

LOI DU 10 JUIN 1999 RELATIVE AUX ETABLISSEMENTS CLASSES		
EXPOSE DE LA SERIE : IMMEUBLES	EXP- 143.1.e/f	
«Installations Utilitaires – Groupes Electrogènes»	(cas : groupes électrogènes)	Version du 16.05.2003

**Les groupes électrogènes
du point de vue de la protection de l'environnement**

- exposé -

1 Introduction

Les groupes électrogènes figurent parmi les différents moyens de production d'électricité. Le fonctionnement d'un groupe électrogène se base sur le principe suivant lequel l'énergie mécanique est produite par un moteur à gaz ou moteur diesel (moteur thermique) qui entraîne un alternateur produisant de l'électricité.

Le tableau suivant reprend les différentes applications d'un groupe électrogène.

Désignation
- production d'énergie électrique de secours ;
- production d'énergie électrique de pointe ;
- production d'énergie électrique.

À l'état actuel de la technologie le rendement global le plus élevé pouvant être atteint avec les moteurs en question est d'environ 42%, le reste de l'énergie étant des pertes thermiques.

Un autre moyen pour produire du courant électrique est la cogénération. L'installation de cogénération produit simultanément de l'énergie électrique et de la chaleur. Les éléments principaux d'une installation de cogénération sont le moteur thermique, le générateur, l'échangeur de chaleur et l'installation de distribution. Le rendement global d'une telle installation est nettement plus élevé que celui d'un groupe électrogène. Des valeurs supérieures à 80% peuvent être atteintes. Par conséquent, l'application des installations de cogénération conduit à une diminution substantielle de la production de CO₂.

Dans les chapitres subséquents, l'exploitation du groupe électrogène est analysée afin de pouvoir déterminer les critères qui sont nécessaires pour garantir les objectifs visés par la loi du 10 juin 1999 relative aux établissements classés.

2 La législation environnementale

Ce chapitre décrit la législation pertinente relative à l'installation et l'exploitation d'un groupe électrogène.

2.1 Législation en matière d'autorisation

La loi du 10 juin 1999 relative aux établissements classés.

L'objectif principal de la loi du 10 juin 1999 relative aux établissements classés est mentionné ci-après. Cet objectif constitue :

- la réalisation de la prévention et de la réduction intégrée des pollutions en provenance des établissements ;
- la protection de la sécurité, de la salubrité ou de la commodité par rapport au public, au voisinage ou au personnel des établissements ;
- la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs au travail ainsi que la protection de l'environnement humain et naturel ;
- la promotion d'un développement durable.

Par la suite, il est fait abstraction des aspects de protection de la sécurité, ce domaine ne relevant pas du département de l'environnement. Tout établissement industriel, commercial ou artisanal, public ou privé, toute installation, toute activité connexe et tout procédé, dont l'existence, l'exploitation ou la mise en œuvre peuvent présenter des causes de danger ou des inconvénients pour l'homme ou la nature doit disposer d'une autorisation.

L'installation et l'exploitation d'un groupe électrogène sont soumises à autorisation conformément au règlement grand-ducal modifié du 16 juillet 1999 portant nomenclature et classification des établissements classés, pour autant que la puissance électrique du groupe électrogène est supérieure ou égale à 200 kW. De plus les groupes électrogènes fonctionnant en tant que groupe électrogène de secours d'une puissance électrique supérieure ou égale à 200 kW sont également soumis à une autorisation.

Le tableau suivant reprend les différents groupes électrogènes qui figurent dans la nomenclature précitée :

Point de nomenclature	Dénomination	Classe
143	d	Installation de cogénération électricité-chaleur et groupes électrogènes
	<i>da)</i>	<i>d'une puissance électrique de 200 kW à 1000 kW ;</i>
	<i>db)</i>	<i>d'une puissance électrique de plus de 1000 kW.</i>
	e	Groupes électrogènes de secours
<i>ea)</i>	<i>d'une puissance électrique de 200 kW à 1000 kW ;</i>	
<i>eb)</i>	<i>d'une puissance électrique de plus de 1000 kW.</i>	

Des installations peuvent se composer d'un ensemble de plusieurs groupes électrogènes. Le total des puissances électriques installées, sur un même site, donne la valeur pour définir la classe de l'établissement (installation).

2.2 Législation en matière de protection de l'eau

La loi du 29 juillet 1993 concernant la protection et la gestion de l'eau (modifiée par la loi du 31 mai 1999).

Cette loi a pour objet la protection des eaux superficielles et souterraines, publiques ou privées.

Les dispositions de cette loi s'appliquent aux prélèvements et aux déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de substances de toute nature et plus généralement à tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux.

2.3 Législation en matière de protection de l'air

La loi modifiée du 21 juin 1976 relative à la lutte contre la pollution de l'atmosphère.

L'objectif principal de cette loi est la lutte contre la pollution de l'atmosphère. Par pollution de l'atmosphère, on entend toute émission dans l'air en quantités et à des concentrations susceptibles de causer une gêne anormale à l'homme ou de porter atteinte à sa santé, de nuire à la faune ou à la flore ou de causer un dommage aux biens et aux sites.

2.4 Législation en matière d'énergie

La loi du 5 août 1993 concernant l'utilisation rationnelle de l'énergie.

La production, la transformation, la distribution et l'utilisation de l'énergie au Luxembourg sont visées par la loi du 5 août 1993. Les objectifs de cette loi sont les suivants :

- la garantie d'un approvisionnement énergétique suffisant, sûr, diversifié et économiquement satisfaisant ;
- la promotion des économies d'énergie et l'utilisation rationnelle de l'énergie dans tous les secteurs ;
- la réduction de la dépendance des énergies classiques par la promotion de l'utilisation des énergies nouvelles et renouvelables, l'utilisation des installations de cogénération et la production autonome d'énergie primaire et secondaire ;
- la contribution à l'amélioration de l'environnement, notamment par la réduction des émissions de CO₂ ;
- la coordination des actions entreprises dans ce contexte au niveau communautaire.

2.5 Législation en matière de bruit

2.5.1 La loi modifiée du 21 juin 1976 relative à la lutte contre le bruit.

Cette loi a pour objectif de protéger les êtres humains contre les émissions acoustiques pouvant porter atteinte à la santé, à la capacité de travail ou au bien-être.

Les mesures qui sont à prendre en vue de prévenir, de réduire ou de supprimer le bruit sont fixées par des règlements grand-ducaux.

2.5.2 Le règlement grand-ducal modifié du 13 février 1979 concernant le bruit dans les alentours immédiats des établissements et des chantiers.

Dans l'article 3 de ce règlement sont stipulées les recommandations des niveaux de bruit à ne pas dépasser à l'intérieur des agglomérations.

2.6 Législation en matière des déchets

2.6.1 La loi modifiée du 17 juin 1994 concernant la prévention et la gestion des déchets.

La loi concernant la prévention et la gestion des déchets a pour but la réalisation des objectifs suivants :

- la prévention de la production et de la nocivité des déchets ;
- la réduction de la production et de la nocivité des déchets ;
- la valorisation des déchets par le réemploi, le recyclage ou tout autre procédé écologiquement approprié ;
- l'élimination des déchets ultimes de manière écologiquement et économiquement appropriée.

2.6.2 Règlement grand-ducal du 30 novembre 1989 relatif aux huiles usagées.

Le règlement relatif aux huiles usagées vise la collecte, le transport et l'élimination des huiles usagées.

3 Description du groupe électrogène.

Les deux chapitres suivants donnent un bref aperçu des modes de production d'énergie électrique et du fonctionnement du moteur thermique.

3.1 Les modes de production d'énergie électrique moyennant le groupe électrogène

La production d'énergie électrique de secours

On entend sous la notion «groupe électrogène de secours» les groupes électrogènes destinés à approvisionner un objet (établissement) en courant électrique en cas d'une panne du réseau public. Ces installations se mettent automatiquement en route dès qu'une interruption de l'alimentation du courant électrique apparaît. En cas normal ils se trouvent dans un mode «stand-by». Ces installations ne sont pas destinées à couvrir les pointes du courant électrique du réseau public et ne fonctionnent donc que quelques heures par année. L'application de ces groupes électrogènes a lieu dans les établissements où une interruption du courant électrique peut provoquer des nuisances pour les êtres humains. Parmi ces établissements il y a lieu de citer les hôpitaux, les maisons de soins, les maisons de retraite, etc.. Les installations de production d'énergie électrique de secours trouvent également application dans les établissements où une coupure du courant électrique peut entraîner des pertes économiques (banques, etc).

La production d'énergie électrique de pointe

Le groupe électrogène de pointe est appliqué pour couvrir les pointes du réseau électrique. Dans sa fonction normale il se trouve en mode «stand-by». Ce type d'installation s'enclenche automatiquement lorsque le besoin de puissance électrique dépasse ou risque de dépasser un seuil limite de puissance fixé.

Une première application du groupe électrogène de pointe est la production du courant électrique pour couvrir les besoins propres en énergie électrique d'un établissement dans le cas d'une pointe de consommation à fournir par le réseau de distribution public. En principe, la puissance fournie par le groupe électrogène est contrôlée afin d'éviter le retour d'énergie électrique vers le réseau de distribution public. Si, dans le mode de fonctionnement en écrêtage, la puissance fournie par le groupe électrogène de pointe est largement inférieure à la pointe, le retour d'énergie vers le réseau public est peu probable. Dans le cas d'une coupure du réseau de distribution, le groupe électrogène est déconnecté du réseau parce qu'il perd sa référence au réseau et perd donc son synchronisme. Lors du retour du réseau, la mise en parallèle ne peut être effectuée qu'après un contrôle du synchronisme.

Une deuxième application du groupe électrogène de pointe se trouve dans l'injection d'énergie électrique dans le réseau de distribution public. Dans ce cas le distributeur demande le client d'injecter du courant dans son réseau. L'énergie ainsi produite est vendue à prix élevé.

La production d'énergie électrique

L'application du groupe électrogène en tant que «producteur d'énergie électrique» permet d'alimenter un réseau de distribution (privé ou public). Ces installations trouvent leur application sur des sites où une alimentation par un réseau de distribution public n'est pas encore existante et/ou la construction n'est techniquement pas possible ou n'est économiquement pas supportable. En principe la durée de fonctionnement annuelle de ces groupes électrogènes est assez élevée. Dans des cas pareils, une installation de cogénération est souvent préconisée.

3.2 Brève description du moteur thermique.

Les moteurs thermiques utilisés pour entraîner un alternateur produisant de l'électricité peuvent être actionnés soit avec des combustibles liquides soit avec des combustibles gazeux. Les porteurs d'énergie les plus importants sont le gaz naturel et le gasoil. Les exigences principales en matière de moteurs thermiques stationnaires sont les suivantes :

- faibles frais d'investissement ;
- degré d'efficacité effectif élevé ;
- faibles émissions de gaz d'échappement (en particulier NOx) ;
- durée de vie élevée, faible frais d'entretien (environ 40.000 heures de fonctionnement jusqu'à une révision à fond).

Le choix approprié du concept du moteur pour l'application respective est d'une importance cruciale pour la rentabilité d'une installation. Pour répondre aux exigences souvent contraires par rapport aux frais d'exploitation et d'investissement, du degré d'efficacité de la production d'électricité et de la qualité des gaz d'échappement, de multiples concepts réduisant les rejets de polluants et améliorant l'efficacité du moteur ont été élaborés.

Pour les différentes procédures de combustion des moteurs thermiques stationnaires, une distinction est faite entre les moteurs à gaz et les moteurs diesel.

Les moteurs à gaz fonctionnent, soit selon la procédure à allumage commandé, soit selon le principe du moteur à injection pilote. Dans les deux cas, un mélange de combustible (air/gaz) est aspiré et comprimé. En ce qui concerne les moteurs à allumage commandé, l'inflammation est provoquée par une étincelle électrique jaillissant entre les électrodes d'une bougie.

Une variante constructive du moteur à gaz à allumage commandé représente la chambre de précombustion. Pour enflammer efficacement le combustible dans une grande chambre de combustion avec un excédent élevé d'air, l'énergie d'étincelle d'une bougie ne suffit pas. Le concept de la chambre de précombustion a résolu ce problème. Une bougie enflamme un mélange gras de combustible dans la chambre de précombustion, le mélange maigre est ensuite allumé dans la chambre de combustion principale.

Pour les moteurs à gaz à injection pilote, le mélange (combustible/air) est allumé à l'aide d'une faible quantité de carburant diesel laquelle est injectée sous une pression élevée dans la chambre de combustion où elle s'allume. Un dimensionnement adéquat du système d'injection permet l'alimentation d'un moteur gaz à injection pilote avec du gasoil, sans arrêt du moteur.

Les moteurs diesel utilisés dans les installations de production d'énergie stationnaires se basent sur le principe d'une injection directe, c.-à-d. le combustible est injecté directement, comme chez les véhicules utilitaires, dans la chambre de combustion où se trouve l'air hautement comprimé par le piston. Suite à la température élevée de l'air comprimé, une partie du combustible s'allume presque en même temps à des différents endroits. Les flammes y résultant, saisissent toute la chambre de combustion. Pendant la combustion, du carburant est injecté, grâce à quoi la combustion peut être réglée. La consommation peut être influencée par une optimisation des pressions d'injection.

Dans le cas des moteurs gaz à allumage commandé, une grande énergie d'allumage devient nécessaire lors d'une augmentation de la pression d'allumage. Ceci conduit à une usure accrue des bougies et donc à un raccourcissement indésirable des intervalles d'entretien.

Des systèmes d'injection électronique permettent l'orientation de la combustion par une formation ponctuelle du cours d'injection. Ils permettent en outre pour les moteurs à injection pilote d'optimiser le degré d'efficacité et la consommation du carburant diesel injecté pour l'allumage. Avec l'application de ces mesures une augmentation du degré d'efficacité mécanique des moteurs est atteinte.

3.2.1 Tendances du développement:

Les mesures visant l'augmentation de la performance spécifique et du degré d'efficacité avec en même temps de faibles émissions sont les suivantes :

- augmentation de la pression d'allumage ;
- augmentation de l'énergie d'allumage (moteurs à gaz) ;
- augmentation du rapport course/percement ;
- optimisation des pressions d'injections (moteurs diesel) ;
- application de systèmes d'injection électronique (moteurs à injection pilote et moteurs diesel) ;
- application de systèmes de gestion de moteur.

L'augmentation de la pression d'allumage et du rapport course/percement représentent les mesures efficaces pour améliorer le degré d'efficacité et de combustion.

4 Les liens entre les groupes électrogènes et la protection de l'environnement

L'exploitation d'un groupe électrogène peut être à l'origine d'une dégradation de la qualité de l'eau et de l'atmosphère et peut contribuer par l'émission de bruits à la dégradation de la qualité de vie de son entourage. Le présent chapitre fait les liens entre les groupes électrogènes et la législation pertinente.

4.1 La protection de l'eau et du sol

La pollution de l'eau et du sol a d'innombrables conséquences pour notre santé, notre environnement et notre économie. Parmi les principaux polluants de l'eau et du sol se trouvent les hydrocarbures pétroliers.

Les installations qui sont en relation directe avec un moteur thermique sont les réservoirs de combustible (pour les moteurs fonctionnant au gasoil) et les réservoirs de moyens opérationnels (réservoir d'huile, etc.). En considérant qu'il n'est jamais garanti qu'un déversement d'hydrocarbures ou d'autres substances nuisibles ne puisse avoir lieu, des mesures de prévention (mesures primaires) et des mesures de rétention (mesures secondaires) s'avèrent absolument nécessaires.

Une rupture d'un réservoir ou un remplissage incontrôlé peuvent être à l'origine d'un déversement d'hydrocarbures ou d'autres substances vers l'égout ou vers l'extérieur. Les mesures préventives peuvent être : la surveillance contrôlée du remplissage, des limiteurs de remplissage, l'utilisation des réservoirs adéquats (correspondant aux normes). Comme mesures de rétention sont considérées: un sol du local technique qui est étanche aux produits stockés et qui ne dispose donc pas de raccords au réseau d'égout, l'installation des réservoirs dans des cuves étanches, etc..

En ce qui concerne les mesures de prévention pour les réservoirs souterrains on s'appuie sur des réservoirs à double paroi équipées de détecteurs de fuite.

Les exigences croissantes à la protection de l'eau et du sol donnent lieu à un développement continue de la technologie.

4.2 Impacts sur l'atmosphère

Les groupes électrogènes polluent l'atmosphère avec des poussières, des gaz, tels que le dioxyde de carbone, les oxydes d'azote et de soufre. Ces polluants contribuent aux pluies acides et à l'effet de serre. Les particules fines provenant des moteurs diesel ont été déclarées comme étant parmi les polluants, les plus dangereux pour la santé humaine.

4.2.1 Les seuils recommandés

Le tableau suivant présente les valeurs limites applicables au Grand-Duché de Luxembourg, pour les moteurs alimentés en gaz naturel et en gasoil :

Emission	Valeur limite
<i>Poussière :</i>	20 mg/m ³ (Groupes électrogènes de secours : 80 mg/m ³)
<i>Monoxyde de carbone :</i>	300 mg/m ³
<i>Oxydes d'azotes :</i> - moteurs à allumage par compression alimentés avec du gasoil d'une puissance calorifique : - ≥ 3MW - < 3MW - moteurs à allumage par compression alimentés au gaz naturel :	500 mg/m ³ 1000 mg/m ³ 500 mg/m ³

Toute émission dans l'air en quantités et à des concentrations susceptibles de causer une gêne anormale à l'homme ou de porter atteinte à sa santé, de nuire aux animaux ou aux plantes ou de causer un dommage aux biens et aux sites, doit être évitée. Les chapitres suivants donnent une brève description de l'état de la technologie et des mesures de réduction des émissions en question. Puisque la plupart des groupes électrogènes fonctionnent avec un moteur diesel, l'importance des sous-chapitres suivants est portée sur ce type de moteur.

4.2.2 Réduction des émissions de gaz d'échappement

Le développement de la technique du moteur thermique dépend principalement des exigences posées aux émissions. Tous les concepts pour respecter les valeurs limites d'émissions visent en priorité la diminution de l'émission d'oxyde d'azote. La réduction de la formation de suie joue en outre un rôle très important pour les moteurs diesel. L'exigence au carburant est d'avoir une teneur en soufre ne dépassant pas la valeur de 0,05 % en masse.

Pour les moteurs à gaz, une réduction des émissions d'oxyde d'azote se fait par la combustion d'un mélange maigre. La réduction des émissions de monoxyde de carbone est résolue par l'application d'un catalyseur d'oxydation.

La réduction des émissions d'oxyde d'azote des moteurs diesel est entraînée par une réduction catalytique sélective (SCR) sous l'addition d'un agent réducteur (ammoniacal et/ou urée). Les émissions de monoxyde de carbone sont réduites par l'application d'un catalyseur d'oxydation.

L'effort pour tenir les émissions d'oxyde d'azote du moteur à injection pilote le plus faible possible et pour éviter la technologie coûteuse SCR (réduction catalytique sélective) a conduit à un développement de la chambre de précombustion. L'huile d'allumage est injectée dans cette chambre qui est séparée de la chambre de combustion principale. Pour la période du fonctionnement avec du carburant diesel seul, le mélange est injecté par un système d'injection séparé directement dans la chambre de combustion principale.

Pour un fonctionnement avec les combustibles gaz et diesel, l'injection du carburant dans une chambre de précombustion permet une diminution de la part de l'huile d'allumage (diesel) sur environ 1% et une réduction des émissions d'oxydes d'azote.

Un mauvais réglage du moteur peut conduire à un dépassement considérable des valeurs limites pour les polluants poussière, monoxyde de carbone et matières organiques. La durée de vie du moteur sera éventuellement plus faible ainsi qu'une perte de degré d'efficacité jusqu'à 15% doit être prise en considération.

4.2.2.1 Emissions de poussières

L'émission de particules, inévitable lorsqu'un moteur fonctionne au gasoil, peut être réduite par l'application de filtres de suie.

Les concentrations de poussières dans le gaz d'échappement des moteurs récents à allumage par compression se situent entre environ 15 mg/m³ et 200 mg/m³. Dans les cas où les moteurs sont mal ajustés, les valeurs d'émissions peuvent atteindre 1000 mg/m³. La part de suie dans les poussières dépend du réglage du moteur et peut varier selon le cas entre environ 60% et plus de 95%.

L'application du carburant d'une pauvre teneur en soufre peut réduire les émissions de suie considérablement.

Les filtres de suie ont fait leurs épreuves pratiques pour les moteurs diesel d'une puissance calorifique jusqu'à environ 5MW. Une concentration de poussières dans le gaz d'échappement de 20 mg/m³ peut être garantie sous condition que le filtre de suie soit bien adapté aux caractéristiques du moteur et aux conditions d'exploitation. Les émissions de poussières des moteurs d'une puissance calorifique entre 500 kW et 1 MW peuvent atteindre des valeurs de 20 mg/m³. Les mêmes mesures de réduction des émissions de poussières peuvent être appliquées dans cette gamme de puissance que celle utilisées dans la gamme de puissance calorifique supérieure à 1 MW. Des valeurs identiques peuvent être atteintes dans la gamme des moteurs d'une puissance calorifique entre 50 kW et 500 kW.

Les filtres du type CRT (continuously regenerating trap) fonctionnent par régénération continue du filtre, provoquée par l'oxydation du monoxyde d'azote (NO) en dioxyde d'azote (NO₂), à une température supérieure à 280°C. C'est la présence du dioxyde d'azote qui permet l'oxydation continue des suies qui seront collectées sur le filtre. Toutefois, la cinétique de transformation du monoxyde d'azote en dioxyde d'azote sur le catalyseur d'oxydation très fortement chargé en platine est sévèrement concurrencée par l'oxydation du dioxyde de soufre (SO₂) en trioxyde de soufre (SO₃). Un faible taux de soufre du gasoil est donc nécessaire pour un fonctionnement efficace de ces systèmes.

Les filtres ayant recours à un catalyseur d'oxydation «externe» porté par un additif au carburant sont les plus connus. Les 2 types d'additifs actuellement utilisés sont soit à base de cérium, soit à base de fer et strontium.

On voit émerger une nouvelle génération de systèmes que l'on nomme filtres catalytiques. Il s'agit dans ce cas de phases actives catalytiques déposées à l'origine sur l'élément filtrant. L'avantage de la simplicité est compensé par des risques d'inefficacité. Ce procédé est sensible au soufre.

L'injection de l'eau (Wassereindüsung) dans la chambre de combustion est une procédure de réduction des émissions de suie. Des coefficients d'émission toutefois comparables avec un filtre de suie peuvent être obtenus.

4.2.2.2 Oxyde d'azote

La récupération des gaz d'échappement peut être utilisée pour réduire les émissions d'oxyde d'azote. Une partie des gaz d'échappement est conduite, par le système d'aspiration du moteur, à nouveau à l'air de combustion et/ou au mélange combustible. Cette procédure conduit généralement à une augmentation des émissions de particules et à une diminution du degré d'efficacité de presque 10% et conduit ainsi à une augmentation de la consommation de carburant. Le fonctionnement ainsi que la stabilité du moteur s'aggravent.

Les concentrations d'oxyde d'azote s'élèvent selon le réglage du moteur entre environ 700 mg/m³ et environ 3500 mg/m³, dans des cas extrêmes jusqu'à 6000 mg/m³. Par conséquent, les émissions d'oxydes d'azote peuvent être influencées par le réglage du moteur. Il faut considérer qu'un réglage du moteur vers une faible teneur d'oxyde d'azote est lié à une augmentation des émissions de suie.

En ce qui concerne les moteurs d'une puissance calorifique >1MW, les expériences avec la réduction catalytique sélective des oxydes d'azote montrent que celle-ci est apte pour les moteurs diesel. Des concentrations < 1000 mg/m³ d'oxyde d'azote dans le gaz d'échappement, peuvent être garanties.

L'injection d'eau (Wassereindüsung) dans la chambre de combustion permet d'atteindre des concentrations d'émission d'oxyde d'azote sous 1000 mg/m³. La valeur objective de 1000 mg/m³ est ainsi possible du point de vue technique. Une valeur de 500 mg/m³ ne peut être atteinte que par l'application de la technique SCR (réduction catalytique sélective). Avec l'injection d'eau dans la chambre de combustion des valeurs d'oxyde d'azote entre 600 mg/m³ et 900 mg/m³ sont réelles. L'effet physique de cette mesure se trouve dans l'abaissement de la température de pointe lors du processus de combustion, de sorte que par la suite moins d'oxydes d'azote sont formés. L'augmentation de la pression occasionnée par l'évaporation de l'eau (gouttes d'eau explosant) compense en même temps la pression plus petite de la combustion, occasionnée par une température de pointe plus faible, de sorte qu'aucune perte considérable du degré d'efficacité n'est donnée. La quantité d'eau nécessaire s'élève à environ 30% à 50% du besoin en combustible.

La méthode la plus efficace visant la réduction d'oxyde d'azote dans les gaz d'échappement est la réduction catalytique sélective (SCR). En principe, une réduction d'oxydes d'azote avec des gaz comme du monoxyde de carbone, de l'hydrogène ou le méthane est possible. Ces gaz ne réduisent pas les oxydes d'azote de manière sélective, mais sont consommés (oxydés) en grandes quantités par l'oxygène restant dans le gaz d'échappement. Une bonne sélectivité pour la réduction d'oxyde d'azote possède l'ammoniaque (NH₃). L'efficacité de la réaction de réduction sans catalyseur est optimale à des températures de réaction entre 900°C et 1000°C. L'utilisation des catalyseurs permet d'abaisser la température de réaction à des valeurs entre 250°C et 500°C. Des températures supérieures à 500 °C entraînent une décomposition thermique de l'ammoniaque sous la formation supplémentaire des oxydes d'azote. En pratique, l'eau d'ammoniaque ou une solution d'urée aqueuse est utilisée comme agents réducteurs. L'urée montre des avantages dans la manipulation mais ce procédé peut contribuer de façon significative à des émissions d'ammoniaque. La puissance du moteur est significative pour déterminer la quantité d'ammoniaque et/ou d'urée.

4.2.2.3 Oxydes de soufre

Les émissions d'oxyde de soufre dépendent de la qualité du carburant utilisée. L'application d'un combustible avec une teneur en soufre maximale de 0,05 % en masse réduit les émissions considérablement.

4.2.2.4 Monoxyde de carbone

Une valeur de 300 mg/m³ ne peut être garantie que par l'application d'un catalyseur d'oxydation. Les catalyseurs d'oxydation ne sont offerts en pratique qu'avec un filtre de suie ou qu'avec la procédure SCR.

4.2.2.5 Matières organiques

Les émissions de matières organiques se situent entre environ 25 mg/m³ et 100 mg/m³. Dans certains cas, des concentrations jusqu'à 150 mg/m³ peuvent être atteintes. Un réglage adapté du moteur et l'utilisation du carburant diesel gardent les émissions des matières organiques dans les limites.

4.2.2.6 Combinaison de différents procédés

À cause des émissions du moteur diesel, il est nécessaire de combiner différents procédés pour réduire efficacement les rejets des polluants. Selon le mode de fonctionnement et le type de moteur, des combinaisons de filtres de suie avec un catalyseur d'oxydation, du filtre de suie avec une installation SCR ainsi que la combinaison d'un filtre de suie avec un catalyseur d'oxydation et une installation SCR sont utilisés. Avec l'optimisation des différentes composantes, des solutions globales, au fonctionnement respectif de l'installation, sont offertes.

4.3 Lutte contre le bruit

L'exploitation d'un moteur à combustion peut dégrader la qualité de vie de son entourage par émission de bruits et peut porter atteinte à la santé, à la capacité de travail ou au bien-être de l'homme. Les exigences croissantes à la réduction des émissions de bruits demandent des mesures permettant de réduire considérablement ces nuisances.

Une solution diminuant les émissions de bruits se trouve dans l'installation du moteur stationnaire à combustion dans un local technique, qui de sa part est traité à l'aide de matériaux absorbant les émissions sonores. D'autres moyens sont : montage du moteur stationnaire sur un système élastique évitant les vibrations, tuyaux d'échappement équipés de silencieux, ouvertures d'aération munies de sourdines. L'équipement des moteurs thermiques avec des cabanons représente aussi un moyen efficace pour réduire les émissions de bruit.

4.4 Prévention et gestion des déchets

Les déchets posent 3 problèmes :

- ils sont désagréables à la vue et à l'odeur,
- ils polluent,
- ils épuisent les matières premières.

Aujourd'hui les déchets sont triés par des personnes et des machines spécialisées. On produit plus de déchets aujourd'hui, qu'il y a 50 ans. Dans le temps, ils n'existaient, en principe, que 2 solutions : l'incinération ou l'enfouissement. Mais l'incinération produit des dioxines, surtout le plastique à cause de sa contenance en chlore. Quant à l'enfouissement, les règles sont strictes sur l'imperméabilité du sol à cause des lixiviats. L'huile de vidange se recycle bien mais elle est dangereuse.

Le rejet de certains produits dans les égouts peut perturber le fonctionnement des stations d'épuration et polluer les rivières. Pire, leur abandon dans la nature peut polluer gravement les sols et l'eau. Un litre d'huile de vidange peut couvrir une surface de 1.000 mètres carrés d'eau, empêchant l'oxygénation en empoisonnant le milieu avec ses composants toxiques (métaux lourds, acides organiques, hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP), phénols, phtalates...). Le brûlage de l'huile sans précaution, à trop basse température, entraîne également la formation d'HAP toxiques et cancérigènes.

L'exploitation du moteur thermique produit les déchets comme p. ex. l'huile usagée, les filtres à huile usagés, les filtres à air usagés et autres déchets huileux. Les huiles de vidange peuvent être mises en valeur.

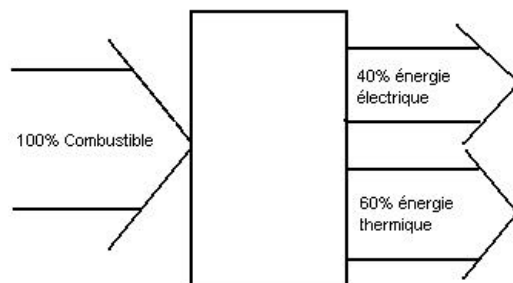
La meilleure méthode de réduire les déchets est la «réduction à la source». Les mesures de prévention et de réduction des déchets en provenance de la production de l'énergie électrique moyennant le moteur thermique sont :

- Augmentation de la capacité du carter d'huile du moteur, donc notamment augmentation de la quantité d'huile du cycle lubrifiant et du circuit de refroidissement. La charge thermique de l'huile diminue ce qui entraîne que les intervalles de vidange peuvent être prolongés. La quantité d'huile nécessaire pour le bon fonctionnement de l'installation est donc réduite, et par conséquent la quantité d'huile usagée diminue ;
- Valorisation des filtres d'huile usagés. L'utilisation des filtres d'huile fonctionnant selon le principe d'un filtrage fin permet de prolonger les intervalles de vidange. En outre, il existe la possibilité de n'échanger que la cartouche du filtre et de maintenir la boîte sur toute la durée de vie du moteur. De cette manière l'accumulation d'un mélange de déchets qui ne peut être séparé dans la valorisation qu'avec des mesures coûteuses, se réduit énormément. Des filtres modernes permettent une séparation de l'huile s'accumulant dans le filtre, de sorte que seulement le matériau filtrant doit être conduit à une valorisation ;
- Valorisation des filtres à air usagés. Entre-temps on trouve à côté des filtres de papier traditionnels d'autres matériaux filtrants. Le coût unitaire plus élevé de ces filtres est couvert à nouveau par une durée de vie largement plus longue. En outre, les déchets se réduisent considérablement.

4.5 Utilisation rationnelle de l'énergie

Face aux exigences croissantes sur le climat et l'environnement, il est nécessaire d'utiliser rationnellement et écologiquement l'énergie disponible pour garantir un approvisionnement énergétique suffisant, sûr, diversifié et économiquement satisfaisant.

Le rendement mécanique d'un moteur diesel se situe entre 38% et 42%, pour le moteur gaz il est légèrement inférieur et se situe entre 35% et 40%. La production d'électricité au moyen d'un groupe électrogène entraîne une consommation d'énergie primaire supérieure à la production d'électricité par les centrales électriques (rendement entre 38% et 55%). Le reste de l'énergie consommée est converti en énergie thermique (pertes). Ces pertes thermiques sont : perte par les gaz d'échappement, l'eau de refroidissement, l'huile de graissage et perte de rayonnement.



Pour réaliser une économie d'énergie primaire et répondre aux critères d'une utilisation rationnelle de l'énergie, il faut récupérer d'une façon utile la chaleur (~60% de pertes thermiques) produite par le moteur.

5 Détermination de la meilleure technique disponible

Les chapitres précédents ont brièvement décrit les moyens diminuant les nuisances en provenance de l'utilisation des groupes électrogènes à un minimum. Les techniques disponibles ne sont pas encore au point d'éviter carrément toute nuisance. Il est évident qu'en ce qui concerne la protection de l'atmosphère et du rendement électrique le développement des techniques n'est pas encore au point.

Les groupes électrogènes à l'état actuel de la technologie ne répondent pas aux critères d'une utilisation rationnelle de l'énergie. La production d'électricité moyennant un groupe électrogène (rendement électrique entre 35% à 42%) entraîne une consommation d'énergie primaire supérieure à la production d'électricité par les centrales électriques (rendement entre 38% et 55%). Il en résulte notamment une augmentation de la production de CO₂.

L'importance du rendement d'un groupe électrogène dépend de son utilisation. Dans le cas où le groupe électrogène produit du courant électrique de secours et ne fonctionne que pendant 50 heures par année, la quantité d'électricité produite par cette installation est très limitée. En considérant le faible nombre d'heures de fonctionnement, les impacts liés à ce groupe électrogène peuvent être considérés comme minimes.

Si le groupe électrogène est utilisé à des fins de la production de courant électrique de pointe, les heures de fonctionnement sont toutefois plus élevées qu'en mode de fonctionnement de secours. L'augmentation de la production d'énergie électrique entraîne notamment une augmentation des pertes thermiques (total). Ces pertes sont éliminées par un système de refroidissement qui les rejette dans l'atmosphère. Avec l'augmentation de la production d'énergie électrique est liée une augmentation de la consommation d'énergie primaire et donc notamment une augmentation des rejets des polluants. La quantité des rejets n'est plus négligeable. En comparant la consommation de l'énergie primaire et les émissions produites avec l'énergie secondaire effectivement utilisée, le groupe électrogène en mode de production de courant de pointe ne répond pas aux critères d'une utilisation rationnelle de l'énergie. Les pertes thermiques (~60% de l'énergie consommée) sont trop élevées. Une réduction de la consommation du combustible, ainsi qu'une réduction des émissions et une réduction des pertes thermiques ne peuvent être réalisées par application d'un système à haut rendement. Pour augmenter le rendement total de l'installation, la récupération de l'énergie thermique représente une technique appropriée.

Les groupes électrogènes utilisés en tant que «producteur d'énergie électrique», dont le but principal consiste dans l'alimentation d'un réseau de distribution, montrent souvent des heures de fonctionnement de plus de 4000 heures par année. Les pertes thermiques résultant de la production sont d'une grandeur importante, non négligeable. Une relation économique et écologique entre la consommation annuelle d'énergie primaire et la production d'énergie électrique n'est pas donnée. En comparant les émissions annuelles avec le courant électrique produit et les pertes thermiques, l'installation ne représente pas une solution idéale. Les pertes thermiques devraient être récupérées d'une façon utile pour répondre aux critères de l'utilisation rationnelle de l'énergie et des meilleures techniques disponibles, ce qui conduit à la mise en place d'une installation de cogénération.

En ce qui concerne la récupération de la chaleur de multiples possibilités pour l'utilisation de la chaleur perdue s'offrent, dont quelques-unes sont énumérées par la suite :

- chauffage ;
- production de l'eau chaude sanitaire ;
- production du froid.

On peut parler d'une utilisation rationnelle de l'énergie primaire si la récupération de la chaleur atteint des valeurs raisonnables dont notamment un rendement total de l'installation supérieur à 80%.

La production simultanée de chaleur et d'énergie électrique à partir d'un seul combustible et d'une seule installation est appelée **cogénération**. L'installation de cogénération met donc à disposition les deux énergies suivantes : la chaleur et l'énergie électrique.

Les avantages de la cogénération se trouvent dans le grand potentiel d'économie, dans le faible niveau d'émissions et dans les applications universelles. Les transformateurs énergétiques conventionnels comme les moteurs diesel et les moteurs gaz atteignent des degrés d'efficacité électrique jusqu'à 42% au maximum. Face à la situation de la discussion sur l'effet de serre et en particulier sur la limitation des émissions de CO₂, la production simultanée de chaleur et d'énergie électrique par une seule installation peut diminuer les émissions de CO₂ qui est un critère important pour l'évaluation de l'incidence sur l'environnement de ces installations. Les degrés d'efficacité élevés contribuent à l'abaissement des coûts énergétiques et diminuent les rejets d'émissions et préservent les ressources énergétiques.

Les modules de cogénération peuvent couvrir en fonction des besoins, les besoins en chaleur et électricité d'un objet d'approvisionnement. Des efficiences de l'énergie primaire consommée de 80-90% peuvent être atteintes. On peut combiner l'utilisation des énergies (l'électricité, chaleur de chauffage, froid, vapeur et force mécanique) sous les formes les plus différentes.

Avec l'installation de cogénération la meilleure technique disponible est ainsi déterminée.

La propagation des installations de cogénération est influencée par des conditions politiques et économiques. Ces conditions sont souvent soumises à des modifications qui agissent parfois en partie favorisante et en partie défavorisante. Ci-après sont énumérées quelques conditions importantes :

- la rémunération d'alimentation d'électricité ;
- la législation d'émission en vigueur ;
- la promotion nationale ;
- les prix d'énergies primaires.

Le rendement total de l'installation est aussi déterminant pour l'efficacité de la production d'électricité. Il est d'une importance particulière pour la rentabilité de la centrale de cogénération.

Un dimensionnement correct de l'installation est cruciale pour la rentabilité. La connaissance des besoins en énergie électrique et de chaleur (éventuellement froid, vapeur etc..) en fonction du temps (été, hiver) est donc absolument nécessaire. Pour garantir une durée de fonctionnement minimale des agrégats, le dimensionnement de l'installation est à faire suivant les besoins en chaleur maximale à atteindre. En général, 20% à 40% des besoins en chaleur maximale sont considérés, cela dépend toutefois du prix de vente de la chaleur et de l'électricité. Si une alimentation en courant de secours, dans des hôpitaux et dans d'autres établissements à l'égard de règlements de sécurité, est souhaitée, l'installation de cogénération peut également servir en tant que groupe électrogène de secours. Contrairement à un groupe électrogène de secours, la centrale de cogénération se trouve en principe toujours sous charge maximale, ce qui augmentera la sécurité d'approvisionnement. À côté d'une augmentation de la sécurité d'approvisionnement, des avantages économiques supplémentaires ressortent de l'alimentation en courant de secours. Les investissements pour l'acquisition d'un groupe électrogène de secours n'auront pas lieu. Les groupes électrogènes de secours existants peuvent être intégrés facilement dans une installation de cogénération et peuvent augmenter ainsi la livraison de chaleur et d'électricité sans investissements essentiels. En outre les frais pour le « stand-by » ainsi que l'essai mensuel du groupe de secours sont sans objet.

D'après l'article 13.1 de la loi du 10 juin 1999, les conditions d'aménagement et d'exploitation fixées dans les autorisations doivent tenir compte des meilleures techniques disponibles, dont l'applicabilité et la disponibilité n'entraînent pas de coûts excessifs.

Dans le tableau, présenté à la page suivante, sont représentés les principaux critères nécessaires pour la protection des intérêts visés par la loi du 10 juin 1999 relative aux établissements classés, tout en tenant compte des aspects économiques, des rejets de polluants, et de la meilleure technique disponible telle qu'ils ont été décrits dans les chapitres précédents.

Heures de fonctionnement	Critères principaux (pour les moteurs fonctionnant au gaz naturel et au gasoil)
£ 50 h/a (Groupe électrogène de secours)	<ul style="list-style-type: none"> les émissions <u>de poussières</u> et <u>de monoxyde de carbone</u> ne doivent pas dépasser les seuils suivants : (les valeurs limites se rapportent à une teneur en oxygène des effluents gazeux de 5 % vol) <ul style="list-style-type: none"> - poussières (moteurs alimentés au gasoil) : 80 mg/Nm³ - monoxyde de carbone (CO) : 650 mg/Nm³
>50 h/a £ 300 h/a (Groupe électrogène de pointe)	<ul style="list-style-type: none"> les émissions <u>de poussières</u>, <u>de monoxyde de carbone</u> et <u>des oxydes d'azote</u> ne doivent pas dépasser les seuils suivants : (les valeurs limites se rapportent à une teneur en oxygène des effluents gazeux de 5 % vol) <ul style="list-style-type: none"> - poussières: 20 mg/Nm³ - monoxyde de carbone (CO) : 300 mg/Nm³ - oxydes d'azote exprimés en tant que dioxyde d'azote (NO₂) : <ul style="list-style-type: none"> * moteurs alimentés au gasoil d'une puissance ≤ 3 MW 1000 mg/Nm³ * moteurs alimentés au gasoil d'une puissance ≥ 3 MW 500 mg/Nm³ * moteurs alimentés au gaz 500 mg/Nm³ <i>récupération de l'énergie thermique d'une façon utile.</i> La récupération est dispensable pour les cas où l'exploitant peut démontrer que l'installation de récupération n'est économiquement pas supportable
>300 h/a	<ul style="list-style-type: none"> toutes les mesures doivent être mises en œuvre afin de réduire les émissions <u>de poussières</u>, <u>de monoxyde de carbone</u> et <u>des oxydes d'azote</u> au-delà des seuils suivants : (les valeurs limites se rapportent à une teneur en oxygène des effluents gazeux de 5 % vol) <ul style="list-style-type: none"> - poussières : 20 mg/Nm³ - monoxyde de carbone (CO) : 300 mg/Nm³ - oxydes d'azote exprimés en tant que dioxyde d'azote (NO₂) : <ul style="list-style-type: none"> * moteurs alimentés au gasoil d'une puissance ≤ 3 MW 1000 mg/Nm³ * moteurs alimentés au gasoil d'une puissance ≥ 3 MW 500 mg/Nm³ * moteurs alimentés au gaz 500 mg/Nm³ <i>installation de cogénération avec rendement total de l'installation supérieur à 80%.</i>
<ul style="list-style-type: none"> Critères valables pour tous les modes d'exploitation, afin de répondre aux exigences de loi du 10 juin 1999 relative aux établissements classés : <ul style="list-style-type: none"> - utilisation du carburant ayant une teneur en soufre < 0,05 % ; - les installations doivent répondre aux critères de l'état actuel de la technologie ; - les groupes doivent être réglés de façon à ce que les rejets de polluants soient limités à un minimum ; - les émissions de bruits sont à réduire à un minimum. 	

6 Conclusion

Le présent document a donné une brève description des différents modes d'exploitation d'un groupe électrogène et a analysé les modes d'exploitation par rapport à la législation pertinente.

Il a été démontré que le groupe électrogène de secours ne présente aucun impact important lié à l'environnement.

On constate que le rendement total le plus élevé qui peut être atteint avec un groupe électrogène s'élevant à environ 42%, celui d'une installation de cogénération s'élevant à 80% étant donné que la chaleur produite est récupérée.

On peut conclure que le groupe électrogène de pointe ne correspond pas aux critères de la meilleure technique disponible. À cause de la mention «meilleure technique disponible, dont l'applicabilité et la disponibilité n'entraînant pas de coûts excessifs », il faut analyser cas par cas si une récupération de chaleur convient aux besoins de l'établissement et si cette chaleur peut être récupérée d'une façon utile.

Si l'énergie électrique doit être produite pendant plus de 300 heures par année, la production ne peut plus être réalisée avec un groupe électrogène. Dans ce cas, il est indispensable que l'installation de cogénération trouve application et que la chaleur produite soit utilisée d'une manière rationnelle.

=== FIN DU DOCUMENT ===