
**Performance thermique des
bâtiments et des matériaux —
Détermination du débit d'air
spécifique dans les bâtiments —
Méthode de dilution de gaz traceurs**

*Thermal performance of buildings and materials — Determination of
specific airflow rate in buildings — Tracer gas dilution method*
(standards.iteh.ai)

[ISO 12569:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d53a25e-8ed7-4c3b-872d-92e550375015/iso-12569-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d53a25e-8ed7-4c3b-872d-92e550375015/iso-12569-2012>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12569:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d53a25e-8ed7-4c3b-872d-92e550375015/iso-12569-2012>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Termes et définitions	1
3 Choix de la méthode de mesurage	2
3.1 Généralités.....	2
3.2 Méthode par décroissance de la concentration.....	4
3.3 Méthode par dose continue.....	7
3.4 Méthode par concentration constante.....	10
3.5 Type de gaz traceur.....	10
3.6 Appareillage de mesure.....	11
4 Mode opératoire	13
4.1 Préparation du bâtiment.....	13
4.2 Mesures complémentaires.....	14
4.3 Méthode par décroissance de la concentration.....	14
4.4 Méthode par dose continue.....	22
4.5 Méthode par concentration constante.....	28
5 Précision	29
5.1 Mode opératoire du dosage du gaz traceur et répartition de la concentration dans la pièce.....	30
5.2 Méthode d'échantillonnage et de stockage du gaz traceur.....	30
5.3 Instruments de mesurage de la concentration en gaz traceur.....	30
5.4 Variations du vent et de la température de l'air extérieur, et programmation du système de conditionnement de l'air.....	31
6 Rapport d'essai	31
6.1 Généralités.....	31
6.2 Tous les détails nécessaires à l'identification de la simulation de l'essai.....	32
6.3 Détails des systèmes de chauffage et de ventilation.....	32
6.4 Conditions d'essai et appareillage.....	32
6.5 Données recueillies et résultats.....	33
6.6 Date de l'essai.....	33
Annexe A (normative) Intervalles de confiance	34
Annexe B (normative) Méthode pour l'estimation simulée du taux de ventilation Q_V et du volume de la zone de mélange réelle V_{emz}^[3,4]	38
Annexe C (informative) Considérations lors de la mesure du taux de ventilation de grands espaces	44
Annexe D (informative) Effets d'une différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, variation de température et variation de la concentration de l'air extérieur pendant la période de mesure	45
Annexe E (informative) Méthode de minimisation de l'erreur d'estimation pour la mesure de la décroissance à 2 points et multipoint	49
Annexe F (informative) Analyse de la propagation des erreurs	54
Bibliographie	56

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 12569 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 163, *Isolation thermique*, sous-comité SC 1, *Méthodes d'essais et de mesurage*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 12569:2000), qui a fait l'objet d'une révision technique.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 12569:2012
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d53a25e-8ed7-4c3b-872d-92e550375015/iso-12569-2012>

Introduction

L'objectif de la ventilation est de maintenir un état d'hygiène convenable dans une pièce en y introduisant de l'air extérieur, en diluant ainsi les contaminants, la chaleur, l'humidité ou l'odeur produite dans la pièce, et en les évacuant. En termes d'économies d'énergie, il est également important de maintenir la ventilation au taux requis, afin de réduire autant que possible la perte et le gain de chaleur dans le cadre du conditionnement de l'air. Il est souvent nécessaire de mesurer les débits d'air, par exemple pour vérifier si la performance d'un système de ventilation correspond aux prévisions, pour évaluer l'intensité de la source des contaminants, pour s'assurer que les contaminants sont bien éliminés, etc. Les méthodes décrites ici peuvent être utilisées pour mesurer le taux de ventilation ou le débit d'air spécifique.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 12569:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d53a25e-8ed7-4c3b-872d-92e550375015/iso-12569-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d53a25e-8ed7-4c3b-872d-92e550375015/iso-12569-2012>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12569:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d53a25e-8ed7-4c3b-872d-92e550375015/iso-12569-2012>

Performance thermique des bâtiments et des matériaux — Détermination du débit d'air spécifique dans les bâtiments — Méthode de dilution de gaz traceurs

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale établit un référentiel technique permettant d'obtenir le taux de ventilation/débit d'air spécifique à l'aide d'un gaz traceur, dans un espace intérieur d'un bâtiment, considéré comme ne comprenant qu'une seule zone.

La méthode de mesurage est valide dans les espaces où les conditions combinées relatives à l'uniformité de la concentration du gaz traceur, la mesure de la concentration du gaz, la zone de mélange réelle et/ou la fluctuation de la ventilation sont satisfaites.

La présente Norme internationale propose trois méthodes de mesurage faisant appel à un gaz traceur: (1) la méthode par décroissance de la concentration, (2) la méthode par dose continue et (3) la méthode par concentration constante.

NOTE Les conditions de mesurage spécifiques sont indiquées dans le [Tableau 1](#).

iTeh STANDARD PREVIEW

2 Termes et définitions **(standards.iteh.ai)**

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

2.1 zone unique
 V
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d53a25e-8ed7-4c3b-872d-92e550375015/iso-12569-2012>

espace dans lequel le taux de ventilation/débit d'air spécifique est mesuré et qui échange de l'air uniquement avec l'extérieur

Note 1 à l'article: Mesuré en mètre cubes.

Note 2 à l'article: Les conditions nécessaires à la mesure sont différentes pour chaque méthode de mesurage; des détails sont fournis à [l'Article 4](#).

2.2 zone de mélange réelle

V_{emz}
espace dans une zone unique, à l'exclusion des meubles hermétiques ou des espaces de stockage, dans lequel le gaz traceur injecté dans la zone est considéré uniformément réparti

Note 1 à l'article: Mesuré en mètre cubes.

Note 2 à l'article: Un mélange forcé de l'air dans la zone est souvent nécessaire pour maintenir la concentration en gaz traceur uniforme.

2.3 taux de ventilation

Q_v
volume d'air total traversant la zone jusqu'à l'air extérieur par unité de temps

Note 1 à l'article: Mesuré en m³/s ou m³/h.

2.4
débit d'air spécifique

N
rapport de Q_v sur le volume de la zone de mélange réelle, par seconde ou par heure

2.5
enveloppe du bâtiment
limite ou barrière séparant le volume intérieur d'un bâtiment de l'environnement extérieur

2.6
gaz traceur
gaz susceptible de se mélanger à l'air et d'être mesuré en concentrations très faibles afin d'étudier le débit d'air

Note 1 à l'article: Le volume du gaz traceur est défini comme la valeur de la température d'évacuation convertie en densité. Lorsque l'air de la pièce est bien mélangé, la température de la pièce correspond approximativement à la température d'évacuation

2.7
méthode par décroissance de la concentration
méthode par laquelle le débit d'air spécifique est obtenu grâce à la courbe de décroissance de la concentration observée après la fin de l'injection du gaz traceur

2.8
méthode par dose continue
méthode par laquelle le taux de ventilation est obtenu à partir de la concentration résultant d'une production ou d'une injection continue du gaz traceur

2.9
méthode par concentration constante
méthode par laquelle le taux de ventilation est obtenu à partir du taux d'injection du gaz traceur dosé pour conserver une concentration constante dans l'espace

ITEH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 12569:2012
http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d53a25e-8ed7-4c3b-872d-92e550375015/iso-12569-2012

3 Choix de la méthode de mesurage

3.1 Généralités

L'une des trois méthodes de mesurage (décroissance de la concentration, dose continue et concentration constante) est utilisée pour mesurer le taux de ventilation/débit d'air spécifique. Le choix d'une méthode de mesurage et le traitement des données dépendent de la structure du bâtiment, du système de ventilation et de l'instrument de mesurage utilisé. La méthode par décroissance de la concentration demande une durée de mesure limitée, de plusieurs heures, tandis que les méthodes par dose continue et par concentration constante peuvent nécessiter des durées de mesurage plus longues, pouvant aller jusqu'à plusieurs semaines. Les directives pour le choix de la méthode et de ce qu'elle mesure sont indiquées au [Tableau 1](#).

Afin d'améliorer la précision de la mesure du taux de ventilation/débit d'air spécifique, il est parfois nécessaire d'élaborer des mesures approchant des conditions prérequis pour les méthodes de mesurage. En particulier, si une méthode de mesurage nécessitant l'uniformité de la concentration dans la zone de mélange réelle est utilisée, il est préférable de forcer le mélangeage de l'air intérieur. En général, le mélange forcé de l'air intérieur a peu d'effet sur le taux de ventilation/débit d'air spécifique, mais il existe un risque qu'il affecte le taux de ventilation mesuré si une ventilation naturelle due à des différences de température prédomine et si la température à l'intérieur de la pièce est distribuée de manière significative (si la distribution de température dans la pièce est non homogène), ou si le débit d'air émis par un ventilateur pour les besoins du mélangeage de l'air affecte directement les zones de fuite dans les bâtiments. Dans de tels cas, le système de mélangeage doit être amélioré ou il est recommandé de choisir une méthode de mesurage pouvant garantir l'uniformité de la concentration sans mélangeage.

Dans le [Tableau 1](#), les spécifications des diverses applications sont décrites de la manière suivante:

- «La concentration dans la pièce peut n'être maintenue uniforme que pour la phase initiale» signifie l'uniformisation de la concentration dans la zone de mélange réelle par une méthode telle que le mélange forcé lors de l'alimentation en gaz traceur dans la zone, mais autorise en principe la distribution de la concentration (pendant) avec la mesure.
- S'il est spécifié que «la concentration dans la pièce peut être maintenue uniforme à tout instant», un mélangeage forcé continu de l'air dans la zone de mélange réelle est préférable. Cependant, si la méthode par concentration constante est utilisée, et si la concentration est contrôlée en injectant le gaz traceur à plusieurs endroits et que l'air est prélevé à plusieurs endroits, il est possible de supposer que la concentration est uniforme sans mélangeage.
- «La concentration moyenne du gaz d'évacuation peut être mesurée» peut désigner des situations dans lesquelles la concentration dans une zone de mélange réelle est uniformisée par mélangeage, ou des situations où la pression à l'intérieur d'une zone est maintenue inférieure à celle de l'extérieur en utilisant le système de ventilation (ou d'extraction), ou des situations où la surface de fuite est extrêmement faible, de sorte que le taux d'exfiltration peut être ignoré et que les voies d'évacuation peuvent être spécifiées au préalable.
- Lorsque les méthodes de mesurage utilisées exigent que le «volume d'une zone de mélange réelle soit connu», le volume de la zone de mélange réelle peut être estimé en utilisant les dimensions de la pièce. Toutefois, dans le cas de la méthode par moyenne de la concentration inverse et de la méthode par concentration moyenne, si une période suffisamment longue est utilisée pour évaluer le taux de ventilation, une précision importante n'est pas nécessaire pour l'évaluation du volume de la zone de mélange réelle.
- Les méthodes de mesurage (pouvant être appliquées dans les situations où «la fluctuation du taux de ventilation peut être ignorée» s'appuient sur l'hypothèse que le taux de ventilation/débit d'air spécifique ne change pas au cours du temps.

iTeH STANDARD PREVIEW
(standard not final)
ISO 12569:2012
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d53a25e-8ed7-4c3b-872d-92e550375015/iso-12569-2012>

Tableau 1 — Méthode, application et quantités mesurées

Méthode		Application et quantités mesurées						
		Application					Quantités mesurées	
		La concentration dans la pièce peut n'être maintenue uniforme que pour la phase initiale	La concentration dans la pièce peut être maintenue uniforme à tout instant	La concentration moyenne du gaz d'évacuation peut être mesurée	Le volume de la zone de mélange réelle est connu	La fluctuation du taux de ventilation peut être ignorée	Le taux de ventilation ou le débit d'air spécifique	La flexibilité vis-à-vis du taux de ventilation transitoire
Méthode par décroissance de la concentration	Méthode par décroissance à 2 points		○				Débit d'air spécifique	Δ
	Méthode par décroissance multi-point		○			○	Débit d'air spécifique	
	Méthode par concentration dégressive du gaz d'évacuation	○		○		○	Débit d'air spécifique	
	Méthode par impulsions			○		○	Taux de ventilation	
Méthode par dose continue	Méthode par moyenne de la concentration inverse		○		○		Taux de ventilation	Δ
	Méthode par concentration moyenne		○			○	Taux de ventilation	
	Méthode par concentration stationnaire						Taux de ventilation	
Méthode par concentration constante		○				Taux de ventilation	○	

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12569:2012
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d53a25e-8ed7-4c3b-872d-92e550375015/iso-12569-2012>

3.2 Méthode par décroissance de la concentration

3.2.1 Généralités

Au début de la mesure, le gaz traceur est introduit dans la zone à mesurer et le taux de ventilation/débit d'air spécifique est évalué en s'appuyant sur les données de décroissance de la concentration obtenues. Dans le cas d'un mélangeage forcé pour l'obtention d'une répartition uniforme ou si la concentration moyenne de l'évacuation peut être mesurée, il peut n'y avoir qu'un point de mesure. La quantité de gaz traceur nécessaire est très faible pour une mesure et il n'est pas nécessaire de mesurer la quantité de gaz injecté, sauf pour la méthode par impulsions.

L'équation de base pouvant être associée à l'ensemble des méthodes est la suivante:

$$\frac{dV_{\text{gaz}}(t)}{dt} = -C_E(t)Q_V(t) \left(\text{m}^3/\text{h} \text{ ou } \text{m}^3/\text{s} \right) \quad (1)$$

où

t est le temps, en heures ou en secondes;

$V_{\text{gaz}}(t)$ est le volume total de gaz traceur dans une zone à l'instant « t » ($= \iiint_V c(x,t) dV$) (m^3);

x est l'endroit dans une zone;

$C(x, t)$ est la concentration à « t », « x » dans une zone (m^3/m^3);

$Q_V(t)$ est le taux de ventilation à « t » (m^3/h);

$C_E(t)$ est la concentration moyenne de l'évacuation à « t » (m^3/m^3).

NOTE La Formule (1) suppose que la différence entre les densités d'air intérieur et extérieur, résultant principalement de la différence de température, peut être négligée.

3.2.2 Méthode par décroissance à 2 points

Avec la concentration dans une zone de mélange réelle continuellement uniformisée, le taux de renouvellement d'air moyen est calculé du premier point de mesure au dernier point de mesure. Il n'est pas nécessaire que le débit d'air spécifique soit constant pendant la mesure.

L'équation suivante est établie à partir des conditions ci-dessus.

$$V_{\text{gaz}}(t) = V_{\text{emz}} \cdot C(t) \quad (2)$$

$$C_E(t) = C(t)$$

où

$C(t)$ est la concentration dans une zone de mélange réelle (répartition uniforme) à t (m^3/m^3);

V_{emz} est le volume d'une zone de mélange réelle (il est supposé qu'aucune modification n'a lieu au cours du temps) [$= \iiint_V c(x,t) dV / C_E(t)$] (m^3).

La Formule (1) et la Formule (2) permettent d'obtenir la Formule (3) pour arriver à la Formule (4).

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{dC}{C(t)} = - \int_{t_1}^{t_2} \frac{Q(t)}{V_{\text{emz}}} dt \quad (3)$$

$$\bar{N} = \frac{1}{t_2 - t_1} \log_e \frac{C(t_1)}{C(t_2)} \quad (4)$$

où

t est le temps (t_1 : premier point de mesure, t_2 : dernier point de mesure) (h);

\bar{N} est le débit d'air spécifique moyen ($= \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{Q(t)}{V_{\text{emz}}} dt$) (1/h).

Sur la base des données de concentration mesurées en deux instants différents, le débit d'air spécifique moyen est calculé sur cette période. Pendant la période de mesurage, il faut maintenir la concentration dans la zone de mélange réelle uniforme. Il est nécessaire pour une mesure précise du débit d'air spécifique que la différence de concentration entre le premier point et le dernier point de mesure soit largement supérieure à l'erreur de mesure de la concentration.

3.2.3 Méthode par décroissance multipoint

Le débit d'air spécifique est calculé lorsque la répartition de la concentration dans une zone de mélange réelle est maintenue uniforme et que le taux de ventilation ne fluctue pas au cours du temps.

La Formule (5) est obtenue à partir de la Formule (3) avec un taux de ventilation constant.

$$\log_e C(t) = \log_e C(t_1) - N(t - t_1) \tag{5}$$

où N est le débit d'air spécifique (h).

Le débit d'air spécifique est calculé en appliquant les données mesurées de la concentration à l'aide de la méthode linéaire des moindres carrés, dans la Formule (5). La condition préalable de non-fluctuation du débit d'air spécifique au cours du temps est confirmée lorsque $\log_e C(t)$ est tracé en fonction de t et qu'il existe une relation linéaire. L'absence de relation linéaire indique que le taux de ventilation n'est pas constant, et que le débit d'air spécifique obtenu à l'aide de cette méthode n'est pas le débit d'air spécifique moyen. Dans cette situation, il convient d'appliquer la méthode par décroissance à 2 points.

3.2.4 Méthode par concentration dégressive du gaz d'évacuation

Le débit d'air spécifique est calculé lorsque la concentration moyenne du gaz d'évacuation est mesurable, la répartition de la concentration dans une zone de mélange réelle au premier point de mesure est uniforme, et le taux de ventilation ne fluctue pas au cours du temps. Cette méthode peut également être appliquée lorsque la concentration est répartie après le début de la mesure. La mesure simultanée de l'âge moyen de distribution d'air est possible.

Lorsque le temps est intégré jusqu'à ∞ en appliquant un taux de ventilation constant dans la Formule (1), la Formule (6) est obtenue:

$$\int_{t_1}^{\infty} dV_{\text{gaz}}(t) = Qv \int_{t_1}^{\infty} C_E(t) dt \tag{6}$$

Si la concentration dans une zone de mélange réelle est rendue uniforme au premier point de mesure, le résultat est

$$V_{\text{gaz}}(t_1) = v_{\text{emz}} \cdot C(t_1)$$

et lorsque suffisamment de temps s'est écoulé, le résultat est

$$V_{\text{gaz}}(\infty) = 0$$

ce qui donne la Formule (7).

$$N = \frac{c(t_1)}{\int_{t_1}^{\infty} C_E(t) dt} \tag{7}$$

Cela signifie que la valeur réciproque de l'âge local moyen de l'air dans la bouche d'évacuation devient le débit d'air spécifique dans la pièce. S'il existe plusieurs bouches d'évacuation, la concentration moyenne de l'évacuation pondérée par le débit d'air évacué à chaque bouche d'évacuation est utilisée.

NOTE Se reporter à l'Annexe F si la différence de température entre l'évacuation et la pièce ne peut pas être ignorée.

3.2.5 Méthode par impulsions

Le taux de ventilation est calculé lorsque la concentration moyenne de l'évacuation est mesurable et que le taux de ventilation ne fluctue pas au cours du temps. Le volume de gaz traceur fourni au premier point de mesure doit être évalué avec précision, mais la répartition de la concentration dans une zone n'a pas besoin d'être uniforme.

Dans cette situation, dans la Formule (6), $V_{\text{gaz}}(t_1)$ est déjà connu, et lorsque suffisamment de temps s'est écoulé, le résultat est

$$V_{\text{gaz}}(\infty) = 0$$

ce qui donne la Formule (8).

$$Q_v = \frac{V_{\text{gaz}}(t_1)}{\int_{t_1}^{\infty} C_E(t) dt} \quad (8)$$

où $V_{\text{gaz}}(t)$ est le volume de gaz traceur (= volume de gaz traceur fourni) retenu dans la pièce à l'instant de début de la mesure t_1 (m³).

NOTE Pour le volume du gaz traceur, une valeur de la température d'évacuation convertie en densité est utilisée.

3.3 Méthode par dose continue

3.3.1 Généralités

Avec une alimentation continue en gaz traceur dans la zone, le taux de ventilation est mesuré par la quantité de gaz fourni et les données de mesure de la concentration. En cas d'utilisation d'une méthode de mesurage nécessitant une concentration répartie uniformément à travers la zone de mélange réelle avec le gaz traceur fourni, plusieurs points de contrôle de la concentration sont normalement nécessaires pour vérifier la répartition uniforme de la concentration. La quantité de gaz traceur fourni augmente avec la durée de la mesure, mais la méthode peut être appliquée à une mesure s'étendant sur une longue période. Le mesurage passif utilisant du dioxyde de carbone généré par l'expiration des occupants comme gaz traceur est également l'une des méthodes par concentration continue.

L'équation de base pouvant être associée à l'ensemble des méthodes est la suivante:

$$\frac{dV_{\text{gaz}}(t)}{dt} = m(t) - C_E(t)Q_v(t) \quad (9)$$

où

$m(t)$ est la dose de gaz traceur à «t» (m³/h).

3.3.2 Méthode par moyenne de la concentration inverse

Le débit d'air spécifique moyen est calculé du début à la fin de la mesure, lorsque la répartition de la concentration dans une zone de mélange réelle est maintenue uniforme. Il n'est pas nécessaire que le taux de ventilation soit constant pendant la mesure, mais la concentration instantanée, le dosage instantané de gaz traceur et le volume de la zone de mélange réelle sont requis.

L'équation suivante est établie à partir des conditions supposées.

$$\begin{aligned}
 v_{\text{gaz}}(t) &= v_{\text{emz}} \cdot C(t) \\
 c_E(t) &= C(t)
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

où

- $C(t)$ est la concentration dans une zone de mélange réelle (répartition uniforme) à t (m^3/m^3);
- V_{emz} est le volume d'une zone de mélange réelle (m^3).

La Formule (9) et la Formule (10) permettent d'obtenir la Formule (11) pour arriver à la Formule (12).

$$v_{\text{emz}} \int_{t_1}^{t_2} \frac{dC}{C(t)} = \int_{t_1}^{t_2} \frac{m(t)}{C(t)} dt - \int_{t_1}^{t_2} Q_v(t) dt
 \tag{11}$$

$$\overline{\frac{m}{c}} = \left[\frac{m}{c} \right] + \frac{v_{\text{emz}}}{t_2 - t_1} \log_e \frac{C(t_1)}{C(t_2)}
 \tag{12}$$

où

- t est le temps (t_1 : premier point de mesure, t_2 : dernier point de mesure) (h);

$\overline{Q_v}$ est le débit d'air spécifique moyen $(= \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} Q_v(t) dt)$ (m^3/h);



$$\left[\frac{m}{c} \right] = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{m(t)}{C(t)} dt \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

[ISO 12569:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d53a25e-8ed7-4c3b-872d-92e550375015/iso-12569-2012)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d53a25e-8ed7-4c3b-872d-92e550375015/iso-12569-2012>

$\overline{(m/c)}$ est généralement différent de $(\overline{m}/\overline{c})$. Lorsque la dose de gaz traceur pendant la mesure est constante et est égale à m , $\overline{(m/c)}$ est remplacé par $\overline{m(1/c)}$. Lorsque la durée de mesure est suffisante, l'effet du second terme du côté droit de la Formule (12) est amoindri ; dans de telles circonstances, cette méthode peut donc être appliquée également lorsqu'une précision suffisante n'est pas atteinte pour l'estimation du volume de la zone de mélange réelle. Immédiatement après le début du dosage du gaz traceur, la concentration est en général faible, ce qui tend à retarder fortement la réponse du système de mesurage de la concentration, système d'échantillonnage inclus, et qui crée des erreurs de la valeur mesurée de la concentration; à ce point, il ne faut donc pas utiliser les données pour le calcul du taux de ventilation.

3.3.3 Méthode par concentration moyenne

Lorsque la répartition de la concentration dans une zone de mélange réelle a été rendue constamment uniforme, le taux de ventilation qui ne fluctue pas au cours du temps est calculé. Lorsque la durée de mesure est suffisante, il est possible d'effectuer le calcul en n'utilisant que la dose de gaz traceur moyenne et la concentration moyenne pendant la mesure.

Une fois que la Formule (10) est supposée pour la Formule (9), l'intégration dans le temps de mesure fournit la Formule (13).

$$\int_{t_1}^{t_2} c(t) Q(t) dt = \int_{t_1}^{t_2} m(t) dt - v_{\text{emz}} \int_{t_1}^{t_2} dC \quad (13)$$

Si $Q_v(t) = Q_v$ sans modification du taux de ventilation au cours du temps, la Formule (14) est obtenue.

$$Q = \frac{\bar{m}}{\bar{c}} - \frac{v_{\text{emz}}}{t_2 - t_1} \left[\frac{c(t_2) - c(t_1)}{\bar{c}} \right] \quad (14)$$

où

$$\bar{m} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} m(t) dt \quad (\text{m}^3/\text{h});$$

$$\bar{c} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} c(t) dt \quad (\text{m}^3/\text{m}^3).$$

Lorsque la durée de mesure est suffisante, l'effet du second terme de la Formule (14) est relativement faible et peut être ignoré. Cependant, en cas de changements de taux de ventilation au cours du temps, si le théorème de la valeur moyenne est appliqué dans la Formule (13), la Formule (15) est obtenue.

$$Q_v(\xi) = \frac{\bar{m}}{\bar{c}} - \frac{v_{\text{emz}}}{t_2 - t_1} \left[\frac{c(t_2) - c(t_1)}{\bar{c}} \right], \quad t_1 \leq \xi \leq t_2 \quad (15)$$

Le taux de ventilation obtenu avec la Formule (15) n'est valable qu'à un instant donné pendant la mesure, il ne correspond pas au taux de ventilation moyen. Le taux de ventilation obtenu avec la Formule (15) est valable dans les cas où l'objectif est de simuler la production de la substance contaminante dans la pièce à l'aide du dosage d'un gaz traceur et d'estimer la concentration moyenne à laquelle l'occupant est exposé. Ainsi, lorsqu'il est possible de mesurer la concentration et le dosage instantanés du gaz traceur pour les besoins de la mesure du taux de ventilation moyen, il convient d'utiliser la méthode par concentration inverse.

3.3.4 Méthode par concentration stationnaire

Le taux de ventilation est calculé lorsqu'il ne fluctue pas au cours du temps, dans des conditions où la concentration moyenne de l'évacuation est mesurable. Cette méthode peut aussi être appliquée lorsque la concentration est répartie dans une zone.

La Formule (16) est obtenue lorsqu'un taux stationnaire est atteint et qu'il n'y a pas de modifications dans le temps dans la Formule (9).

$$Q_v = \frac{m}{C_E} \quad (16)$$

où

m est la dose de gaz traceur (m^3/h);

C_E est la concentration moyenne de l'évacuation (m^3/m^3).

Cela signifie que le taux de ventilation est obtenu en divisant la concentration constante par la dose de gaz traceur.