'anhydride sulfurique ( $\text{SO}^3$ ) provoquent une élévation du point de rosée de la vapeur d'eau contenue dans les gaz de combustion. En utilisant un carburant pour diesels contenant 1,5 % de soufre, on a constaté un accroissement de l'usure des cylindres et des segments lors d'une température moyenne des parois de cylindres inférieure à  $105^\circ$  — au point mort haut et au segment supérieur de piston —, ce qui correspond à une température de  $65^\circ$  au point mort bas du segment supérieur. Par contre, une usure moindre a été notée avec un carburant pour diesels presque entièrement désoufré. Mais il ne s'agissait pas d'un diesel de tracteur agricole, dans ce cas. Il est prouvé que la corrosion chimique se produit surtout au point mort haut du segment supérieur, à l'endroit où la pellicule d'huile est mince ou interrompue, c'est-à-dire là où les surfaces métalliques sont particulièrement attaquables par les agents chimiques.

Des communications récentes qui nous sont parvenues confirment les indications relatives à l'élévation du point de rosée de la vapeur d'eau provenant des gaz brûlés, causée par l'anhydride sulfurique ( $\text{SO}^3$ ). Des températures moyennes de  $105^\circ$  des parois de cylindres, au point mort haut, ont sans aucun doute favorisé la formation d'acide sulfurique lors d'une teneur en soufre de 1,5 %. L'élévation du point de rosée a cependant aussi lieu avec des températures supérieures des parois de cylindres, dans le cas d'une telle teneur en soufre. Le refroidissement par air crée ici des conditions plus favo-

rables que le refroidissement ordinaire par eau pour une même vitesse du piston; cependant la différence diminue avec une teneur en soufre moindre.

On peut d'autre part se représenter que le réchauffement plus rapide du moteur refroidi par air favorise l'usure dans le cas de fréquents démarrages à froid. En remplissant le radiateur d'eau chaude, lors du refroidissement par eau, il est également possible de créer des conditions favorables au moment du lancement du moteur. Quelques expériences devraient toutefois être encore effectuées à cet égard.

Il paraît prématuré de formuler un jugement définitif sur l'efficacité de l'huile HD — relativement à une diminution de l'usure —, dans les moteurs à refroidissement par air et par eau avec réglage automatique de la température. La raison en est: d'une part, que des résultats suffisants d'essais font défaut; d'autre part, que l'emploi éventuel d'huiles HD paraît dépendre dans une forte mesure du mode de combustion.

En mettant en parallèle des résultats d'usure, il y a finalement lieu de ne pas oublier qu'une combustion incomplète est susceptible d'accroître considérablement l'usure des cylindres et des pistons près du point mort haut, et cela aussi bien avec le diesel refroidi par air qu'avec celui refroidi par eau.

D'après les constatations qui ont été exposées — lesquelles ne peuvent que se limiter aux points essentiels, dans ce domaine —, on peut voir combien de facteurs entrent en ligne de compte lors de l'appréciation de l'usure d'un diesel de tracteur agricole. Une comparaison véritablement objective de l'usure des moteurs refroidis par air et par eau n'est possible qu'en procédant à des essais avec des moteurs dont le mode de combustion est le même, qui ont des cylindres et des pistons composés de matériaux identiques; que si l'on emploie les mêmes huiles et les mêmes carburants, et enfin que si les essais ont lieu dans des conditions également identiques. On ne dispose encore en Allemagne que de peu de données concernant l'usure de diesels de tracteurs agricoles refroidis par air ou par eau et construits selon des conceptions modernes. Si l'on a pu enregistrer ici et là des degrés d'usure des cylindres extraordinairement bas, tant avec un mode de refroidissement qu'avec l'autre, les résultats d'expérimentations sont cependant encore insuffisants pour prouver la supériorité d'un mode de refroidissement par rapport à l'autre au point de vue de l'usure. Aussi est-il inexact de se servir de résultats expérimentaux partiels et de vouloir prouver avec cela la supériorité fondamentale du refroidissement par air sur celui par eau.

De nouvelles recherches sont actuellement poursuivies à l'Institut de Braunschweig-Völkenrode avec des diesels de types différents, les uns refroidis par air, les autres refroidis par eau suivant un système moderne. Ces recherches effectuées du point de vue agricole ont pour but d'obtenir des valeurs pratiques sur l'usure de cylindre, de segments de pistons et de pistons.

### **Fonctionnement, entretien, sécurité de marche**

La condition essentielle exigée lors du fonctionnement du moteur est que le tractoriste ne doive vouer au moteur qu'une partie aussi minime que pos-

sible de son attention pendant les travaux agricoles afin de pouvoir la concentrer sur ces derniers. Que le tracteur soit refroidi par air ou par eau, cela ne fait pas grande différence. En ce qui concerne le moteur réfrigéré par eau, on a constamment cherché à équiper la machine d'un rouleau de radiateur manœuvrable à la main, conjointement à un indicateur exact de température pour l'eau de refroidissement. Le thermostat du moteur refroidi par eau ne demande pour ainsi dire pas d'attention de la part du tractoriste, pourvu qu'il fonctionne parfaitement.

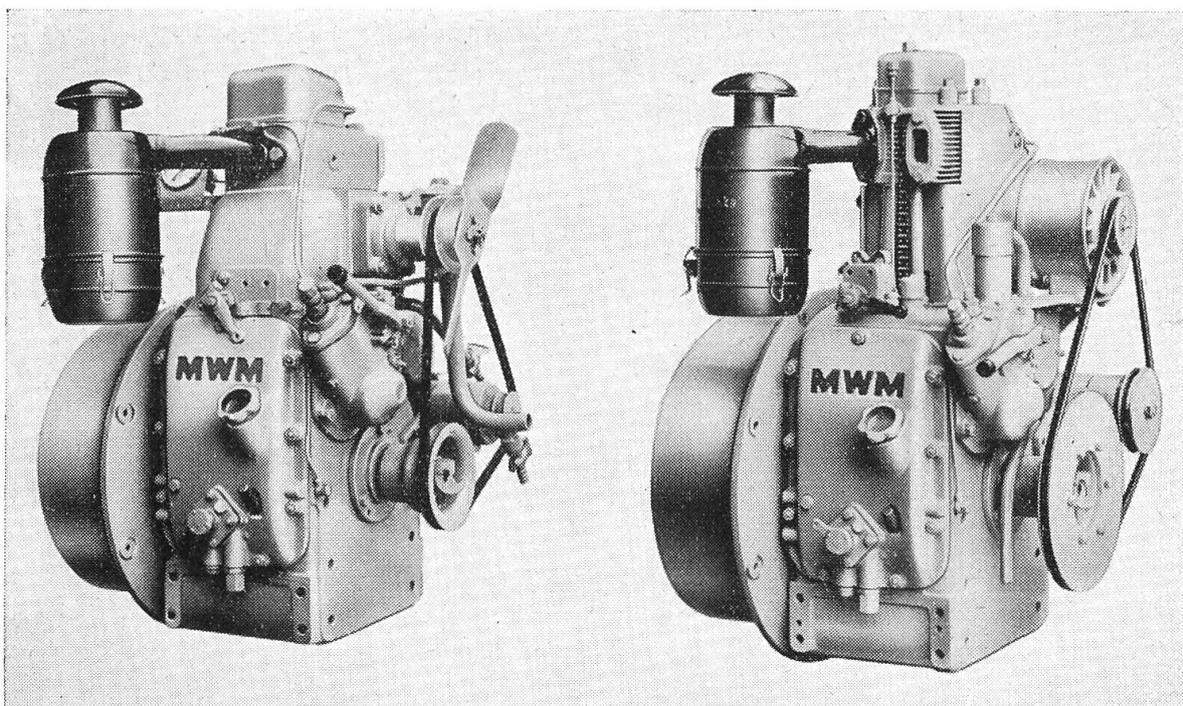
L'avantage essentiel du refroidissement par air est qu'il met le conducteur de tracteur moins à contribution. L'absence de radiateur et de réfrigérant facilite en effet beaucoup l'entretien du moteur et le remisage. On n'a plus besoin de veiller à ce qu'il y ait de l'eau en suffisance dans le radiateur, ni d'ajouter un produit antigel. Il s'agit moins de la dépense de temps occasionnée par les soins à donner et par la surveillance de la circulation d'eau — laquelle est peu importante relativement à d'autres opérations telles que le changement de l'huile ou le remplissage du réservoir à carburant — que des contrôles périodiques nécessaires (avec le refroidissement par eau) à effectuer en vue d'éviter des dégâts, notamment avant le début des grands froids.

A cet égard, les moteurs pourvus de l'un ou de l'autre système de refroidissement peuvent déjà courir des risques en pleine charge, avec nos températures ambiantes maximales, lorsque la surface de refroidissement et le flux d'air sont insuffisants. On donne en général trop d'importance au risque d'une panne de la soufflante du moteur refroidi par air. Il ne peut pas se produire d'arrêt de la soufflante dans les moteurs où elle est incorporée au volant ou bien actionnée par l'intermédiaire de pignons.

Lorsque les moteurs refroidis par air ne sont pas étanches à l'huile, il peut arriver que les interstices des ailettes de refroidissement s'encrassent, ainsi que cela a déjà été constaté. Il est par conséquent nécessaire de procéder à un contrôle régulier à cet égard. Le suintement de l'huile peut être évité si l'on soigne la construction. Un encrassement des dits interstices n'a pas été constaté jusqu'à présent dans les moteurs secs, même après un long usage. Il peut également se produire de l'encrassement dans le radiateur — avec les moteurs refroidis par eau — lorsque l'air ambiant est très poussiéreux, particulièrement pendant le battage. Dans ce cas, le bon fonctionnement des organes dépend également des soins qu'on leur donne. Le nettoyage extérieur et intérieur d'un radiateur peut exiger plus de temps et de peine que celui des ailettes de refroidissement des cylindres.

## **Bruit**

Il y a lieu de distinguer entre le bruit du moteur proprement dit et celui de la soufflante ou du ventilateur. Les bruits du moteur sont engendrés par la combustion, le mouvement des pistons, des soupapes et des organes de distribution, par l'aspiration de l'air et l'échappement des gaz — aussi bien

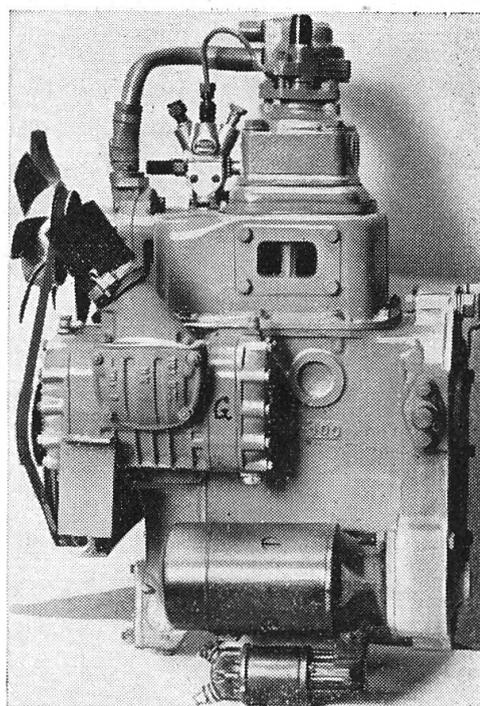
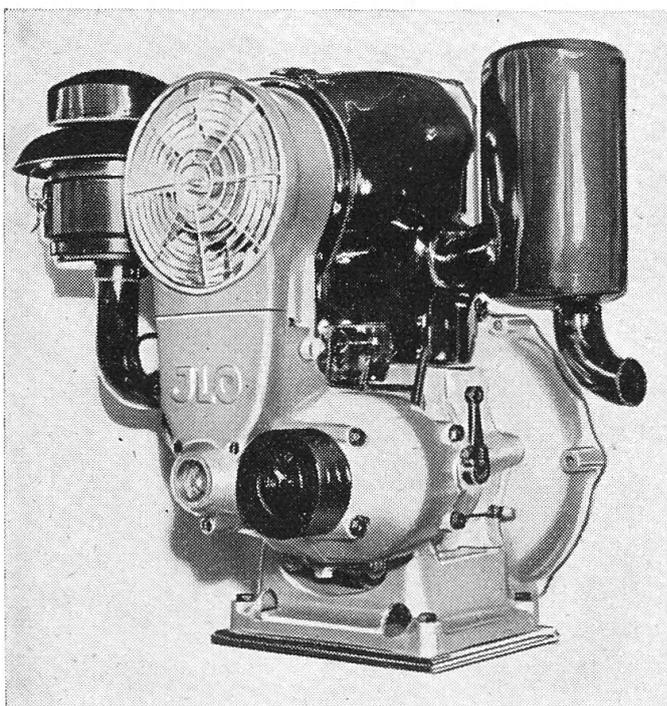


Les moteurs Diesel construits par la fabrique de moteurs de Mannheim (Allemagne).

A gauche: le moteur à refroidissement par eau.

A droite: le moteur à refroidissement par air.

Puissance: 12 CV au régime de 2000 tours/minutes.



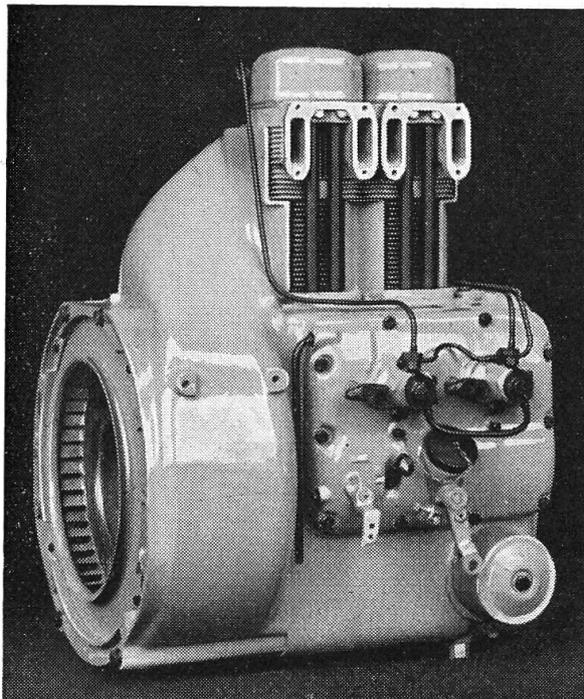
A gauche: le moteur Diesel à 2 temps, refroidi par air, des usines ILO Pinneberg/Hambourg (Allemagne). Puissance: 10 CV au régime de 2000 t/min; cylindrée: 660 cm<sup>3</sup>.

A droite: le moteur Diesel à 2 temps, refroidi par eau, avec compresseur d'air de balayage, de la fabrique Hanomag, Hambourg (Allemagne).

Puissance: 12 CV au régime de 2000 tours/min; cylindrée: 510 cm<sup>3</sup>.

G = compresseur d'air de balayage.

Moteur Diesel à 4 temps avec refroidissement par air, de la fabrique Klöckner-Humbert-Deutz S.A., Cologne (Allemagne).  
Puissance: 22 CV à 2100 t/min.  
Cylindrée: 1530 cm<sup>3</sup>.



avec les moteurs refroidis par air qu'avec ceux refroidis par eau. Il est certain qu'ils sont davantage amortis lors du refroidissement par eau — par l'enveloppe de circulation d'eau autour de la chambre de combustion et des cylindres — que lors du refroidissement par air. Des progrès restent à accomplir à cet égard en ce qui concerne ce dernier mode de réfrigération.

Dans le cas du refroidissement par air, les soufflantes les plus utilisées sont celles du type axial et elles font plus de bruit que le ventilateur du radiateur. Dans certains moteurs refroidis par air, de conception récente, on est arrivé à une notable diminution du bruit en encastrant une soufflante radiale dans le volant et en conduisant l'air de refroidissement à travers un boîtier de fonte.

### **Puissance spécifique**

Le poids de l'air arrivant dans le cylindre — par conséquent le rendement du moteur — diminue dans la mesure où augmentent les températures de la culasse et du cylindre et où l'air est réchauffé lors de son passage dans le canal d'aspiration. En mettant en parallèle des moteurs comparables — c'est-à-dire de même cylindrée, de même régime et de même mode de combustion —, la puissance maximale continue du moteur refroidi par air, à la limite de fumée, est inférieure à celle du moteur refroidi par eau, du fait d'une insuffisance d'air (infolge geringer Füllung). On peut obvier à ces pertes de puissance en accroissant la cylindrée de 4 à 6 %. Etant donné les différents modes de combustion, régimes, etc., les puissances spécifiques des diesels de tracteurs agricoles à 4 temps refroidis par air et par eau que l'on fabrique actuellement en Allemagne sont pareilles. A 1500 t/min, elles oscillent à peu près entre 10 et 12 CV/lit et à 2000 t/min, entre 13 et 15 CV/lit.

Il est possible d'augmenter la pression motrice tant des moteurs refroidis par air que de ceux refroidis par eau au moyen de la suralimentation. Pour les diesels de tracteurs agricoles, cette dernière entre avant tout en considération avec les moteurs à 2 temps. L'utilisation de cette possibilité est cependant plus limitée avec le refroidissement par air en raison de l'échauffement supérieur de la culasse et des cylindres qui est inhérent à ce système.

### **Consommation de combustible et d'huile**

Du fait que les températures des parois de la chambre de combustion du moteur réfrigéré par air sont plus hautes que lorsqu'il s'agit du moteur refroidi par eau, aussi sous charge partielle — ce qui implique de moindres pertes par refroidissement et un degré plus bas de la viscosité de l'huile —, on attribue au refroidissement par air une diminution de la consommation spécifique de carburant lors de charge partielle. On peut dire par contre que les températures correspondantes des parois des cylindres d'un moteur réfrigéré par eau, avec réglage par thermostat, n'ont pas un effet sensiblement différent sur la viscosité de l'huile et que l'influence d'une bonne ou d'une mauvaise combustion sur la consommation de combustible est prépondérante. Il y a ainsi des diesels comparables de tracteurs agricoles, refroidis par air et par eau, qui accusent une basse consommation spécifique sous charge partielle parce qu'ils ont une bonne combustion, tandis que d'autres diesels refroidis aussi bien par air que par eau font une grande consommation de carburant du fait que leur processus de combustion est relativement mauvais.

Il en est de même lors de l'appréciation de l'usure de l'huile, le terme usure signifiant la quantité d'huile consommée pendant le fonctionnement du moteur. On ne peut pas prétendre que le diesel de tracteur agricole refroidi par eau consomme en général moins d'huile que celui refroidi par air, parce que le jeu des pistons est moindre que dans le cas du refroidissement par air. La consommation d'huile est déterminée bien plus par la viscosité de l'huile, le mode de combustion et la composition des segments de pistons, que par le système de refroidissement. Une usure de l'huile égale à 1 % de la consommation de carburant est une valeur moyenne atteinte dans des conditions normales de fonctionnement, tant avec les moteurs à 4 temps refroidis par air qu'avec ceux refroidis par eau. Les moteurs à 2 temps avec balayage du carter-moteur accusent un taux plus élevé. Mais ce qui compte bien davantage au point de vue des frais de lubrifiant, c'est la quantité d'huile employée lors des changements réguliers effectués après 100 ou 120 heures de service.

### **Encombrement et poids**

Les diesels actuels à un ou plusieurs cylindres, refroidis par air ou par eau, de même puissance et de régime égal, se différencient à peine l'un de

l'autre dans leurs dimensions générales. La plupart des diesels réfrigérés par eau ont une structure plus étroite au-dessus du carter-moteur; mais la largeur du moteur réfrigéré par air, qui est supérieure, n'est toutefois pas assez importante pour gêner davantage la vue du conducteur — en hauteur et en largeur — qu'avec le refroidissement par eau. Ce dernier, avec son radiateur, son ventilateur et ses déflecteurs d'évacuation de l'air, prend davantage de place que le moteur refroidi par air. Celui-ci peut en outre être plus facilement monté en différents endroits du tracteur, ce qui est avantageux du point de vue de la fixation des instruments accessoires.

Le poids des moteurs refroidis par air est plutôt inférieur à celui des moteurs refroidis par eau, particulièrement si l'on ajoute le poids du radiateur pour ces derniers. Etant donné les différents régimes de rotation et modes de fonctionnement des diesels de tracteurs agricoles à refroidissement par air et par eau, une comparaison ne peut pas donner de vue d'ensemble. Par contre, si l'on confronte des diesels à 4 temps de type récent, de même régime et d'égale puissance, on verra que le rapport poids/puissance des moteurs à un, deux, trois et quatre cylindres est d'environ 18, 12, 10 et 8 kg/CV, que se soit avec un mode de refroidissement ou avec l'autre. Ces chiffres s'entendent sans le poids du radiateur, pour le refroidissement par eau. Le poids d'un diesel à 2 temps de type récent, refroidi par eau, d'une puissance de 12 CV, d'un régime de 2000 t/min, avec compresseur d'air de balayage, est de 8,3 kg/CV sans radiateur et de 9,4 kg/CV avec radiateur + eau. Un moteur récent de 15 CV, à 2 temps, refroidi par air et d'un régime de 1800 t/min, pèse environ 8,7 kg/CV avec compresseur d'air de balayage.

### **Frais de fabrication (Bauaufwand) et prix**

L'établissement des frais de fabrication d'un moteur demande la prise en considération du poids brut des matériaux (Einsatzgewicht), du poids du produit fini (Fertiggewicht), des matériaux employés, de l'usinage et de la puissance spécifique. Avec le système de refroidissement par air, on utilise surtout du métal léger — des coulées de métal lourd étant notamment prévues pour les chambres de combustion —, tandis qu'on utilise surtout de la fonte pour les moteurs refroidis par eau. La soufflante peut représenter une plus forte dépense que la pompe à eau + la commande du ventilateur, pour autant qu'elle ne soit pas incorporée au volant. Mais il y a d'autre part la dépense du radiateur, dans le cas du refroidissement par eau. Le moteur multicylindre refroidi par air permet de fabriquer plus d'éléments identiques, ce qui est avantageux du point de vue des frais de fabrication et du stockage de pièces de rechange.

On doit dire que les frais de fabrication d'un moteur refroidi par air sont en général plus élevés que ceux d'un moteur refroidi par eau, particulièrement si l'on tient compte des frais de recherches pratiques et d'études.

## Considérations finales

Bien que la proportion des moteurs pour tracteurs à refroidissement par air soit en constante augmentation (18 % en 1952, 26 % en 1953), il semble cependant qu'il soit prématuré de vouloir se prononcer catégoriquement en faveur soit du refroidissement par air, soit de celui par eau pour les diesels de tracteurs. La fabrication de l'un et de l'autre type de ces moteurs subit encore trop de changements actuellement, lesquels tendent à diverses améliorations concernant le fonctionnement, la sécurité et le rendement, de même qu'à réduire le poids, l'encombrement, le prix d'achat et les frais d'utilisation. En adoptant le refroidissement par air, les constructeurs de moteurs de tracteurs agricoles refroidis par eau ont été poussés à utiliser les possibilités de perfectionnement que permet encore le refroidissement par eau. Quelques fabriques sont parvenues à des succès dignes d'attention à cet égard. Il faudrait donc tenir davantage compte de l'importance de l'évolution constante de la fabrication, et, plutôt que de prendre nettement position en faveur du refroidissement par air ou de celui par eau, il serait indiqué de mettre en parallèle les avantages et désavantages de ces deux modes de refroidissement sur des moteurs comparables, et de considérer chaque cas en particulier aussi objectivement que possible. (Trad. R. Schmid)



Faites rénover vos pneus de tracteurs selon le procédé à anneaux

# TYRESOLES

l'organisation de rénovation la plus vaste du monde. - Utilisation immédiate du pneu.

Demandez prix-courant ou visite du représentant.

2 Usines: **Vevey** et **Glattbrugg-Zurich**

Tél. (051) 93 69 33

**TYRESOLES** (Suisse) S.A. **VEVEY**

Rue des Bosquets - Téléphone (021) 5 49 61