

Entretien du moteur

Entretien du moteur diesel marin

Pour bien entretenir un moteur, une règle simple : appliquez scrupuleusement les préconisations du constructeur contenues dans le manuel d'opérations. Le présent article est un "pense-bête", une sorte de tronc commun à tous les diesels marins qui résume les préconisations générales.

Il est destiné aux plaisanciers qui ont peu de compétence en mécanique mais souhaitent faire les quelques gestes nécessaires pour éviter des pannes qu'un tout petit peu d'attention aurait évitées.

Avertissement : cela fait quelques années que je fais l'entretien courant de mes moteurs marins (Volvo TAM31, TAM40, et maintenant Mitsubishi S6S) mais je ne suis pas mécanicien professionnel. Donc... les conseils (de préférence désintéressés) d'un homme de l'art seront toujours bienvenus.

L'entretien du moteur est à prendre très sérieusement. Un entretien insuffisant conduit à :

- une usure prématurée du moteur. On voit sur certains bateaux des moteurs ayant tourné à peine 2 à 3000 heures, complètement à bout de souffle, avec une compression effondrée sur un ou plusieurs cylindres, une oxydation générale, etc. Le même moteur bien entretenu serait en parfait état, à peine au premier tiers de sa vie.
- un risque élevé de panne... qui selon le principe de l'ennui maximum survient toujours quand elle est la plus gênante, voire dangereuse.
- une consommation plus élevée que nécessaire.

Je présente d'abord les notions de base sur le fonctionnement du moteur qui justifient les opérations d'entretien, puis ces opérations sous forme d'un tableau.

L'entretien par fonctions et composants

Fonction lubrification

La lubrification d'un moteur est un phénomène complexe. Bien évidemment, le rôle de l'huile est de lubrifier les pièces en mouvement, c'est à dire de créer à leur surface une mince pellicule qui supprime les phénomènes d'abrasion dus aux frottements. Cela paraît simple, mais ça ne l'est pas. Les frottements entre les pièces provoquent en effet un échauffement de la pellicule d'huile. L'huile échauffée s'oxyde, et se faisant perd ses qualités lubrifiantes. Cette perte amplifie les phénomènes de frottements qui eux-mêmes accélèrent la formation des peroxydes, etc.

Le second rôle de l'huile est d'entraîner les résidus de combustion qui se déposent sur les parois des cylindres. Bien évidemment, au fil des heures de fonctionnement le taux de ces résidus dans l'huile augmente.

Résultat de tout cela : après quelques dizaines d'heures de fonctionnement, l'huile est chargée de :

- peroxydes, résultant de l'oxydation de l'huile;

- résidus de combustion : suie, eau, composants soufrés (le gazole contient plus ou moins de soufre), et notamment de l'acide sulfurique
- particules métalliques microscopiques arrachées aux pièces en mouvement
- diverses molécules résultant de la décomposition de l'huile elle-même, cette décomposition étant plus rapide avec les huiles naturelles obtenues par simple distillation du pétrole qu'avec les huiles de synthèse.

Plus le taux de ces résidus divers augmente, plus l'huile perd ses qualités de lubrification. A ce problème, une seule réponse, changer l'huile assez souvent, **au minimum** une fois par an ou toutes les 200 heures de fonctionnement avec une bonne huile de synthèse.

Choisir une huile d'une viscosité adaptée à nos besoins : la 10W 40 est bonne pour une utilisation entre -20° l'hiver à 45° l'été, ce qui est adapté à nos régions. Evitez de mélanger deux huiles de marques différentes, et surtout ne mélangez jamais une huile de synthèse et une huile naturelle.

Enfin, changer en même temps le filtre à huile dont le rôle est de retenir les boues (suies, particules métalliques, etc.) au fur et à mesure de leur production.

Fonction refroidissement

Le refroidissement du moteur peut être assuré par un double circuit ou par un circuit fermé unique (*keelcooling*). Dans les deux cas, le moteur est refroidi par un *fluide caloporteur*, le liquide de refroidissement, qui circule dans des cavités du bloc moteur, autour des cylindres et du collecteur d'échappement notamment. Le fluide est "poussé" par une pompe. Le refroidissement est régulé par une vanne contrôlée par un thermostat. Un réservoir de liquide de refroidissement sert de vase d'expansion, ce liquide se dilatant lorsqu'il chauffe.

Les deux systèmes diffèrent par la façon dont ce fluide caloporteur va être lui même refroidi.

Dans un système type "keelcooling", on envoie le liquide de refroidissement dans un tuyau en fer qui circule sous le bateau, le long de la quille, dans l'eau extérieure (la mer). Le circuit est fermé : le liquide circule en boucle, sans communication avec l'extérieur. Jamais aucune goutte d'eau extérieure n'entre dans le bateau pour la fonction refroidissement. C'est un excellent système pour les bateaux à coque acier.

Dans le système à échangeur, le liquide de refroidissement passe dans un échangeur de température constitué d'une réseau de petits tubes métalliques qui baignent dans de l'eau pompée à l'extérieur (eau de mer). L'échangeur se présente comme une grosse boîte rectangulaire métallique accolée au bloc moteur. La fonction pompage de l'eau extérieure est assurée par une pompe, généralement équipée d'une turbine en caoutchouc, qui est distincte de la pompe qui entraîne le liquide de refroidissement. Les deux circuits, celui du liquide de refroidissement et celui de l'eau extérieure qui le refroidit ne communiquent pas : les deux fluides ne doivent jamais se mélanger. Bien entendu, l'eau extérieure étant chargée d'impuretés (sable, coquilles, algues,...), doit être filtrée avant d'être admise dans la pompe à eau de mer et dans l'échangeur. Dans le système à échangeur, de l'eau de mer est donc pompée de l'extérieur pour être injectée dans l'échangeur. A la sortie de l'échangeur, elle est injectée dans le circuit d'échappement des gaz brûlés pour refroidir ceux-ci. On peut donc facilement vérifier que le circuit "eau de mer" fonctionne bien en s'assurant que de l'eau de mer est expulsée par l'échappement humide, en même temps que les gaz d'échappement. Si "ça ne crache pas" il faut impérativement arrêter le moteur et vérifier le circuit : vanne de sécurité restée fermée, crépine obstruée, filtre à eau mer colmaté, ou rotor de la pompe abimé.

Enfin il existe un **système mixte** dans lequel le refroidissement est assuré par un circuit fermé

de type keelcooling, mais où de l'eau de mer est pompée, filtrée, puis injectée dans le circuit d'échappement. Dans un tel système, l'eau de mer pompée ne refroidit donc pas le liquide primaire de refroidissement mais uniquement les gaz d'échappement. Ce système de keelcooling à échappement humide se trouve sur certains bateaux hollandais.

Dans tous les cas, le liquide de refroidissement primaire (celui qui circule dans le bloc moteur), n'est jamais de l'eau mais un liquide de synthèse qui, outre son rôle de caloporteur, assure une fonction de protection de l'intérieur du bloc moteur contre la corrosion et de régulateur de pH. Enfin ce liquide doit être antigel pour ne pas geler et fendre le bloc moteur (ou les tubes de l'échangeur) lorsque le bateau reste immobilisé en plein hiver.

Dans un moteur diesel marin ou industriel, le liquide doit impérativement respecter les préconisations du constructeur qui prennent en compte la nature exacte des métaux utilisés (chemises, collecteur, etc). Le constructeur recommande un liquide qui ne créera pas de réaction chimique avec ces métaux lorsqu'il sera en contact avec eux pendant des heures, à une température de 80°, et sous une pression élevée. En pratique, il faut choisir un liquide "quatre saisons" de bonne qualité, garanti sans amines (composés amoniaqués). Ce liquide doit être intégralement changé tous les deux ou trois ans (pas plus !) car avec le temps son pH se modifie et il finit par attaquer le métal du moteur, notamment les chemises des cylindres.

Pour résumer, la fonction refroidissement nécessite:

- un circuit primaire totalement étanche ;
- un liquide caloporteur primaire de bonne qualité et en quantité suffisante;
- un thermostat de régulation qui fonctionne (non colmaté)

et dans le cas d'un système à échangeur ou mixte :

- un prise d'eau de mer (crépine, filtre) non colmatée
- une pompe à eau de mer qui fonctionne (turbine caoutchouc en bon état)
- un échangeur en bon état : tubes non colmatés, pas de fuite entraînant un mélange entre eau extérieure et liquide primaire

Fonction alimentation

La fonction alimentation vise d'une part à faire entrer de l'air frais dans le cylindre au moment où le piston descend (1er temps du cycle), puis à pulvériser sous haute pression un nuage de gazole dans chaque cylindre, *au bon moment*, c'est à dire quelques micro-secondes avant le point mort haut (2eme temps). Deux types d'alimentation existent : alimentation atmosphérique, ou suralimentation (alimentation par turbo-pompe).

Dans les deux cas, le gazole est pompé dans le réservoir par la *pompe d'alimentation*. Il passe par un *décanteur* où il va abandonner les éventuelles traces d'eau qu'il contient, puis par un *filtre*. Il est ensuite amené à une *pompe d'injection* qui va distribuer du carburant sous très haute pression vers les *injecteurs* qui envoient un nuage de gazole pulvérisé dans les cylindres. Un injecteur est fondamentalement un sorte de buse et une aiguille qui coulisse dans la buse : l'aiguille obstrue la buse lorsqu'elle descend et l'ouvre en remontant.

La pièce maîtresse de ce circuit est la pompe d'injection. C'est elle qui va envoyer du gazole sous pression vers les injecteurs au bon moment. Les injecteurs sont passifs : lorsque la pompe envoie le gazole sous pression vers un injecteur, cette pression exerce une force supérieure à la pression exercée par le ressort sur l'aiguille de cet injecteur, l'aiguille se soulève et le gazole peut être pulvérisé dans le cylindre. Lorsque la pompe coupe la pression

sur un injecteur, le ressort de cet injecteur, s'il est convenablement taré, laisse retomber l'aiguille et le gazole n'est plus admis dans le cylindre. Comme dans tout moteur à explosion 4 temps, il est indispensable de régler très précisément le moment au quel on admet le carburant dans le cylindre. C'est au PMH (point mort haut) que le volume du cylindre est minimum, la pression est donc maximum, et le mélange air-carburant peut s'enflammer le plus efficacement pour repousser le piston vers le bas. On règle très précisément le *calage* de la pompe d'injection qui détermine le moment d'envoi de la haute pression vers chaque injecteur, et au niveau de l'injecteur le *tarage* du ressort qui contrôle la redescende de l'aiguille au moment où la pression de gazole diminue.

Dans tous les moteurs diesel 4 temps, même les plus récents, l'admission de l'air frais et l'échappement des gaz brûlés sont contrôlés par des *soupapes*, placées en tête des cylindres. Ces soupapes sont actionnées soit directement par des *comes* (arbre à came en tête, les comes sont au contact des tiges de soupapes), soit par l'intermédiaire de *culbuteurs*, petits leviers qui transmettent le mouvements des comes aux têtes de soupapes.

Cette présentation est très très simplifiée. Dans bon nombre de moteurs, le mélange est admis dans une chambre de turbulence (*swirl-chamber*) pour optimiser le mélange et le remplissage complet de la chambre de combustion, mais cela n'a aucune influence sur les opérations d'entretien que nous aurons à réaliser.

Dans le système classique il y a soit un corps de pompe d'injection par cylindre moteur, soit une pompe unique qui envoie la haute pression successivement à chaque injecteur. Dans le système à rail de distribution (*common rail*), il y a une pompe unique qui envoie le carburant sous très haute pression dans un "rail", un tube unique qui dessert tous les injecteurs. L'injection proprement dite dans chaque cylindre est réglée par des électrovannes qui contrôlent l'ordre et le moment des temps d'injection dans chaque cylindre.

Dans tous les cas, une partie du gazole sert à la lubrification du système d'alimentation : il n'est pas admis dans les injecteurs, mais revient par un tuyau retour vers le réservoir de gazole.

Dans une alimentation "turbo-compressée" on ajoute une turbine qui comprime l'air avant son admission dans les cylindres. Dans le système atmosphérique, l'air est simplement aspiré par le mouvement descendant du cylindre qui joue à ce moment le rôle d'une pompe d'aspiration d'air. Dans le système turbo, l'air est comprimé avant d'être envoyé vers les soupapes d'admission.

La fonction alimentation nécessite donc (pour ce qui nous intéresse ici) :

- une prise d'air frais et un filtre à air qui doit fournir un air parfaitement *propre* et avec *un débit suffisant*
- un réservoir à gazole, propre, contenant un carburant de bonne qualité, non souillé par de l'eau ou des débris divers;
- des tuyaux de circulation du gazole non colmatés et sans fuite;
- un bol décanteur ou l'on sépare le gazole des traces d'eau qu'il pourrait contenir, résultant de la condensation de vapeur d'eau dans les réservoirs. Il faudra donc périodiquement vider ce bol de l'eau qui pourrait s'y trouver.

- un filtre à gazole pour retenir les micro-impuretés qu'il pourrait encore contenir;
- une pompe à gazole (pompe d'alimentation) pour pomper le carburant dans le réservoir, lui faire traverser le bol et les filtres, et l'amener à la pompe d'injection
- une pompe d'injection qui comprime le gazole à haute ou très haute pression (1500 à 2000 bars pour un common-rail !)
- des injecteurs qui pulvérisent le gazole dans les cylindres au bon moment
- pour un moteur "turbo", une turbine de compression d'air.
- des soupapes parfaitement étanches, bien réglées qui contrôlent l'admission de l'air et la sortie des gaz brûlés.

Tout ceci fonctionnera bien si le carburant et l'air sont admis en quantité suffisante, sont parfaitement propres (aucune trace d'eau, pas de poussière ou de suie, ...) si les pompes sont en bon état et que les injecteurs sont propres et bien réglés, et que les culbuteurs sont bien réglés.

Fonction production électrique, démarreur et préchauffage

Ce sont des fonctions différentes mais comme à elles trois elles forment tout ce qui a trait à l'électricité dans un moteur diesel, je les regroupe dans une même section.

La production électrique sert à recharger les batteries du bord, batteries de démarrage et batteries pour les accessoires et la vie à bord. Les éléments sont :

- Un alternateur, qui fournit du courant 12V en général, parfois 24V. Il est entraîné par une courroie dont le bon état et la tension doivent être surveillés régulièrement.
- Des batteries, en nombre variable, représentant une capacité de stockage électrique et de débit instantané suffisant pour leurs usage, alimentation du démarreur, des accessoires de bord, du guindeau électrique, etc.
- Un fusible ou disjoncteur de sécurité général
- Un régulateur de tension
- Un ensemble de coupe-circuits (généralement deux) permettant d'isoler les batteries de démarrage lorsque le moteur est à l'arrêt, pour éviter de les décharger.

A retenir :

1. Les batteries appelées à être connectées ensemble doivent être du même type. Ne pas mélanger dans l'installation des batteries à électrolyte en gel et à électrolyte liquide.
2. Le fait de déconnecter les batteries ou d'ouvrir les coupe-circuits lorsque le moteur tourne provoque **la destruction du circuit électrique** (régulateur notamment).

Le démarreur est un moteur électrique d'assez forte puissance, fonctionnant sous ampérage élevé. Il est conçu pour fonctionner en charge pendant de très courte période, de l'ordre de 10 secondes maximum. Si un moteur ne démarre pas, il ne faut pas tirer sur le démarreur plus de 10 secondes. Dans un tel cas, laisser le démarreur se refroidir 30 secondes avant de réessayer.

Le préchauffage sert à chauffer les chambres de combustion avant un démarrage à froid.

Dans un moteur diesel, le mélange carburant + air s'enflamme spontanément sous l'effet de la haute pression régnant dans la chambre de combustion (cylindre). Le "point éclair" du mélange dépend de la pression et de la température. Lorsque le moteur est froid (notamment l'hiver), et / ou lorsque les cylindres comportent une chambre de turbulence, le mélange ne s'enflamme pas spontanément. On utilise des bougies de préchauffage à filament pour préchauffer la chambre juste avant d'actionner le démarreur.

Un minuteur vous prévient (signal sonore et/ou signal lumineux) que la température correcte est atteinte et que vous pouvez démarrer. Si vous continuez à préchauffer au delà de ce délai, vous risquez de détruire les filaments des bougies de préchauffage.

Transmission

Notre moteur tourne, il est convenablement lubrifié et refroidi, il reste à transmettre le mouvement rotatif du vilebrequin jusqu'à l'hélice du navire. C'est le rôle de la transmission. Outre son rôle fondamental de transmission du mouvement, on lui demande quatre choses :

- permettre de faire tourner l'hélice dans un sens ou dans l'autre (marches avant et arrière), c'est la fonction **inverseur**;
- faire tourner l'hélice dans une plage de vitesses de rotation qui lui convienne qui ne correspond pas nécessairement à la plage des régimes moteur, c'est la fonction **réducteur**
- transmettre la poussée engendrée par l'hélice vers le bloc moteur solidaire de la coque
- transmettre ces mouvements et cette poussée sans laisser entrer d'eau, alors même que le moteur est hors d'eau et que l'hélice est dans l'eau !

La transmission comprend six éléments principaux : un inverseur réducteur, sorte de boîte de vitesses simplifiée, un arbre moteur, un tube et un palier qui permettent à l'arbre de passer à travers la coque sans battre, un presse-étoupe (ou joint tournant, peu importe) qui assure l'étanchéité à la sortie de l'arbre, une bague hydrolube en caoutchouc qui assure le maintien latéral de l'arbre à la sortie du tube d'étambot ou au passage de la chaise d'arbre, et enfin l'hélice elle-même.

L'inverseur réducteur est une boîte de vitesse simple : une vitesse avant et une arrière. Elle demande seulement à être bien lubrifiée, avec une bonne huile propre qui lui convienne.

L'arbre demande seulement à être parfaitement aligné avec la sortie de l'inverseur. Il faudra vérifier cet alignement de temps en temps en raison de l'écrasement progressif des silent-blocs sur lesquels le moteur repose.

Le presse étoupe classique est composé d'un boîtier, d'une tresse textile imbibée de graisse, et d'un graisseur. Le presse étoupe classique est parfaitement fiable et étanche pour peu que la graisse ne manque jamais. On a maintenant inventé des joints tournants sans graisse. Je n'aime pas du tout, quand ça claque l'eau inonde rapidement le bateau. On a aussi inventé des joints en caoutchouc à bec de canard. Cela a l'air moins mal, mais je préfère encore le bon vieux presse-étoupe à graisseur avec lequel les problèmes s'annoncent par de tout petits suintements. Les joints modernes claquent d'un coup, c'est très désagréable de se retrouver en quelques dizaines de minutes avec des centaines de litres d'eau dans les fonds.

Tableau récapitulatifs des vérifications et opérations d'entretien courant

Le tableau ne traite pas les opérations spécifiques à la période de rodage. Voir votre manuel d'opérations.

	Quotidien	Tous les 15 jours ou 100 heures	Tous les ans ou 200 heures	Un an sur deux, ou 400 heures
Niveau liquide refroidissement	Vérifier (1)			
Niveau huile moteur	Vérifier (1)			
Refroidissement	Vérifier échap.			
Indicateurs (charge batterie, temp. moteur, pression huile)	Vérifier			
Electrolyte batteries classiques		Vérifier, compléter		
Filtre à eau de mer		Nettoyer		
Filtre primaire gazole et bol décanteur		Vérifier, nettoyer		
Thermostat et alarme		Vérifier, nettoyer		
Filtre à air			CHANGER élément filtrant	
Filtre à gazole			Nettoyer	CHANGER
État et tension courroie alternateur			Vérifier, régler, changer si néc.	
Huile moteur			CHANGER	
Filtre à huile			CHANGER	
Huile inverseur			Vérifier	CHANGER
Bloc moteur			Nettoyer, dégraisser, désoxyder, protéger	
Turbine pompe refroidissement "eau de mer"			Vérifier, changer si néc.	CHANGER
Arbre, paliers, hélice			Vérifier état et jeu	
Boulonnerie moteur et accessoires			Vérifier	
Anodes zinc moteur				CHANGER
Alignement moteur ligne d'arbre				Vérifier

Filtre à gazole			CHANGER	
Durites, tuyaux souples				Vérifier, changer si néc.
Liquide de refroidissement				PURGER, CHANGER
Réservoirs de gazole				Vidanger, purger, nettoyer le dépôt

(1) De nombreux plaisanciers (moi le premier) s'abstiennent de vérifier les niveaux chaque jour : il faut soulever les planchers, descendre dans la cale moteur, etc. Nous avons surement tord. ***Mais il faut s'obliger à le faire réellement au moins une fois par semaine.*** Et bien entendu **surveiller tout le temps les cadrans** : pression d'huile, température moteur, intensité de la charge batterie. En cas d'anomalie d'un seul de ces indicateurs il faut arrêter impérativement, et descendre regarder ce qui se passe.

Les règles de bonne utilisation

Pour éviter l'usure prématurée et les ennuis, l'entretien ne suffit pas, il faut aussi bien utiliser son moteur. Par exemple :

- **Avant le démarrage**, appliquez la check-list : la vanne de prise d'eau de refroidissement est ouverte, le robinet de gazole est ouvert, le niveau d'huile est ok, le niveau de liquide de refroidissement (antigel) est ok, la prise de quai est débranchée et le coupe-circuit de la batterie de démarrage est fermé (sauf système automatique).
- **Démarrage**. Utiliser le préchauffage pendant la durée prévue (timer à sonnerie et ou lampe témoin qui s'éteint), puis actionnez le démarreur. En règle générale, on ne doit jamais solliciter le démarreur pendant plus de cinq secondes. Si le moteur n'a pas démarré en cinq secondes, laisser le démarreur refroidir une trentaine de secondes, et réessayez une seconde fois. ***Si à la seconde tentative le moteur n'a pas démarré, ne pas insister.*** Il y a un problème qui doit être diagnostiqué. Un moteur diesel moderne en bon état démarre toujours à la première ou à la deuxième tentative.
- **Chauffage moteur**. Un moteur diesel doit être mis en température avant de fournir un gros effort (note: il est préférable de naviguer ***au ralenti*** pendant ce préchauffage, plutôt que de laisser le moteur tourner à vide avec l'hélice débrayée). Compter dix minutes pour mettre un moteur en température avant d'accélérer. Surveiller les témoins : température moteur, pression d'huile.
- **Eviter les variations thermiques inutiles**. Les diesels marins détestent les variations thermiques. Si vous devez vous arrêter quelques instants (éclusage par exemple), ***ne coupez pas le moteur.***
- **Arrêt en douceur**. Si vous avez utilisé le moteur à régime élevé et que celui-ci est donc bien chaud, laisser le tourner quelques minutes au ralenti avant de le couper. La baisse progressive de température ainsi obtenue est très bonne pour le moteur.

Symptômes et diagnostic

Je n'indique ici que les incidents les plus fréquents que tout plaisancier expérimenté doit reconnaître.

Fortes vibrations de l'appareil propulsif accompagnées de perte de puissance

- Cordage ou sac plastique pris dans l'hélice (un grand classique...)
- Hélice cassée ou ébréchée (rentrez à très basse vitesse, ralenti mini pour ne pas tout casser !)

Le moteur chauffe

- Vanne de prise d'eau restée fermée
- Crépine obstruée par algues, débris végétaux ou sac plastique
- Filtre primaire eau de mer sale
- Turbine de la pompe à eau de mer abimée

Le moteur ne crache pas d'eau par l'échappement humide

- Pompe de refroidissement eau de mer désamorcée après remise à l'eau du bateau
- Vanne de prise d'eau restée fermée
- Crépine obstruée par algues, débris végétaux ou sac plastique
- Filtre eau de mer sale
- Turbine de la pompe à eau abimée

Le moteur hoquète et cale

- Impuretés ou eau dans le gazole
- Prise d'air dans le circuit d'alimentation
- Panne sèche

Le moteur s'arrête brusquement avec un fort claquement

- Cela peut être trente six choses qui ont cassé. Appeler le CROSS, le SAMU, le mécano du port, brûlez des cierges, ce n'est plus à votre portée de diagnostiquer et réparer.

Le démarreur ne tourne pas

- Coupe-circuit de la batterie démarrage resté ouvert
- Batteries à plat (il faudra diagnostiquer pourquoi elles sont à plat. Vérifier l'état de l'alternateur)
- Cosses oxydées ne faisant plus contact
- Disjoncteur moteur général ouvert
- Eau ou air dans le circuit gazole

Le moteur ne démarre pas

- Manette de commande d'arrêt sortie
- Robinet du réservoir de carburant fermé
- Présence d'air dans l'alimentation (purger au niveau du filtre à gazole, puis au niveau de la pompe d'injection, et enfin au niveau des injecteurs si ça ne démarre toujours pas)

- Présence d'eau ou d'impuretés dans le gazole (vérifier au niveau du bol décanteur, et au niveau du filtre à gazole).

Emission de fumée noire : mauvaise combustion

- Filtre à air colmaté
- échappement colmaté (si échappement humide, vérifier l'état du coude d'échappement)
- Le moteur a tourné longtemps au ralenti (le fumées disparaissent lorsque l'on accélère)
- Un injecteur bouché ou déréglé (dans ce cas, s'accompagne de perte de puissance)
- Mauvais calage de la pompe d'injection (après une intervention sur celle-ci)

Émission de fumée grise ou bleutée : le moteur brûle de l'huile

- Si perte de puissance, pompe d'injection déréglée ou poussoirs des aiguilles d'injecteurs déréglés
- Vous avez mis trop d'huile dans le carter d'huile.
- Usure du moteur (cylindres, segments,...)

Le moteur émet de la fumée blanche : vapeur d'eau

- Entartrage de l'échangeur ou du coude d'échappement humide
- Joint de culasse claqué

Le moteur manque sensiblement de puissance (ne prend pas ses tours)

- Filtre à carburant encrassé
- Filtre à air encrassé
- Si émission de fumées voir ci-dessus
- Si vibrations voir ci-dessus, paragraphe "vibrations"