

# Représentativité des campagnes d'échantillonnage de l'incinérateur de la Ville de Québec

Résumé du mémoire déposé au BAPE dans l'enquête sur l'état des lieux et la gestion des résidus ultimes

Patrick Ferland, chimiste, B. Sc., M. Sc.

Jacques Latouche, statisticien, B. Sc.,

Yvan Ouellet, chimiste, B. Sc., M. Sc.



# Plan de la présentation

**PARTIE I – PRÉAMBULE**

**PARTIE II – AVIS SCIENTIFIQUE**

**PARTIE III - RECOMMANDATIONS**

# Remarque sur cette présentation

Cette présentation reproduit certains articles du mémoire complet déjà déposé devant la commission et, bien que la séquence «chronologique» des numéros d'articles soit respectée, il est normal que cette séquence ne soit pas complète et qu'il y ait des sauts de numéros d'articles.

# PARTIE I – PRÉAMBULE

## Le règlement sur l'enfouissement et sur l'incinération des matières résiduelles (REIMR)



1. [Le Règlement sur l'enfouissement et sur l'incinération des matières résiduelles](#) (REIMR) précisait à l'article 132 que l'exploitant d'un incinérateur comme celui de Québec est *tenu au moins 1 fois par année, d'effectuer ou de faire effectuer une campagne d'échantillonnage des gaz de combustion émis à l'atmosphère aux fins de mesurer les paramètres mentionnés à l'article 130, avec 3 échantillons par campagne pour les paramètres indiqués aux paragraphes 1, 2, 4 et 5 de cet article*

2. Dans [un guide d'application](#) du MDDELCC, nouvellement le MELCC, sur l'interprétation de l'ancien REIMR, dans les notes explicatives de l'article 132, l'expression d'origine «au moins» une fois du règlement est virtuellement «disparue» puisque les auteurs du guide ont interprété le texte de l'article comme étant que *la fréquence des contrôles obligatoires par l'exploitant est annuelle.*

# Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère



7. La précision sur la fréquence des campagnes d'échantillonnage de l'article 132 du REIMR a été reprise à l'article 119 du RAA :

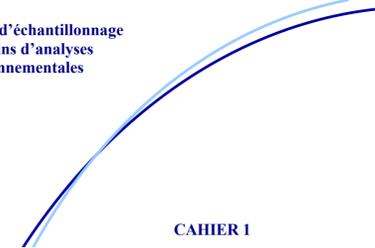
*Au moins une fois par année, l'exploitant de tout incinérateur dont la capacité nominale d'alimentation est égale ou supérieure à 1 tonne par heure doit procéder à l'échantillonnage à la source des gaz de combustion émis dans l'atmosphère, en calculer le taux ou la concentration d'émission des contaminants mentionnés aux dispositions des articles 103 à 105 qui lui sont applicables, et à cette fin, mesurer chacun des paramètres nécessaires à ce calcul.*

# Cahiers d'échantillonnage

Source : MELCC

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec

Guide d'échantillonnage  
à des fins d'analyses  
environnementales



CAHIER 1

Centre d'expertise  
en analyse environnementale  
du Québec

Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales



Cahier 4

Échantillonnage des émissions atmosphériques  
en provenance de sources fixes

9. À l'article 198 du RAA, on se rapporte au [cahier no.4](#) du Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales pour les méthodes d'échantillonnage relatives aux mesures prescrites pour le respect des normes prévues aux articles 104 et 105. Dans ce dernier, on y discute des méthodes particulières d'échantillonnage aux cheminés. Dans le cahier no 4, on précise

*L'utilisateur de ce cahier devrait également tenir compte des renseignements qui sont inscrits dans le cahier 1, Généralités. Ce cahier traite du cadre général de la planification d'une campagne d'échantillonnage et des procédures techniques sur les plans de la qualité, de la santé et de la sécurité ainsi que de l'intégrité de l'échantillon.*

10. Or, dans le [cahier 1](#), on retrouve à plusieurs endroits le concept de représentativité de l'échantillonnage. Par exemple, on y précise de manière générale que :

*L'objectif de l'échantillonnage à des fins d'analyse est d'obtenir des renseignements sur un milieu donné à l'aide d'échantillons représentatifs.*

# Fonctionnement actuel



A calendar for June 2019. The title is 'JUIN 2019'. The days of the week are listed at the top: LUNDI, MARDI, MERCREDI, JEUDI, VENDREDI. The dates are arranged in a grid. The 1st is a Friday, the 2nd is a Saturday, and the 3rd is a Sunday. The 15th is a Friday, and the 16th is a Saturday. The 29th is a Friday, and the 30th is a Saturday.



A calendar for October 2019. The title is 'Octobre 2019'. The days of the week are listed at the top: LUN, MAR, MER, JEU, VEN, SAM. The dates are arranged in a grid. The 1st is a Monday, the 2nd is a Tuesday, the 3rd is a Wednesday, the 4th is a Thursday, and the 5th is a Friday. The 7th is a Sunday, the 8th is a Monday, the 9th is a Tuesday, the 10th is a Wednesday, the 11th is a Thursday, and the 12th is a Friday. The 14th is a Sunday, the 15th is a Monday, the 16th is a Tuesday, the 17th is a Wednesday, the 18th is a Thursday, and the 19th is a Friday. The 21st is a Sunday, the 22nd is a Monday, the 23rd is a Tuesday, the 24th is a Wednesday, the 25th is a Thursday, and the 26th is a Friday. The 28th is a Sunday, the 29th is a Monday, the 30th is a Tuesday, and the 31st is a Wednesday.

13. La ville de Québec fait exécuter deux campagnes d'échantillonnage aux cheminées par un sous-traitant, généralement une fois en juin et une fois en octobre.

15. Ces campagnes que l'on dénomme ponctuelles ou réalisées sur de courtes périodes– en anglais [stack tests](#) -- ont lieu en juin et en octobre depuis plusieurs années. Parmi les raisons déjà invoquées, les représentants de l'exploitant ont déjà mentionné que c'était pour ces deux moments de l'année que l'on possédait suffisamment de matières à brûler pour faire fonctionner les quatre fours simultanément et ainsi pouvoir échantillonner les quatre cheminées dans la même courte période de temps.

# PARTIE II – AVIS SCIENTIFIQUE

## Retour sur les objectifs des normes

20. Si le RAA demande qu'il y ait mesure de certains contaminants aux cheminées, c'est qu'il s'agit finalement d'indicateurs de performance à la sortie de la cheminée pour l'ensemble du procédé d'incinération. On cherche à savoir si les normes fixées par ces contaminants sont dépassées. Par ailleurs, on comprend que, pratiquement, on s'attend à ce que l'incinérateur respecte cette norme tout au cours de son opération.

21. Comme pour la vitesse sur les routes, on ne s'attend pas à ce que les automobilistes respectent la limite de vitesse quelques fois par année, ou seulement le dimanche, mais à chaque fois que l'automobile est en mouvement.

# Pourquoi réaliser un échantillonnage

Janvier							Février							Mars						
Dim	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	Dim	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	Dim	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam
			1	2	3	4					1			1	2	3	4	5	6	7
5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14
12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15	15	16	17	18	19	20	21
19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22	22	23	24	25	26	27	28
26	27	28	29	30	31		23	24	25	26	27	28	29	29	30	31				
Avril							Mai							Juin						
Dim	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	Dim	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	Dim	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam
			1	2	3	4					1	2	3		1	2	3	4	5	6
5	6	7	8	9	10	11	4	5	6	7	8	9	10	7	8	9	10	11	12	13
12	13	14	15	16	17	18	11	12	13	14	15	16	17	14	15	16	17	18	19	20
19	20	21	22	23	24	25	18	19	20	21	22	23	24	21	22	23	24	25	26	27
26	27	28	29	30			25	26	27	28	29	30	31	28	29	30	31			
Juillet							Août							Septembre						
Dim	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	Dim	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	Dim	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam
			1	2	3	4							1		1	2	3	4	5	
5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12
12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19
19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26
26	27	28	29	30	31		23	24	25	26	27	28	29	27	28	29	30			
							30	31												
Octobre							Novembre							Décembre						
Dim	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	Dim	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	Dim	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam
				1	2	3	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	
4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12
11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19
18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26
25	26	27	28	29	30	31	29	30						27	28	29	30	31		

23. En termes statistiques, un échantillon est une partie d'un tout que l'on nomme population. Si on échantillonne, c'est pour des raisons matérielles, notamment pour des raisons économiques afin de ne pas avoir à décrire toute la population. En effet, si on parvient aux mêmes conclusions à partir d'un groupe d'échantillons quant à la description de la population, il ne serait pas nécessaire d'échantillonner chaque jour de l'année.

# Qu'est-ce que la représentativité d'une campagne d'échantillonnage ?

24. Le Règlement, par le biais du cahier 1, demande que l'échantillonnage soit réalisé à l'aide d'échantillons représentatifs.

- *L'objectif de l'échantillonnage à des fins d'analyse est d'obtenir des renseignements sur un milieu donné à l'aide d'échantillons représentatifs.*

25. Par représentativité, on comprend qu'il s'agit de représentativité de l'échantillonnage du procédé industriel investigué, de la représentativité spatiale de l'échantillonnage et de sa représentativité temporelle. Notre questionnement a surtout trait à la représentativité temporelle. Cependant, la représentativité du procédé et la représentativité temporelle sont intimement reliées.

26. La représentativité d'un échantillonnage est un concept statistique. Pour un échantillon de matière, la représentativité de l'échantillonnage de cette matière est définie comme étant la capacité d'un échantillon de la matière à ressembler à l'ensemble de la matière sous investigation. (...) on souhaite à obtenir un échantillon de solide ou de gaz qui posséderait la même concentration que s'il était mesuré dans tout l'air qui passe dans la cheminée durant toute l'année. Il est alors justifié et fondamental de se demander s'il est suffisant de n'échantillonner qu'une seule fois, généralement pendant une période limitée, pour connaître la concentration qu'on s'attend de retrouver pour l'ensemble de l'année.

# Problèmes de représentativité en fonction de modifications temporelles du procédé



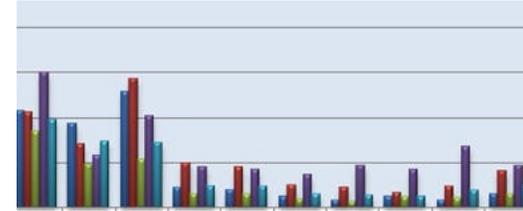
27. Ainsi, si un échantillonnage est effectué dans un four qui fonctionne à plein régime, alors qu'il n'y en a pas lorsque les fours ne fonctionnent pas à plein régime pour une partie significative de l'année, il y a un problème de représentativité de l'échantillonnage. Il en serait de même lorsque la composition des matières qui sont brûlées varie dans le temps, par exemple lors des démarrages.

12 heures



28. La représentativité de l'échantillonnage, apparait, dès lors, ponctuelle. Les teneurs obtenues aux cheminées mesurées depuis les dernières années sont la représentation des émissions issues de la combustion des matières résiduelles disponibles uniquement pour 12 heures répartis sur les trois jours de l'échantillonnage de chaque campagne.

# La variabilité temporelle du procédé d'incinération et des concentrations des paramètres



30. Il est important de faire ressortir la notion de variabilité en statistique. Ainsi, il est certain qu'il y a une certaine variabilité temporelle dans les concentrations des paramètres pendant le démarrage ainsi que dans des conditions dites «normales». Même dans ces conditions, la composition des matières résiduelles est nécessairement changeante et hétérogène dans le temps.

31. Par ailleurs, il est probable que la combustion d'un carburant comme les matières résiduelles apporte plus de variabilité que du fuel utilisé comme combustible, puisque la composition des matières résiduelles et leur humidité en fonction des précipitations est plus variable que celle du fuel.

32. Ainsi, la méthodologie de la sélection des individus, des objets ou des molécules influence directement le résultat de l'échantillonnage.

# DIOXINES ET FURANNES (JUIN ET SEPTEMBRE 2016)

ng/m <sup>3</sup>	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Démarrage de four	Moyenne
Norme	0,096				0,080
Four 1	0,041 14 juin 2016 (10h00-14h30)	0,026 16 juin 2016 (8h30-12h45)	0,099 17 juin 2016 (7h30-11h45)	-	0,0550
Four 1 reprise	0,0024 20 sept 2016 (8h30-12h30)	0,0036 26 sept 2016 (9h30-13h40)	0,0037 26 sept 2016 (13h50-17h50)	-	0,0033
Four 2	0,031 14 juin 2016 (15h45-19h45)	0,008 15 juin 2016 (13h45-17h45)	0,190 16 juin 2016 (13h30-17h30)	0,049 27 juin 2016 (8h00-12h00)	0,0700
Four 2 reprise	0,0040 21 sept 2016 (7h15-11h30)	0,0032 21 sept 2016 (11h30-15h45)	0,0022 22 sept 2016 (7h10-11h30)	-	0,0031
Four 3	0,0037 20 juin 2016 (9h00-13h15)	0,006 21 juin 2016 (7h45-11h45)	0,017 22 juin 2016 (7h30-11h45)	-	0,0090
Four 4	0,0080 20 juin 2016 (14h15-18h45)	0,071 21 juin 2016 (12h30-16h45)	0,013 22 juin 2016 (12h15-16h30)	-	0,0310

# La taille d'échantillon

33. La taille d'échantillon, soit le nombre d'échantillons nécessaires et scientifiquement valides pour étudier une situation telle un procédé devrait tenir compte de cette variabilité temporelle. Plus il y a de la variabilité temporelle, plus il est nécessaire d'augmenter la taille d'échantillon. En pratique, cela signifie qu'en l'absence hypothétique de variabilité temporelle pendant un intervalle donné, par exemple pendant toute une année, on ne pourrait prendre qu'un seul échantillon par année de dioxines et furannes, et cet échantillon serait représentatif de la situation durant toute l'année pour la concentration de dioxines et furanes, puisque la concentration ne varierait pas en fonction du temps.

34. Somme toute, lorsque les échantillons sont collectés de manière représentative temporellement parlant, on pourrait conclure que le suivi de l'incinération est fiable en ce qui a trait au respect des normes.

# Critères de représentativité d'un ou plusieurs échantillons

36. Premièrement, le nombre d'échantillons dans un intervalle de temps donné est déterminant. Plus il y a un grand nombre d'échantillons à l'intérieur d'un intervalle de temps donné, et plus il y a une forte probabilité que les échantillons soient globalement représentatifs de la situation réelle. Ceci réfère au concept de la taille d'un échantillon.

37. Deuxièmement, plus les échantillons sont pris au hasard à un moment à l'intérieur de l'intervalle d'un an, plus également il y a une forte probabilité pour que les échantillons soient globalement représentatifs de la situation réelle.

38. Ce serait donc une lacune méthodologique importante que de n'échantillonner qu'en juin et octobre. Par exemple, quelle était la situation des dioxines et furanes le 25 septembre ? Est-ce qu'un test de dioxines et furanes répondant aux normes en octobre signifie scientifiquement que l'incinérateur répondait aux normes le 25 septembre ? (...)

Actuellement, l'exploitant semble s'en tenir à deux campagnes d'échantillonnage pour conclure sur le respect ou non des normes. De plus, les périodes d'échantillonnage sont choisies par convenance par l'exploitant, mais il ne s'agit pas d'un processus scientifique et on est loin d'une sélection au hasard.

# Problème dans l'interprétation des campagnes d'échantillonnage

40. Est-ce que l'exploitant de l'incinérateur croit réellement qu'une campagne d'échantillonnage par année ou même deux campagnes est un processus raisonnable pour vérifier scientifiquement la performance de l'incinérateur ? (...) après avoir examiné plusieurs (...) données, nous sommes plutôt d'avis qu'il est improbable que deux campagnes de seulement trois échantillons par années suffisent.

41. Par ailleurs, c'est donc dire que si le MELCC interprète que si l'incinérateur répond aux normes pour cette unique campagne qui est étalée sur environ 12 heures pour trois échantillons pour chaque paramètre, est-ce dire que l'incinérateur de la Ville de Québec répondrait aux normes pour le reste de l'année ? Sur ce sujet, l'exploitant est généralement coi.

43. Si on devait ne faire qu'une campagne d'échantillonnage annuellement comme le suggère le MELCC, cela signifierait qu'il n'y aurait aucune variabilité comme prémisse, ce qui est contraire aux variations temporelles connues dans les concentrations des paramètres dans les rapports publiés par la Ville de Québec.

# PARTIE 3 - RECOMMANDATIONS

## Nombre d'échantillons ou de campagnes d'échantillonnage requis pour vérifier si l'incinérateur répond aux normes du Règlement

46. L'exploitant est responsable de démontrer scientifiquement que l'incinérateur de la Ville de Québec répond aux normes réglementaires ou celles édictées en fonction des règles de l'art

47. Depuis les tout débuts jusqu'aux échantillons prélevés en juin et en octobre 2020 inclusivement, l'exploitant de l'incinérateur n'a jamais pu démontrer qu'il avait vérifié scientifiquement que l'incinérateur répondait aux normes sauf pour une période très limitée dans l'année (...) sauf durant la période de 24 heures d'échantillonnage durant toute une année

Mais comme il n'y a pas eu d'échantillonnage les autres jours, on n'avait pas non plus la preuve que les normes étaient respectées, ni que les normes ne n'étaient pas respectées durant ces autres jours. En effet, étant donné la variabilité des données de concentrations des paramètres (...) il y a bien peu de chances pour que deux campagnes avec 6 échantillons sur une période totale de 24 heures dans l'année mènent à pouvoir décrire la situation entière

# Recommandation pour le calcul d'une taille d'échantillon



**Required Sample Size<sup>†</sup>**

Population Size	Confidence = 98%				Confidence = 99%			
	Margin of Error				Margin of Error			
	5.0%	3.5%	2.5%	1.0%	5.0%	3.5%	2.5%	1.0%
10	19	10	10	10	19	10	10	10
20	19	20	20	20	19	20	20	20
30	28	29	29	30	29	29	30	30
50	44	47	48	50	47	48	49	50
75	63	69	72	74	67	71	73	75
100	80	89	94	99	87	93	96	99
150	108	126	137	148	122	135	142	149
200	132	150	177	195	154	174	186	198
250	152	190	215	244	182	211	229	246
300	169	217	251	291	207	246	270	295
400	196	265	318	384	250	309	340	391
500	217	306	377	475	285	365	421	485
600	234	340	432	565	315	416	490	579
700	248	370	481	653	341	462	554	672
800	260	396	526	739	363	503	615	763
1,000	278	440	606	906	399	575	727	943
1,200	291	474	674	1067	427	636	827	1119
1,500	306	515	759	1297	460	712	959	1376
2,000	322	563	869	1655	498	808	1141	1785
2,500	333	597	952	1984	524	879	1288	2173
3,500	346	641	1068	2565	558	977	1510	2890
5,000	357	676	1176	3298	586	1099	1734	3942
7,500	365	710	1275	4211	610	1147	1960	5165
10,000	370	727	1332	4899	622	1193	2098	6239
25,000	378	780	1446	6939	646	1285	2399	9972
50,000	381	772	1491	8056	655	1318	2520	12455
75,000	382	776	1506	8514	658	1330	2563	13583
100,000	383	778	1513	8762	659	1336	2585	14227
250,000	384	782	1527	9248	662	1347	2626	15555
500,000	384	783	1532	9423	663	1350	2640	16055
1,000,000	384	783	1534	9512	663	1352	2647	16317
2,500,000	384	784	1536	9567	663	1353	2651	16478
10,000,000	384	784	1536	9594	663	1354	2653	16560
100,000,000	384	784	1537	9603	663	1354	2654	16584
300,000,000	384	784	1537	9603	663	1354	2654	16588

<sup>†</sup> Copyright, The Research Advisors (2006). All rights reserved.

48. Il existe des méthodes pour vérifier la variabilité temporelle des concentrations. On devrait avoir la meilleure connaissance possible de la variabilité et on pourrait ensuite calculer une taille minimale d'échantillon pour chaque paramètre.

49. Le concept de [taille d'échantillon](#) est un concept bien connu en statistiques et il existe des méthodologies en ce sens pour les tailles d'échantillons pour décrire des problématiques environnementales.

50. Par conséquent, il est recommandé de procéder au calcul statistique d'une taille minimale d'échantillons à partir de la connaissance de la variabilité, et ce pour chaque paramètre. Ce calcul et son application serait confiée à une autorité scientifique compétente.

# Recommandation pour utiliser des données en continu



**52. Il est recommandé d'examiner la possibilité d'inclure dans la réglementation l'obligation pour l'exploitant de l'incinérateur de suivre les normes à partir de mesures en continu, la collecte des échantillons en continu étant supervisée et étant interprétée par une autorité scientifique indépendante et incluant des membres d'un ordre professionnel, dont au moins un ingénieur et un chimiste, le tout afin d'assurer une imputabilité juridique et scientifique.**

53. Au préalable, il serait essentiel de comparer les différences entre les concentrations mesurées en continu et celles mesurées lors des campagnes d'échantillonnage aux cheminées par un traitement statistique afin de faire ressortir et d'expliquer les différences significatives de concentrations observées entre les deux méthodes d'échantillonnage.

# Recommandation pour la surveillance des opérations de l'incinérateur et de l'échantillonnage des paramètres réglementés et non réglementés

54. Une municipalité qui exploite un équipement industriel représente une situation particulière. Elle possède des pouvoirs spéciaux, des budgets importants et l'équilibre des forces peut facilement être rompu entre l'exploitant, qui est la municipalité, les citoyens ainsi que les organismes voués à la surveillance et à l'application de la réglementation. Le Comité de vigilance (CVI) a été prévu par réglementation du MELCC pour qu'on s'assure que l'équipement réponde aux normes. Il s'agit d'une **délégation** représentant un défi immense compte tenu de la technologie utilisée et de la compréhension scientifique d'un processus de combustion. Des connaissances en chimie, en ingénierie, en sciences des matériaux et même en toxicologie pourraient être nécessaires pour véritablement exercer une surveillance adéquate. Il y a un enjeu de crédibilité important à ce que les membres du CVI possèdent les savoirs et les méthodes scientifiques adéquates pour réaliser leur mandat de surveillance.

# Recommandation pour la surveillance des opérations de l'incinérateur et de l'échantillonnage des paramètres réglementés et non réglementés



INCINÉRATEUR DES  
CARRIÈRES 1970-1993

**55. Il est recommandé qu'un organisme indépendant qui ferait rapport au MELCC soit créé en ajout ou en remplacement du comité de vigilance actuel et formé en partie de scientifiques dont certains membres d'un ordre professionnel, de citoyens et de représentants de l'exploitant.**

56. Cet organisme pourrait, entre autres, édicter la fréquence d'échantillonnage et exécuterait des audits réguliers pour valider que les conditions d'exploitation et d'épuration des gaz, incluant l'ajout de charbon et de chaux, sont similaires lors des échantillonnages et comparables aux autres périodes de l'année.

57. S'il devait être impossible de pouvoir appliquer les recommandations précédentes, le ministre responsable du MELCC pourrait demander au gouvernement de procéder à l'arrêt progressif des opérations de l'incinérateur puisqu'il serait alors impossible de pouvoir démontrer que celui-ci répond aux normes.

# Remerciements

Nous remercions le BAPE et les commissaires de leur écoute et également de nous avoir permis de présenter le mémoire rattaché à cette présentation, et nous sommes disposés à répondre aux questions des commissaire et à celles du Président.