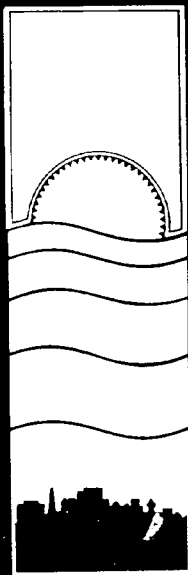


CCME

Canadian Council of Ministers
of the Environment

Le Conseil canadien
des ministres
de l'environnement

**RECOMMANDATION NATIONALE
SUR LES ÉMISSIONS
DES TURBINES À
COMBUSTION FIXES**



DÉCEMBRE 1992
CCME-EPC/AITG-49F

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) est la principale tribune intergouvernementale au Canada qui permette la discussion et la mise en œuvre d'initiatives conjointes sur des questions environnementales d'envergure nationale, internationale et mondiale. Les 13 gouvernements membres collaborent à l'élaboration de normes, pratiques et lois environnementales uniformes à l'échelle du pays.

Secrétariat du conseil canadien des ministres de l'environnement
326 Broadway, pièce 400
Winnipeg, Manitoba R3C 0S5
Téléphone: (204) 948-2090
Télécopieur: (204) 948-2125

ISBN: 0-919074-89-8

This document is also published in English.



Table des matières

	Page
Glossaire	ii
Abréviations	iii
Préface	1
Introduction	2
Applicabilité	3
Recommandation nationale sur les émissions des turbines à combustion fixes	
1. Émissions d'oxydes d'azote (NO_x)	4
2. Émissions de monoxyde de carbone (CO)	5
3. Émissions d'anhydride sulfureux (SO_2)	5
4. Mesure et surveillance	6
Appendice A	
Liste des membres du groupe de travail national	7
Appendice B	
Exemple pour illustrer les recommandations relatives aux NO_x pour des unités de différentes dimensions et pour des rendements globaux variés des usines	8

Glossaire

La signification de certains termes dans le contexte de la présente recommandation est décrite ci-après.

Turbine à combustion : une turbine à combustion est un moteur dont le fonctionnement est basé sur le cycle thermodynamique de Brayton, suivant lequel un combustible est brûlé, après quoi les produits de la combustion, à température élevée, peuvent se détendre en passant à travers une turbine en rotation, produisant ainsi une quantité nette de force motrice.

Nouvelle turbine à combustion : pour les besoins de la présente recommandation, on définit une nouvelle turbine à combustion comme étant une unité dont la construction aura fait l'objet d'une approbation finale en matière d'environnement de la part de l'autorité provinciale ou régionale de réglementation, le 30 novembre 1994 ou après.

Turbine à combustion de pointe : une turbine à combustion de pointe est une unité qui est ordinairement utilisée pour fournir de l'énergie électrique ou motrice à des moments où la demande est élevée ou pendant des pannes imprévues. Une telle unité n'est généralement pas utilisée plus de 7500 heures par période de 5 ans et au cours de ces années, pas plus de 3000 heures pendant les mois de mai, juin, juillet, août et septembre.

En cas de circonstances extraordinaires, on peut demander une autorisation spéciale pour exploiter une unité au-delà de ces périodes auprès de l'autorité provinciale ou régionale de réglementation appropriée.

Turbine à combustion d'appoint : une turbine à combustion d'appoint est une unité qui n'est pas nécessaire à la production d'énergie électrique ou motrice pour répondre aux besoins opérationnels normaux du système.

Installation de turbine à combustion : une installation de turbine à combustion comprend une turbine à combustion et une turbine à vapeur (le cas échéant), l'équipement de manutention du combustible, l'équipement anti-pollution et l'équipement de manutention des gaz de combustion, ainsi que l'équipement nécessaire à la récupération directe de l'énergie à partir des gaz d'échappement. Pour simplifier la mesure de l'énergie thermique, on exclut le chauffage, le refroidissement et les procédés industriels effectués en aval qui utilisent l'énergie thermique récupérée à partir de l'installation.

Puissance nominale : la puissance nominale d'une turbine à combustion est la puissance maximale pouvant être fournie de manière continue, exprimée en mégawatts, dans les conditions ISO spécifiées par le fabricant.

Conditions ISO : conditions de l'Organisation internationale de normalisation désignant un état de référence : température ambiante de 288 degrés K, humidité relative de 60 % et pression barométrique de 101,3 kilopascals.

Rendement thermique : fraction des intrants énergétiques totaux qui est transformée en énergie utile nette et qui s'exprime habituellement en pourcentage, en terme de pouvoir calorifique inférieur.

Pouvoir calorifique inférieur : le pouvoir calorifique inférieur est l'énergie libérée pendant la combustion du combustible à l'exclusion de la chaleur latente de la vapeur d'eau des produits de combustion.

Brûleurs auxiliaires : il s'agit d'équipement servant à brûler divers types de combustibles en des points autres que les chambres de combustion des turbines à combustion.

Oxydes d'azote (NO_x) : NO_x désigne à la fois l'oxyde nitrique (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) exprimés en équivalent de dioxyde d'azote.

Combustible gazeux : combustible qui se trouve à l'état gazeux dans les conditions atmosphériques.

Combustible liquide : combustible qui se trouve à l'état liquide dans les conditions atmosphériques.

Combustible dérivé de solides : combustible qui, dans l'état où il est brûlé, a été transformé à partir de biomasse ou par un procédé quelconque, comme la gazéification ou la liquéfaction du charbon.

Abréviations

CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement
MW	mégawatt de puissance
g	gramme
GJ	gigajoule (10 ⁹ joules d'énergie)
ppmv	parties par million en volume
NO _x	oxydes d'azote
CO	monoxyde de carbone
SO ₂	anhydride sulfureux (dioxyde de soufre)

Préface

La présente recommandation a été préparée dans le cadre du plan canadien de gestion des NO_x/COV présenté en mai 1991 par le Conseil canadien des ministres de l'Environnement. Elle vise à favoriser la réduction des émissions d'oxydes d'azote (NO_x) tout en faisant diminuer le plus possible les émissions parallèles d'autres polluants rejetés par des turbines à combustion fixes. Ce type de moteur est utilisé comme arbre d'entraînement mécanique pour la compression des gaz, la production d'énergie électrique et pour d'autres procédés industriels. La présente recommandation établit des cibles nationales étendues minimales pour les émissions rejetées par les nouvelles turbines à combustion, mais on reconnaît que les autorités environnementales provinciales et régionales peuvent choisir d'imposer des normes plus strictes en réponse à des problèmes régionaux ou locaux.

Au fur et à mesure que les occasions se présentent, lorsque des modifications importantes des turbines à combustion sont envisagées, en dehors des travaux normaux d'entretien, il faudrait évaluer les améliorations de la performance en ce qui concerne les émissions de NO_x . L'évaluation des taux d'émission proposés et des méthodes de contrôle applicables aux unités existantes devrait s'effectuer en étroite collaboration avec l'autorité de réglementation provinciale ou régionale appropriée. Au cours de ce processus, on devrait prendre en considération les limites imposées par des facteurs comme l'âge de l'unité et les exigences opérationnelles du système ainsi que les améliorations globales de la performance en matière environnementale qui peuvent résulter d'un meilleur rendement énergétique.

Par exemple, l'évaluation pourrait avoir lieu lors de modifications importantes comme les suivantes :

- reclassification des unités de pointe pour en faire des unités de base
- amélioration des turbines à combustion pour les utiliser en cycle combiné ou dans des installations alimentées au charbon épuré et
- remplacement des principaux constituants, notamment le système de combustion et la roue de la turbine, à la fin de leur durée de vie normale.

Dans la présente recommandation, on reconnaît la possibilité d'obtenir une performance accrue en matière environnementale grâce à la mise au point de techniques perfectionnées, lorsque cela est pratique, et on cherche à favoriser l'application de la meilleure technologie en ce qui concerne le rendement énergétique. On note également que les émissions varient en fonction du type de turbine à combustion considéré, de ses dimensions et en fonction du combustible utilisé. Ainsi, la présente recommandation comporte des émissions cibles différentes de NO_x pour les unités de dimensions variées et pour les divers combustibles.

La présente recommandation a été élaborée grâce à un processus de consultation auprès de divers intervenants, par un groupe de travail national constitué de représentants des utilisateurs industriels et des fabricants de turbines ainsi que de représentants des gouvernements provinciaux et fédéraux. Nous tenons à remercier tous les participants de leur contribution à l'élaboration de la présente recommandation. Toute demande de renseignements au sujet de la présente recommandation peut être adressée au

Chef,
Division du pétrole, du gaz et de l'énergie
Direction des programmes industriels
Environnement Canada
Ottawa (Ontario) K1A 0H3
Téléphone : 819-953-1120 Télécopieur : 819-953-8903

Introduction

Dans la présente recommandation nationale sur les émissions, on incite les promoteurs de projet à mettre au point et à exploiter les installations de turbine à combustion de manière à limiter les émissions d'oxydes d'azote (NO_x), d'anhydride sulfureux (SO_2) et de monoxyde de carbone (CO).

Les cibles recommandées pour les émissions sont exprimées en masse par unité d'énergie utile nette produite (grammes par gigajoule). Les promoteurs d'un projet devraient donc rendre compte des émissions et de l'énergie utile nette produite, représentées par l'énergie électrique ou mécanique, ainsi que par l'énergie provenant de la chaleur des gaz d'échappement produits par les procédés industriels ou autres. Dans la présente recommandation, on insiste donc sur les résultats et on évite d'indiquer de quelle manière les obtenir. Dans ce cas, l'installation comprend la turbine à combustion elle-même ainsi que les procédés et l'équipement utilisés pour récupérer directement l'énergie à partir du combustible consommé dans l'installation.

Le promoteur du projet devrait s'assurer que la turbine à combustion fonctionne conformément aux exigences de la recommandation en fournissant les installations nécessaires pour contrôler périodiquement ou continuellement l'intrant énergétique, l'énergie produite et les émissions, selon l'application considérée. Bien que la tâche de mesurer et de contrôler la performance soit plus complexe lorsqu'on prend en considération toutes les énergies produites, cette approche constitue une autre façon de réduire les émissions globales tout en tenant compte des avantages environnementaux d'un bon rendement énergétique.

Applicabilité

La présente recommandation s'applique à toutes les nouvelles turbines à combustion telles que définies dans le glossaire.

La présente recommandation ne s'applique pas aux cas suivants :

- turbines à combustion d'urgence ou d'appoint,
- turbines à combustion utilisées en recherche, en développement et pour les démonstrations sur le terrain,
- turbines à combustion en réparation ou à l'essai.

Lorsqu'une unité doit être utilisée dans une application unique pour laquelle on peut démontrer que la technologie de limitation des émissions n'est pas pratique, il est possible d'obtenir auprès de l'autorité provinciale ou régionale de réglementation appropriée une dispense spéciale pour autoriser le fonctionnement de l'unité.

Bien que les recommandations relatives aux émissions s'appliquent au combustible principal consommé par la turbine à combustion, le promoteur peut aussi demander, auprès de l'autorité de réglementation appropriée, l'autorisation d'exploiter son installation pendant une période limitée avec un combustible secondaire dont le niveau d'émission est plus élevé, lorsque l'alimentation en combustible principal est coupée.

Remarques générales

- Δ Dans le cas où on installe de multiples petites turbines à combustion au lieu d'une seule unité importante, la dimension de l'unité applicable aux fins de la présente recommandation sera égale à la somme des puissances nominales des unités individuelles. Il ne faut pas faire appel à de petites unités multiples pour éviter les limites plus strictes applicables aux unités plus importantes, cependant il est reconnu que les exigences opérationnelles peuvent imposer l'utilisation d'unités multiples.
- Δ Dans le cas des unités de 3 MW à 20 MW mentionnées dans la section 1 de la présente recommandation, on prévoit une période de transition supplémentaire de deux ans pour permettre la mise au point de techniques perfectionnées de réduction des émissions.
- Δ Dans le cas d'une installation de turbine à combustion avec brûleurs auxiliaires, les limites recommandées s'appliquent à tout le combustible brûlé par l'installation, le combustible employé dans les brûleurs auxiliaires étant traité comme s'il avait été brûlé dans la turbine à combustion.
- Δ Pour déterminer l'énergie utile nette produite en sus de l'énergie électrique ou mécanique, il suffit de mesurer la différence d'énergie entre les fluides thermiques qui quittent l'installation de turbine à combustion et de démontrer que le gros de cette énergie est extrait en vue d'une application utile. On évite ainsi de devoir mesurer individuellement l'énergie consommée en aval par chaque utilisation de la chaleur perdue pour déterminer la production de chaleur.

Recommandation nationale relative aux émissions des nouvelles turbines à combustion fixes

1. Émissions d'oxydes d'azote :

Pour déterminer les émissions cibles applicables à différents types de turbines à combustion, on calcule la masse admissible de NO_x (grammes) par unité d'énergie électrique ou mécanique (gigajoules) produite, et on autorise une émission supplémentaire de NO_x s'il est montré que l'énergie utile est récupérée à partir de l'énergie thermique des gaz d'échappement qui est dégagée pendant l'exploitation normale de l'installation. Les émissions admissibles pour la période pertinente sont les suivantes :

$$(\text{ÉNERGIE PRODUITE} \times \text{A}) + (\text{CHALEUR PRODUITE} \times \text{B}) = \text{grammes d'équivalents de NO}_2$$

Où :

- l'énergie produite représente la production totale d'énergie électrique et mécanique exprimée en gigajoules (3,6 GJ par MW-heure)
- la chaleur produite représente l'énergie thermique utile totale nette récupérée à partir de l'installation de turbine à combustion.
- A et B représentent les taux d'émission admissibles, exprimés en grammes par gigajoule, correspondant respectivement à la production d'énergie dans l'installation et à la chaleur récupérée, de la manière résumée ci-après.

LIMITE ADMISSIBLE "A" POUR L'ÉNERGIE PRODUITE (g/GJ)

TURBINES POUR UTILISATION DE BASE

	<u>Gaz naturel</u>	<u>Liquide</u>
moins de 3 MW	500	1250
3 - 20 MW ¹	240	460
plus de 20 MW	140	380

TURBINES DE POINTE

moins de 3 MW	exemptées	exemptées
plus de 3 MW	280	530

Remarques :

- (1) Pendant les deux premières années de la mise en oeuvre de la recommandation, les limites admissibles pour les unités de base de 3 - 20 MW sont de 350 g/GJ et de 600 g/GJ, respectivement, pour les combustibles gazeux et liquides.
- (2) La valeur de "A" a été fixée à 500 g/GJ pour les combustibles dérivés de solides, compte tenu du fait que la solution de remplacement concurrente serait une centrale thermique à vapeur traditionnelle alimentée au charbon.

LIMITE ADMISSIBLE "B" POUR LA CHALEUR RÉCUPÉRÉE (g/GJ)

Pour toutes les unités :	Gaz naturel	40
	Liquide	60
	Dérivé de solide	120

La limite admissible pour la chaleur récupérée est une limite des émissions de NO_x applicable à l'énergie récupérée à partir des gaz d'échappement de la turbine sous forme de chaleur. Cette limite correspond aux économies d'émissions réalisées en ne chauffant pas ou en ne refroidissant pas une charge par combustion de combustible supplémentaire dans une chaudière industrielle, mais en récupérant plutôt la chaleur produite par les gaz d'échappement de la turbine à combustion pendant son fonctionnement normal et par les autres sources de chaleur "perdue" comme celle du condensat.

2. Recommandation relative aux émissions de monoxyde de carbone (CO) :

Pour les unités auxquelles s'appliquent les dispositions de la présente recommandation, les émissions de CO, corrigées en fonction des conditions ISO de 15 % d'oxygène et de volume sec, ne devraient pas dépasser :

- 50 parties par million à la puissance nominale.

3. Recommandations relatives aux émissions d'anhydride sulfureux (SO_2)

Il est possible de limiter les émissions d'anhydride sulfureux des turbines à combustion en utilisant des combustibles à faible teneur en soufre ou en ayant recours à des techniques qui réduisent la teneur en soufre du combustible ou encore qui permettent de capturer l'anhydride sulfureux présent dans les gaz d'échappement. Les émissions d'anhydride sulfureux ne devraient pas dépasser les valeurs suivantes :

- Δ dans le cas des combustibles liquides et gazeux :
800 grammes par gigajoule d'énergie produite pour les unités non soumises aux demandes de pointe et 970 grammes par gigajoule d'énergie produite pour les unités soumises aux demandes de pointe, suivant le pouvoir calorifique inférieur du combustible.
- Δ dans le cas du charbon et des combustibles dérivés de solides :
770 grammes par gigajoule d'énergie produite pour les combustibles dont les émissions non limitées de SO_2 , basées sur leur teneur en soufre, seraient comprises entre 770 et 7700 g/GJ d'énergie produite, ou un minimum de 90 % d'élimination du soufre dans le cas des combustibles dont les émissions de SO_2 non limitées, basées sur la teneur en soufre du combustible, seraient supérieures à 7700 g/GJ d'énergie produite.

- Δ les unités dont la puissance nominale est inférieure à 3 MW qui sont utilisées exclusivement pour alimenter des compresseurs de gaz naturel sur le terrain en amont des installations de traitement du gaz naturel sont exemptées des limites relatives aux émissions de SO₂.

4. Mesure et surveillance

Pour s'assurer que l'installation de turbine à combustion est exploitée conformément aux dispositions de la recommandation, le promoteur de projet devrait fournir les moyens nécessaires pour mesurer de manière appropriée les flux d'énergie et les émissions de polluants visés par les taux d'émission cibles. Les flux d'énergie comprennent la consommation de combustible, l'énergie électrique et l'énergie mécanique, l'utilisation de la vapeur, du condensat et des autres fluides thermiques au sein de l'installation. En plus de mesurer directement les émissions, les opérateurs devraient régulièrement mesurer les propriétés du combustible, notamment leur pouvoir calorifique et leur teneur en soufre.

Dans le cas des unités non soumises à des demandes de pointe de plus de 25 MW qui produisent de l'électricité, les émissions doivent être mesurées dans le cadre de la surveillance continue des émissions ou suivant une méthode d'efficacité comparable à celle de la surveillance continue des émissions, sujette à l'approbation de l'autorité de réglementation provinciale ou régionale appropriée. Dans le cas des autres unités, les émissions devraient être surveillées à la fréquence spécifiée par l'autorité de réglementation appropriée, mais au minimum, dans le cadre de la mise en service initiale, à la suite d'une interruption majeure pour entretien ou modification, ou au moins une fois par année.

Les méthodes utilisées pour mesurer les émissions doivent être celles qui sont spécifiées par l'autorité de réglementation appropriée, mais elles devraient au moins concorder avec celles qui sont mises au point et publiées à cette fin par Environnement Canada.

Appendice A

Liste des membres du groupe de travail national

Provinces

Jane MacNeill	Ministère de l'Environnement de Nouvelle-Écosse
Denis Maftai	Ministère de l'Environnement de l'Ontario
Randy Dobko	Ministère de l'Environnement de l'Alberta
Kamal Bhattacharyya	Ministère de l'Environnement de C.-B., district régional du grand Vancouver

Utilisateurs des turbines

Steve Morck	Nova Corporation of Alberta, Association canadienne du gaz
Bill Peel	Alberta Power
David Gass	Saskatchewan Power
Joe Zanik	Destec Energy Limited, Canadian Chemicals Producers Association
Blair Seckington	Ontario Hydro, Association canadienne de l'électricité
Jake Brooks	Independent Power Producers Society of Ontario
Leo Burns	New Brunswick Power
J. Des Cousins	Nova Scotia Power

Fabricants

Peter Handy	Rolls Royce (Canada) Limitée
Ed Theissen	Asea Brown Boveri
Glen Kennedy ¹	Générale électrique du Canada Inc.
Lawrence Kaempffer	Westinghouse Canada Inc.
Kenneth Walls	Solar Turbines Canada Ltd.

Gouvernement fédéral

Dwayne Bateson	Énergie, Mines et Ressources Canada
Keith DePooter	Conseil national de recherches du Canada
Pierre Pinault	Environnement Canada
Chris Doiron ³	Environnement Canada
Manfred Klein	Environnement Canada

- 1 Remplace Mike Kennedy, qui travaille maintenant pour H.A. Simons Ltd.
- 2 Remplace Cary Alexander, avec l'aide de Dave Phaneuf
- 3 Détaché de la société New Brunswick Power

Environnement Canada et le CCME tiennent à exprimer leur profonde reconnaissance à Cary Alexander et à Brian Hoyland de Solar Turbines, qui sont tous deux décédés en 1991. Ils ont joué un rôle important dans l'élaboration de la présente recommandation.

Appendice B

Exemple pour illustrer les recommandations relatives aux NO_x pour des unités de différentes dimensions et pour des rendements globaux variés des usines

Les recommandations nationales relatives aux émissions des turbines à combustion fixes sont basées sur les émissions admissibles d'oxydes d'azote (NO_x) en masse par unité d'énergie utile produite, exprimées en grammes par gigajoule (g/GJ). L'exemple suivant est donné à titre d'illustration pour faciliter la conversion de ces expressions sous une autre forme couramment utilisée, en volume, les gaz d'échappement étant secs et présentant une teneur en oxygène de 15 % (ppmv ISO).

La Figure 1 montre comment il est possible de mettre en relation les émissions de NO_x exprimées en ppmv (ISO) avec le rendement thermique global de l'installation de turbine à combustion, en se basant sur les limites admissibles pour les émissions (g/GJ) données dans la section 1 de la présente recommandation. Pour chaque dimension de turbine et source de combustible, la pente initiale de la courbe représente le fonctionnement en mode simple ou combiné, déterminé par la limite admissible "A" pour l'énergie produite. La dernière partie de la courbe représente une limite supplémentaire pour l'utilisation de l'énergie thermique dans le cas d'une usine de co-génération, déterminée par la limite "B" pour la chaleur récupérée. Pour simplifier les choses, on a supposé que le rendement du cycle combiné était de 50 %, quelle que soit la dimension de l'unité. La relation réelle variera en fonction des caractéristiques de conception de l'usine du promoteur.

Suppositions :

1 ppmv ISO = 1,70 grammes de NO₂ par GJ d'intrant thermique, pour un combustible de gaz naturel
= 1,77 grammes de NO₂ par GJ d'intrant thermique, pour un combustible liquide

Exemple :

Une turbine produisant 25 MW ou 90 GJ/h, avec un rendement thermique de 35 % dans le cas d'un cycle simple alimenté au gaz, consommera 257 GJ/h de gaz combustible. Une limite cible de 140 g/GJ pour les émissions devra être respectée. En unités volumétriques, ceci correspond à 29 ppmv et pourrait produire environ 12,6 kilogrammes à l'heure en équivalent de NO₂;

$$140\text{g/GJ produites} \times \frac{0,35 \text{ GJ produite}}{\text{GJ intrant}} \times \frac{1}{1,7} = 29 \text{ ppmv}$$

$$140\text{g/GJ produites} \times 90 \text{ GJ/h produites} = 12\,600 \text{ g NO}_2/\text{h}$$

Dans le cas d'un cycle combiné, un rendement de 50 % permettrait de respecter une limite de 42 ppmv tout en générant 129 GJ/h d'énergie, de manière à produire 18 kg de NO₂/h.

Dans le cas d'un cycle de co-génération dont le rendement est de 80 %, il est possible d'utiliser 77 GJ/h d'énergie thermique supplémentaire. La limite admissible pour la chaleur récupérée de 40 g/GJ permettrait à l'usine de produire 3.1 kg NO₂/h supplémentaire, ce qui se traduirait par une concentration supplémentaire de $(3,1/18) = 17\%$ de NO₂, ou de 7 ppmv, soit une concentration totale d'émissions d'environ 49 ppmv. L'utilisation de brûleurs auxiliaires fera augmenter la quantité de combustible consommée et abaissera le taux d'émission admissible.

Directive d'émissions de turbines à gaz

Exemple de conversion de g/GJ à ppmv
(turbines pour l'utilisation de base)

