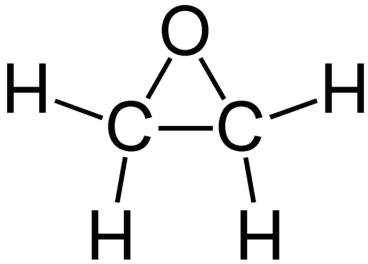
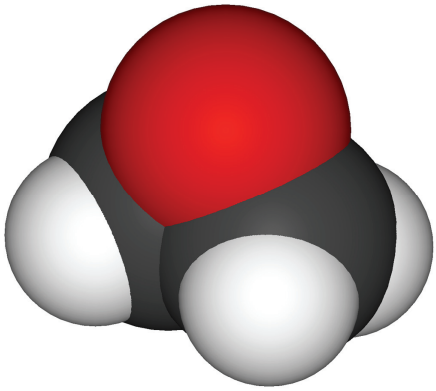
Environnement Canada Environment Canada

Canada

Détermination du taux de réduction des émissions d'oxyde d'éthylène par oxydation catalytique

Document d'orientation





Rapport EC 1/RM/52
Juillet 2007

Commentaires des lecteurs

Toute demande au sujet de l'utilisation du présent document devrait être adressée à :

Division de la recherche et des mesures des émissions
Centre des sciences et technologies environnementales
Direction générale des sciences et de la technologie
Ottawa (Ontario) K1A 0H3

Des exemplaires de ce document peuvent être obtenus auprès de :

Informathèque
70, rue Crémazie
Gatineau (Québec)
K1A 0H3

Téléphone :
819-997-2800 ou 1-800-668-6767

Télécopieur :
819-953-2225

Courriel :
enviroinfo@ec.gc.ca

Table des matières

1. Applicabilité 1
2. Principe 1
3. Procédure 2
4. Stratégie d'échantillonnage 3
4.1 Emplacement du port d'échantillonnage 3
4.2 Détermination de la durée de l'échantillonnage 4
4.3 Échantillonnage à débit constant et avec dilution 5
4.4 Maintien de la stabilité des échantillons 6
4.5 Risques posés par le système à oxydation catalytique 7
5. Incertitude 7

Liste des figures

Figure 1. Schéma du système à oxydation catalytique 1
Figure 2. Diagramme pour le prélèvement 2
Figure 3. Port d'échantillonnage conduisant à un échantillon non représentatif 3
Figure 4. Emplacements potentiels pour les ports d'échantillonnage sur le conduit d'évacuation 4
Figure 5. Cycle de stérilisation typique avec de l'oxyde d'éthylène pur 5
Figure 6. Schéma d'une installation typique sur le toit 6
Figure 7. Calcul de l'incertitude sur le taux de réduction des émissions 8

1. Applicabilité

Ce document d'orientation sert de complément au document d'Environnement Canada, intitulé *Méthode de référence pour l'essai de sources : Détermination du taux de réduction d'oxyde d'éthylène par oxydation catalytique*. On présente, dans le présent document, le contexte et des lignes directrices pour la collecte des échantillons à des fins de détermination du taux de réduction d'oxyde d'éthylène (OEt). Ce document s'adresse aux personnes ayant reçu la formation adéquate et possédant l'expérience nécessaire. La détermination du taux de réduction par oxydation catalytique est basée sur la collecte d'un échantillon intégré dans un sac pendant une période approximative de 50 à 60 minutes. La présente procédure s'applique aux systèmes de stérilisation fonctionnant à l'oxyde d'éthylène pur ou aux mélanges gazeux lors de la phase d'évacuation du cycle de stérilisation. Elle ne s'applique pas à d'autres systèmes de réduction des émissions, tels que les épurateurs-laveurs acide-eau.

2. Principe

Les composants de base du système à oxydation catalytique sont illustrés à la Figure 1. Essentiellement, l'OEt provenant du stérilisateur est envoyé dans le système à oxydation catalytique, où il est mélangé à de l'air de combustion avant de passer dans un système catalytique. Ce système oxyde l'OEt pour le convertir en dioxyde de carbone (CO_2) et en vapeur d'eau, qui sont ensuite rejetés dans l'atmosphère. La réaction chimique qui résulte de ce procédé est la suivante :

$$2C_2H_4O + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 4H_2O$$

En déterminant les concentrations de CO_2 et d'OEt qui s'échappent du système à oxydation catalytique, on peut facilement calculer le taux de réduction de la teneur en OEt.

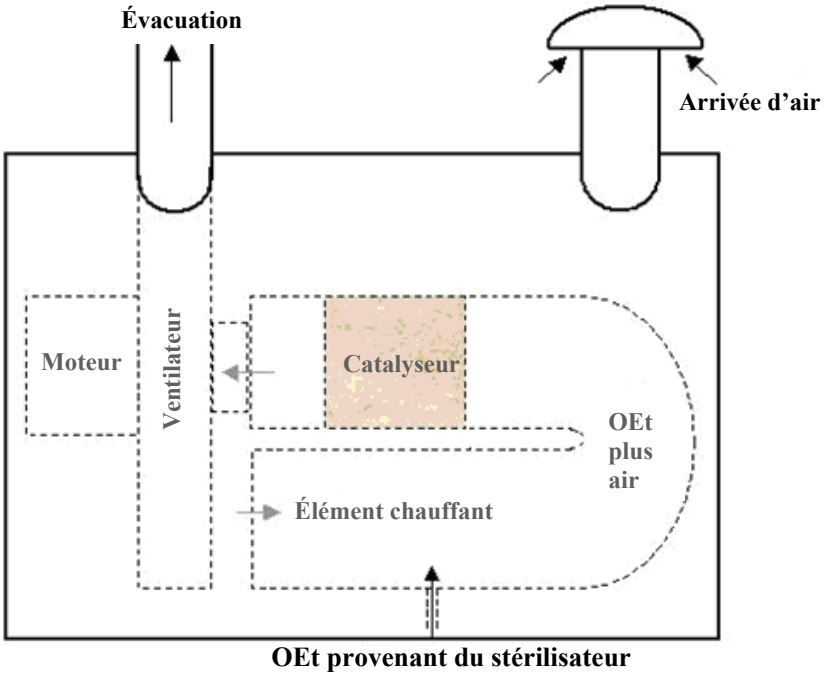


Figure 1. Schéma du système à oxydation catalytique

3. Procédure

La procédure à suivre pour déterminer le taux de réduction est définie dans la méthode intitulée *Méthode de référence pour l'essai de sources : Détermination du taux de réduction d'oxyde d'éthylène par oxydation catalytique*. Au cours de cette procédure, on doit prendre deux décisions ayant trait à l'échantillonnage de la source. La première décision a trait à la condensation éventuelle de l'eau dans le sac à échantillon. La présence d'eau liquide conduira à des pertes d'OEt dans l'échantillon. Le cas échéant, on peut préconiser deux options pour traiter ce problème. La seconde décision a trait à la méthode de prélèvement de l'échantillon, à débit constant ou avec dilution. Cette démarche est illustrée à la Figure 2.

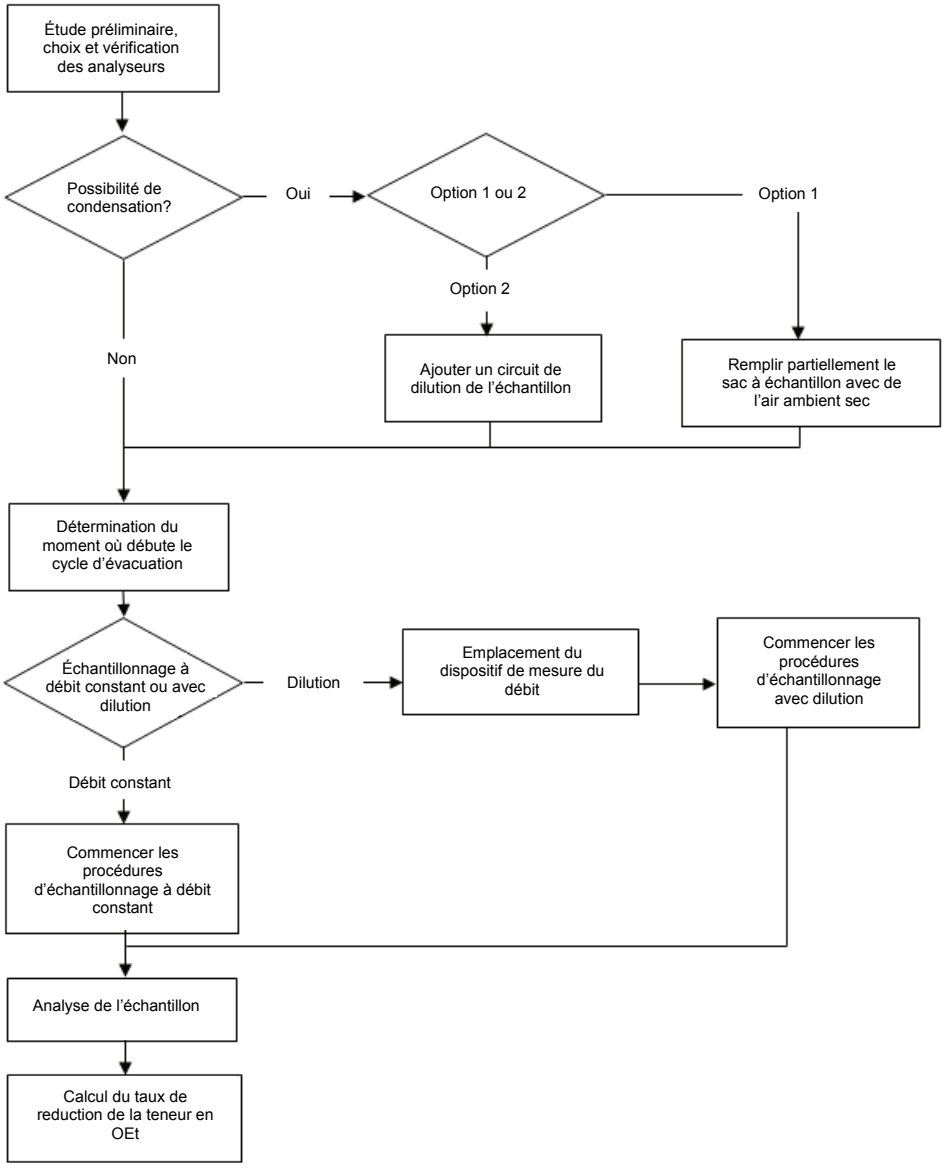


Figure 2. Diagramme pour le prélèvement

4. Stratégie d'échantillonnage

Pour la collecte de l'échantillon à des fins de détermination du taux de réduction de la teneur en OEt, plusieurs décisions s'imposent. Une étude préliminaire est obligatoire afin de déterminer l'emplacement du port d'échantillonnage, de recueillir des données sur le cycle et de décider quelle stratégie d'échantillonnage sera requise pour pouvoir prélever un échantillon représentatif. Il sera nécessaire de prendre des mesures pour prévenir la condensation lors du prélèvement de l'échantillon intégré et lors de l'entreposage du sac contenant l'échantillon. L'évacuation des gaz par le conduit de dérivation peut poser des risques pour le personnel présent sur le site. Ces problèmes sont traités dans les sous-sections suivantes.

4.1 Emplacement du port d'échantillonnage

Deux ports d'échantillonnage, nommés respectivement « Upstream » (*Amont*) et « Downstream » (*Aval*) sont situés sur le côté du système à oxydation catalytique. Le port « Downstream » (*Aval*) NE devrait PAS être utilisé pour l'échantillonnage des émissions, car un échantillon prélevé ainsi pourrait ne pas être représentatif. L'emplacement des ces deux ports est indiqué à la Figure 3.

Figure 3. Port d'échantillonnage conduisant à un échantillon non représentatif

Le point de prélèvement permettant d'obtenir un échantillon représentatif doit être placé sur le circuit d'évacuation du système de réduction des émissions, là où les effluents sont bien homogènes. Ceci s'applique au port de prélèvement de l'échantillon ainsi qu'au port de surveillance du débit quand l'échantillonnage est réalisé avec une dilution. Les emplacements privilégiés pour ces deux ports sont indiqués à la Figure 4. Évitez de placer les ports près de coudes ou de courbures.

Figure 4. Emplacements potentiels pour les ports d'échantillonnage sur le conduit d'évacuation

4.2 Détermination de la durée de l'échantillonnage

L'échantillonnage doit être réalisé pendant la phase d'évacuation du OEt du stérilisateur. Pendant un cycle typique de stérilisation, cette phase dure environ 50 à 60 minutes. Malheureusement, le début de cette phase ne peut pas être déterminé avec précision en regard du commencement du cycle, car la durée de certaines phases dépend du temps nécessaire pour atteindre des valeurs spécifiques de pression (vide), de température, etc. De plus, lorsque cette phase du cycle débute, le système à oxydation catalytique n'indique pas nécessairement qu'il commence le traitement de l'OEt. Le débit et la température des effluents ne varient guère de manière significative lorsque de l'OEt est envoyé vers le système à oxydation catalytique.

Pour résoudre ce problème, on peut surveiller la teneur en CO_2 des effluents gazeux pendant la stérilisation. Lorsque la teneur en CO_2 atteint une valeur double de la teneur ambiante, on sait que la phase d'évacuation a commencé, et on peut démarrer l'échantillonnage. Veuillez noter que la teneur en CO_2 augmente rapidement, la personne faisant l'échantillonnage doit donc être très vigilante lors de cette partie du cycle.

Une solution de remplacement à la surveillance de la teneur en CO_2 consiste à équiper le système à oxydation catalytique d'un indicateur signalant que la phase d'évacuation a commencé.

On présente à la Figure 5 le cycle de stérilisation, les concentrations prévues à la sortie du système à oxydation catalytique et les conditions pour les effluents (température et débit). Les valeurs indiquées sur l'axe des *x* peuvent varier d'un stérilisateur à l'autre.

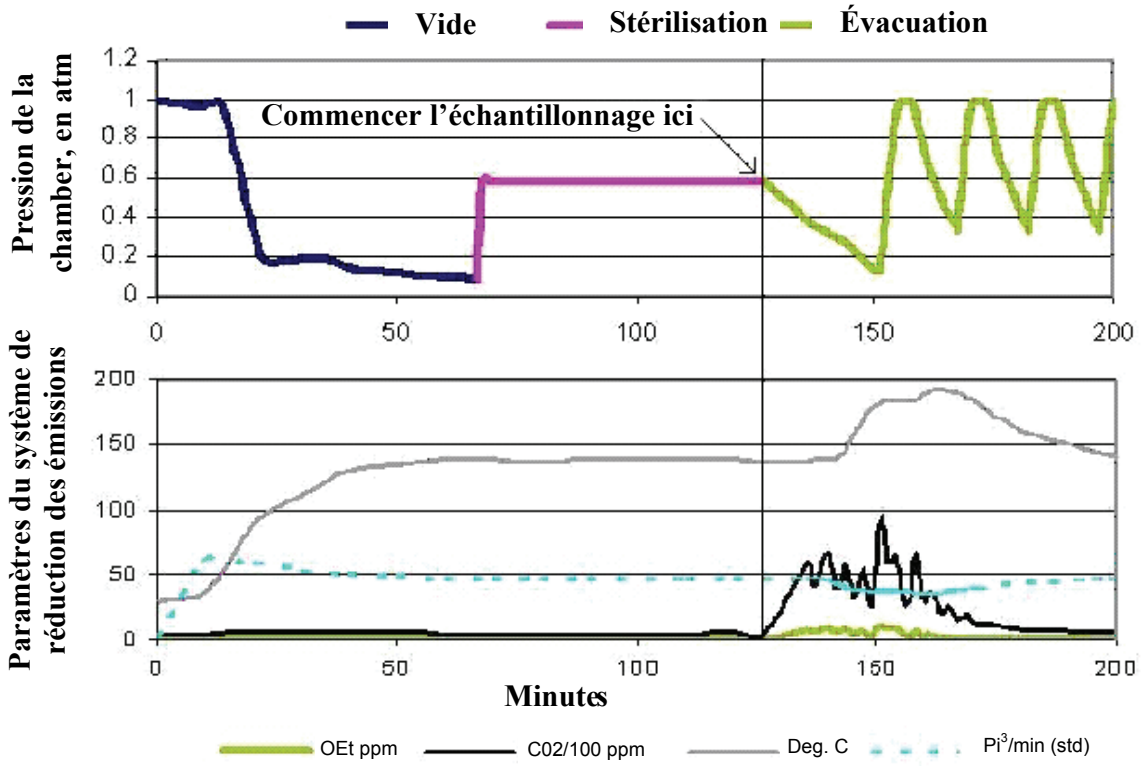


Figure 5. Cycle de stérilisation typique avec de l'oxyde d'éthylène pur

4.3 Échantillonnage à débit constant et avec dilution

Le rapport des débits d'OEt et d'air de combustion est d'environ 1/50. En général, le débit dans le conduit d'évacuation ne varie pas de plus de 15 % pendant toute la période d'échantillonnage. Dans ces conditions, on utilise la méthode d'échantillonnage à débit constant pour prélever un échantillon intégré.

Toutefois, la méthode à débit constant ne peut pas convenir si le débit varie de plus de 15 % à un moment quelconque du cycle mesuré en suivant les procédures décrites dans la Méthode B, (Détermination de la vitesse et du débit-volume des gaz de cheminée) de la méthode de référence d'Environnement Canada SPE 1/RM/8, intitulée *Méthodes de référence en vue d'essais aux sources : mesures des émissions de particules provenant de sources fixes*. Pour l'échantillonnage avec dilution, on peut installer un port de mesure du débit des effluents dans la paroi double du conduit ou une rallonge sur la cheminée au niveau du toit. On donne à la Figure 4 les emplacements où ce port peut être installé sur la paroi double.

En outre, on fournit à la Figure 6 un schéma typique d'une installation sur le toit. Veuillez noter que cet emplacement n'est pas recommandé pour l'échantillonnage en raison de problèmes de sécurité et de la proximité du circuit de dérivation des effluents du système à oxydation catalytique.

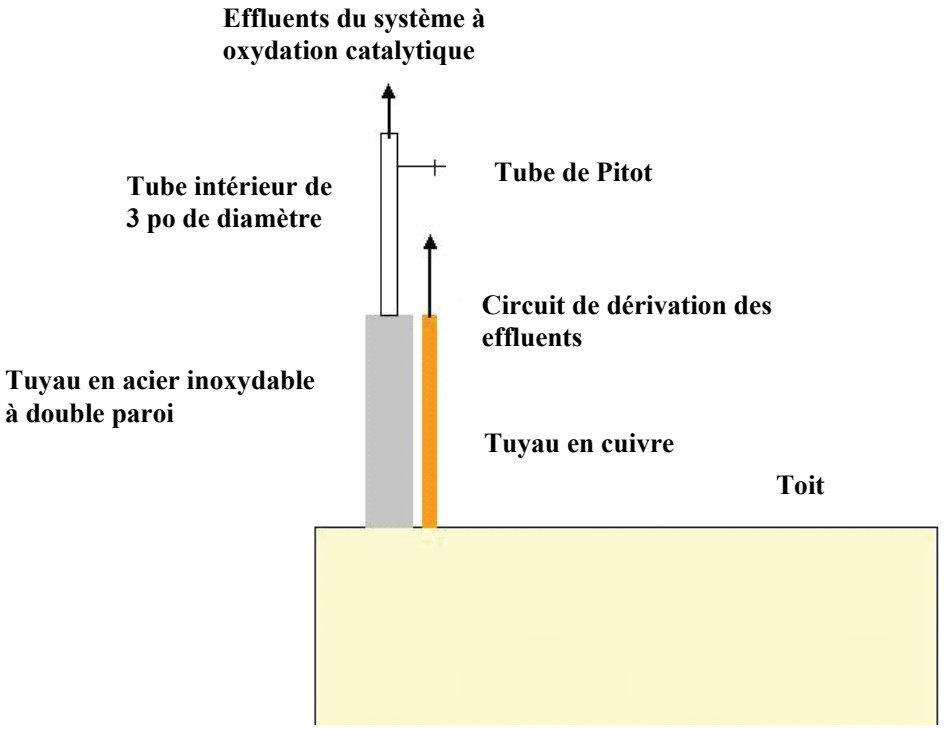


Figure 6. Schéma d'une installation typique sur le toit

4.4 Maintien de la stabilité des échantillons

Après avoir prélevé l'échantillon, à débit constant ou avec une dilution, il faut déterminer les concentrations d'OEt et de CO_2 au moyen d'analyseurs satisfaisant aux exigences minimales en matière de performance stipulées dans les tableaux 1 et 2 de la méthode intitulée *Méthode de référence pour l'essai de sources : Détermination du taux de réduction d'oxyde d'éthylène par oxydation catalytique.* Tout échantillon pris dans un milieu approprié devrait s'avérer stable jusqu'à une semaine après son prélèvement.

En présence de condensation, la concentration d'OEt décroît rapidement. Dans l'éventualité où l'humidité relative de l'air ambiant dépasserait 90 %, il faudrait prendre les mesures nécessaires pour éviter toute condensation, tel qu'indiqué à la section 7 du document intitulé *Méthode de référence pour l'essai de sources : Détermination du taux de réduction d'oxyde d'éthylène par oxydation catalytique*.

Nota : NE JAMAIS réfrigérer les sacs à échantillon. Une réfrigération pourrait conduire à la condensation de la vapeur d'eau présente dans le sac et, par conséquent, à des pertes d'OEt dans la phase gazeuse.

4.5 Risques posés par le système à oxydation catalytique

L'OEt étant un composé toxique, il faut prendre des précautions lorsqu'on travaille dans des zones où il pourrait se retrouver dans l'air ambiant. À la fin de chaque cycle, le mélange non traité à faible concentration d'OEt sera rejeté dans l'atmosphère pendant plusieurs heures au moyen d'un circuit de dérivation. Ces effluents se retrouvent au niveau du toit et sont rejetés par un conduit de petit diamètre (en général un tuyau en cuivre de 1 po de diamètre), tel qu'indiqué à la Figure 6. Le système peut relâcher une partie de la charge ou la relâcher complètement du stérilisateur à tout moment, les effluents ayant alors une concentration en OEt d'un certain pourcentage en raison d'un mauvais fonctionnement du système. Bien que le prélèvement d'échantillons sur le toit ne soit pas encouragé, toute personne présente sur le toit devrait prendre les mesures nécessaires pour éliminer tout contact avec de l'OEt non traité.

5. Incertitude

L'erreur associée à la détermination du taux de réduction de la teneur en OEt peut être évaluée au moyen d'une analyse d'incertitude. L'incertitude dépend des mesures de chaque composé analysé et des erreurs respectives sur ces mesures. L'écart-type pour l'analyse de l'OEt et du CO_2 peut être déterminé en réalisant plusieurs analyses de ces composés avec le ou les appareils utilisés, au moyen de mélanges avec des concentrations connues. Il faut faire au moins sept analyses pour déterminer l'écart-type. Veuillez noter que les analyses des mélanges connus, des mélanges étalons et des échantillons des effluents prélevés doivent être faites dans des conditions ambiantes stables et similaires.

L'exemple de calcul pour les mesures donnant une efficacité de la réduction de la teneur en OEt de 99 % conduit à une incertitude d'environ 0,1 %. Cela veut dire que l'efficacité de réduction se situait entre 98,9 et 99,1 %. Les analyseurs qui satisfont aux exigences en matière de performance stipulées dans le document *Méthode de référence pour l'essai de sources : Détermination du taux de réduction d'oxyde d'éthylène par oxydation catalytique* devraient conduire à des incertitudes similaires à celles indiquées à la Figure 7. Pour cette raison, il n'y a pas d'exigence pour satisfaire à un critère d'incertitude pour la présente méthode d'échantillonnage.

$$CE = \frac{A - B}{A - B + 2 * C} * 100$$

Composé	Valeur mesurée (ppm)		Écart-type (ppm)	
Dioxyde de carbone – échantillon	A	1500	D	50
Dioxyde de carbone – air	B	500	E	50
Oxyde d'éthylène	C	5	F	0,5

Calcul

$\frac{(A+0{,}5*D)-B}{(A+0{,}5*D)-B+2*C}*100$	(G)	(H-G)	Incertitude $\sqrt{(H-G)^2+(J-I)^2+(L-K)^2}$
$\frac{(A-0{,}5*D)-B}{(A-0{,}5*D)-B+2*C}*100$	(H)		
$\frac{A-(B+0{,}5*E)}{A-(B+0{,}5*E)+2*C}*100$	(I)	(J-I)	
$\frac{A-(B-0{,}5*E)}{A-(B-0{,}5*E)+2*C}*100$	(J)		
$\frac{A-B}{A-B+2*(C+0{,}5*F)}*100$	(K)	(L-K)	
$\frac{A-B}{A-B+2*(C-0{,}5*F)}*100$	(L)		

Exemple

$\frac{(1500+0{,}5*50)-500}{(1000+0{,}5*50)-500+2*5}*100$	(G) 99,03382	(H-G) - 0,04904	Incertitude $\sqrt{(-0{,}049)^2+(0.049)^2+(0{,}098)^2}$ 0,1201 0,12 % (arrondi)
$\frac{(1500-0{,}5*50)-500}{(1000-0{,}5*50)-500+2*5}*100$	(H) 98,98477		
$\frac{1500-(500+0{,}5*50)}{1000-(500+0{,}5*50)+2*5}*100$	(I) 98,98477	(J-I) 0,04904	
$\frac{1500-(500-0{,}5*50)}{1000-(500-0{,}5*50)+2*5}*100$	(J) 99,03382		
$\frac{1500-500}{1500-500+2*(5+0{,}5*0{,}5)}*100$	(K) 98,96091	(L-K) 0,09803	
$\frac{1500-500}{1500-500+2*(5-0{,}5*0{,}5)}*100$	(L) 99,05894		

$$CE = \frac{A - B}{A - B + 2 * C} * 100 = \frac{1500 - 500}{1500 - 500 + 2 * 5} * 100 = 99\% \pm 0{,}12\%$$

Figure 7. Calcul de l'incertitude sur le taux de réduction des émissions