Recommandations pour la mise en pratique et le contrôle de la ventilation et de la qualité de l'air intérieur dans le contexte de la pandémie de COVID-19

Task Force "Ventilation"

Version 1.0 – 27 avril 2021

Ce texte a été rédigé par la Task Force “Ventilation” du Commissariat Corona.

Membres du groupe de travail
Sarah Benoy (Région flamande)
Benjamin Bienfait (SPF Économie)
Pieter Bolle (SPF Emploi, Travail et Concertation sociale)
Samuel Caillou (CSTC)
Arnold Janssens (UGent)
Jelle Laverge (UGent)
Sofie Vandenbroeck (Région flamande)
Peter Wouters (CSTC)

Ont été impliqués par le biais du comité de pilotage :
Pierre-Yves Badot (Régie des bâtiments)
Bart Bautmans (Région flamande)
Lois Bosson (Fédération Wallonie-Bruxelles)
Stijn Callebaut (Région flamande)
Guillaume Creusat (Bozar)
Brecht De Vos (Sport Vlaanderen)
Manu Dierckx (Région flamande)
Marc Francaux (UCLouvain)
Thomas Gilson (Fédération Wallonie-Bruxelles)
Vincent Hitabatuma (Fédération Wallonie-Bruxelles)
Anthony Kets (Région flamande)
Cindy Lemoine (Fédération Wallonie-Bruxelles)
Eric Lambert (Régie des bâtiments)
Erik Smeets (Région flamande)
Marianne Stranger (VITO)
Nathalie Snackers (DGOV)
Ellen Thielens (Région flamande)
Kim Vanderpoorten (Région flamande)
Stephane Vanreppelen (Bozar)
Alfred Volckaerts (SPF Emploi, Travail et Concertation sociale)
Pierre Wilquet (Fédération Wallonie-Bruxelles)
Joerg Zimmerman (DGOV)

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 3

2. VENTILATION, CO_2 ET COVID-19 5

3. PLAN D'ACTION 6

3.1 ÉTAPE N° 1 : Ouvrez les fenêtres et/ou les portes extérieures si possible 8
3.2 ÉTAPE N° 2 : Disposez-vous d'un système de ventilation mécanique ? 8
3.3 ÉTAPE N° 3 : Connaissez-vous le débit d'air neuf de la ventilation mécanique ? 9
3.3.1 ÉTAPE N° 3.1 : Débit d'air neuf connu dans le cadre du Code du bien-être au travail 9
3.3.2 ÉTAPE N° 3.2 : Détermination du débit d'air neuf par mesure directe 9
3.3.3 ÉTAPE N° 3.3 : Estimation du débit d'air neuf sur la base des concentrations en CO_2 mesurées 9
3.4 ÉTAPE N° 4 : Détermination du taux d'occupation nominal admissible selon le débit de ventilation 11
3.5 ÉTAPE N° 5 : Disposez-vous d'un appareil de mesure du CO_2 ? 11
3.6 ÉTAPE N° 6 : Disposez-vous d'au moins un appareil de mesure du CO_2 par local ? 11
3.7 ÉTAPE N° 7 : Surveillance permanente de la concentration en CO_2 12
3.8 ÉTAPE N° 8 : La concentration en CO_2 est-elle rarement supérieure à 900 ppm ? 12
3.9 ÉTAPE N° 9 : Dispositions à prendre dans le cas où la mesure continue de la concentration en CO_2 révèle des valeurs parfois élevées 12
3.10 ÉTAPE N° 10 : Mesures aléatoires de la concentration en CO_2 12
3.11 ÉTAPE N° 11 : Les concentrations en CO_2 mesurées aléatoirement sont-elles suffisamment basses ? 13
3.12 ÉTAPE N° 12 : Dispositions à prendre lorsque les concentrations en CO_2 relevées lors des mesures aléatoires sont trop élevées 13
3.13 ÉTAPE N° 13 : Gardez toujours les fenêtres et les portes ouvertes 13
3.14 ÉTAPE N° 14 : Dispositions à prendre lorsque la situation est conforme (OK) 14
3.15 ÉTAPE N° 15 : Plan d'action pour l'amélioration à long terme des dispositifs de ventilation 15
3.16 ÉTAPE N° 16 : Purification de l'air 15

4. CHECK-LIST 15

ANNEXE 1 : CHECK-LIST 0

ANNEXE 2 : CONSEILS VISANT À ENCOURAGER L'ADOPTION DES BONNES PRATIQUES 0

ANNEXE 3 : OUTIL BSOH POUR LA PRÉDICTION DE L'ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN CO_2 1

ANNEXE 4 : DÉTERMINATION DU TAUX D'OCCUPATION NOMINAL AVEC FENÊTRES ET PORTES EXTÉRIEURES OUVERTES 3

ANNEXE 5 : CODE SUR LE BIEN-ÊTRE AU TRAVAIL 5

ANNEXE 6 : RECOMMANDATIONS SPÉCIFIQUES 6

ANNEXE 7 : DOCUMENTS ET LIENS UTILES 7

ANNEXE 8 : SYMBOLES, UNITÉS ET DÉFINITIONS 9

1. Introduction

Ce document formule des recommandations pratiques pour la mise en œuvre d'un plan d'action à court terme permettant de garantir une ventilation adéquate dans le contexte de la pandémie de COVID-19. Dans ce cadre, on a considéré qu'une ou plusieurs des limitations suivantes pouvaient s'appliquer : nombre d'appareils de mesure du CO_2 disponibles insuffisant, longues procédures de commande et de livraison des appareils de mesure du CO_2, impossibilité de mesurer les débits de ventilation mécanique, …

Il importe de souligner que la ventilation et l'aération ne sont pas suffisantes et ne constituent qu'une des mesures visant à nous protéger de la COVID-19 (voir figure 1). Outre la transmission par aérosol, les autres voies de transmission jouent toujours un rôle important, notamment le transfert direct de grosses gouttelettes à courte distance (< 1,5 m) et le contact avec des surfaces contaminées. La ventilation n'intervient pas dans ces autres voies de transmission. L'application des autres mesures, complémentaires à la ventilation, reste donc nécessaire : distance de sécurité, port du masque, écrans de protection, désinfection des surfaces, lavage des mains, etc.

Il convient également de préciser que ce document **se concentre sur les actions à court terme**. À plus long terme, il est essentiel qu'une bonne qualité de l'air intérieur puisse être garantie en permanence dans tous les locaux et que ceux-ci puissent être correctement ventilés.

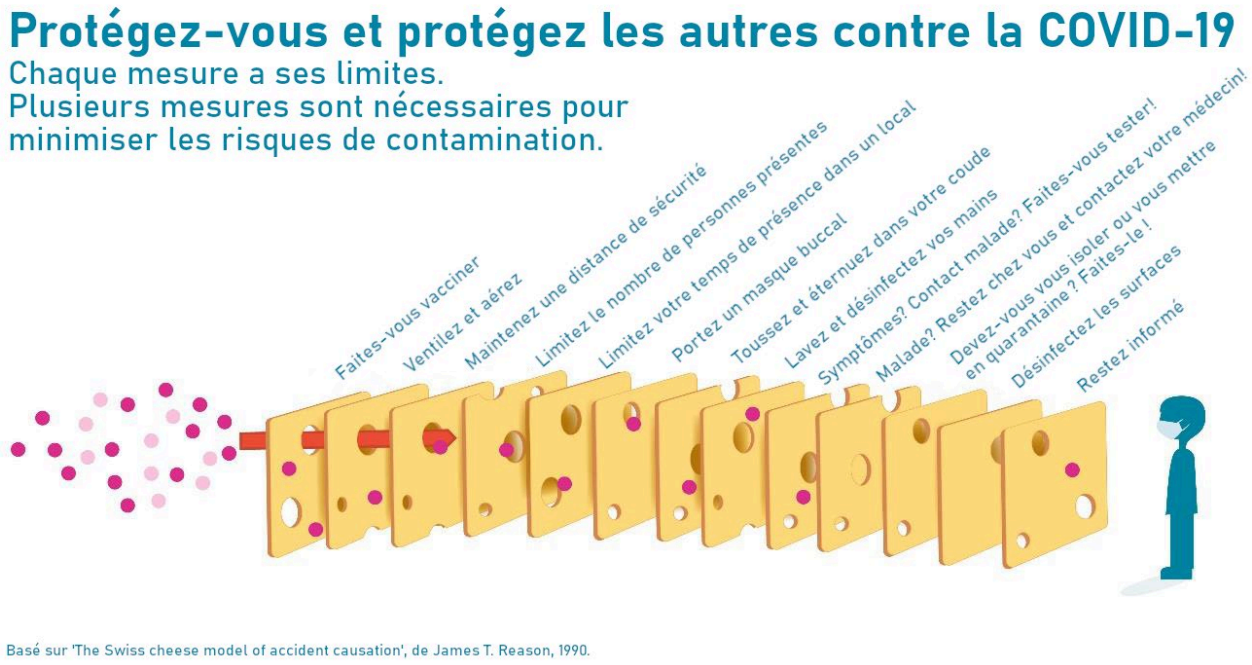

Fig. 1 Mesures à prendre pour se protéger et protéger les autres contre la COVID-19.

Lors du choix des actions, il est primordial de respecter la hiérarchie des mesures de prévention :

- évitez les risques : si une réunion peut se faire par voie électronique, utilisez ce canal. Lorsque c'est possible, pratiquez vos activités à l'extérieur plutôt qu'à l'intérieur
- mesures techniques : ouvrez les portes et les fenêtres, prévoyez des systèmes de ventilation, des purificateurs d'air, etc.
- mesures administratives : adaptez le taux d'occupation des locaux
- informez les collaborateurs, les bénévoles, les participants et les clients.

2. Ventilation, CO_2 et COVID-19

- La ventilation est un moyen efficace de réduire le risque de transmission du virus de la COVID-19 par aérosol.
- Lorsque nous respirons, nous rejetons dans l'air des microgouttelettes (aérosols) qui peuvent contenir des virus si nous sommes infectés. Nous expirons également du CO_2, un gaz dont la concentration dans l'air peut être mesurée facilement. C'est pourquoi la concentration en CO_2 est souvent utilisée comme indicateur du débit de ventilation dans les locaux occupés par des personnes. Pour une même quantité de CO_2 produite, l'utilisation de masques buccaux limitera la diffusion des aérosols dans le local.
- Lorsque nous expirons, nous dégageons du CO_2. Au cours d'une activité calme (1,2 MET), la quantité expirée est d'environ 20 litres par heure. Vous trouverez plus d'informations sur l'impact de l'activité et de la valeur MET sur la production de CO_2 à l'ANNEXE 3
- Dans une pièce occupée en permanence, il existe une relation claire entre la différence de concentration en CO_2 entre l'intérieur et l'extérieur et le débit de ventilation. Le tableau 1 montre les résultats obtenus dans le cas d'une activité calme.
- En ce qui concerne la transmission du virus par aérosol, il n'y a pas de valeur seuil du débit de ventilation, du taux de renouvellement d'air ou de la concentration en CO_2 qui permette d'exclure totalement le risque de contamination. Plus la ventilation est intense, plus le risque est réduit.
- Outre le débit de ventilation, d'autres facteurs jouent un rôle important dans le risque de transmission, notamment : le nombre de personnes exposées dans un local, le nombre de personnes contaminées dans le local, la durée de l'exposition, l'usage de la voix (chant, cris, etc.).
- Pour limiter ce risque au moyen de la ventilation, l'objectif principal consiste à assurer une ventilation suffisante dans tous les locaux et à prendre des mesures correctives en priorité dans les locaux où la ventilation est clairement insuffisante.
- Une concentration en CO_2 inférieure à 900 ppm est considérée comme une valeur acceptable sur le plan sociétal en vue de limiter la propagation du virus par aérosol. En pratique, avec un débit de 40 m^3/h.personne, il est à peu près toujours possible pour un adulte exerçant une activité calme de ne pas dépasser la valeur de 900 ppm. Ce taux de ventilation minimal est plus élevé dans le cas d'activités intensives, puisque la production de CO_2 et la production d'aérosols sont alors plus importantes.
- Plus la concentration en CO_2 est faible, plus le risque d'infection par aérosol est limité.

Tableau 1 Relation entre la concentration en CO_2 et les débits de ventilation dans le cas d'activités calmes.1

Augmentation de la concentration en CO_2 par rapport à l'extérieur	Pour une concentration en CO_2 à l'extérieur de 400 ppm	Débit de ventilation (m^3/h.personne)
200	600	100
400	800	50
500	900	40
800	1.200	24
1.100	1.500	18

3. Plan d'action

Le plan d'action proposé à la figure 2 porte sur les mesures à prendre à court terme en vue de garantir une ventilation adéquate dans le contexte de la pandémie de COVID-19. Dans ce cadre, on a considéré qu'une ou plusieurs des contraintes suivantes pouvaient s'appliquer : nombre insuffisant d'appareils de mesure du CO_2 disponibles, longues procédures de commande et de livraison des appareils de mesure du CO_2, impossibilité de mesurer les débits de ventilation mécanique à court terme, impossibilité d'installer un système de ventilation adéquat à court terme, …

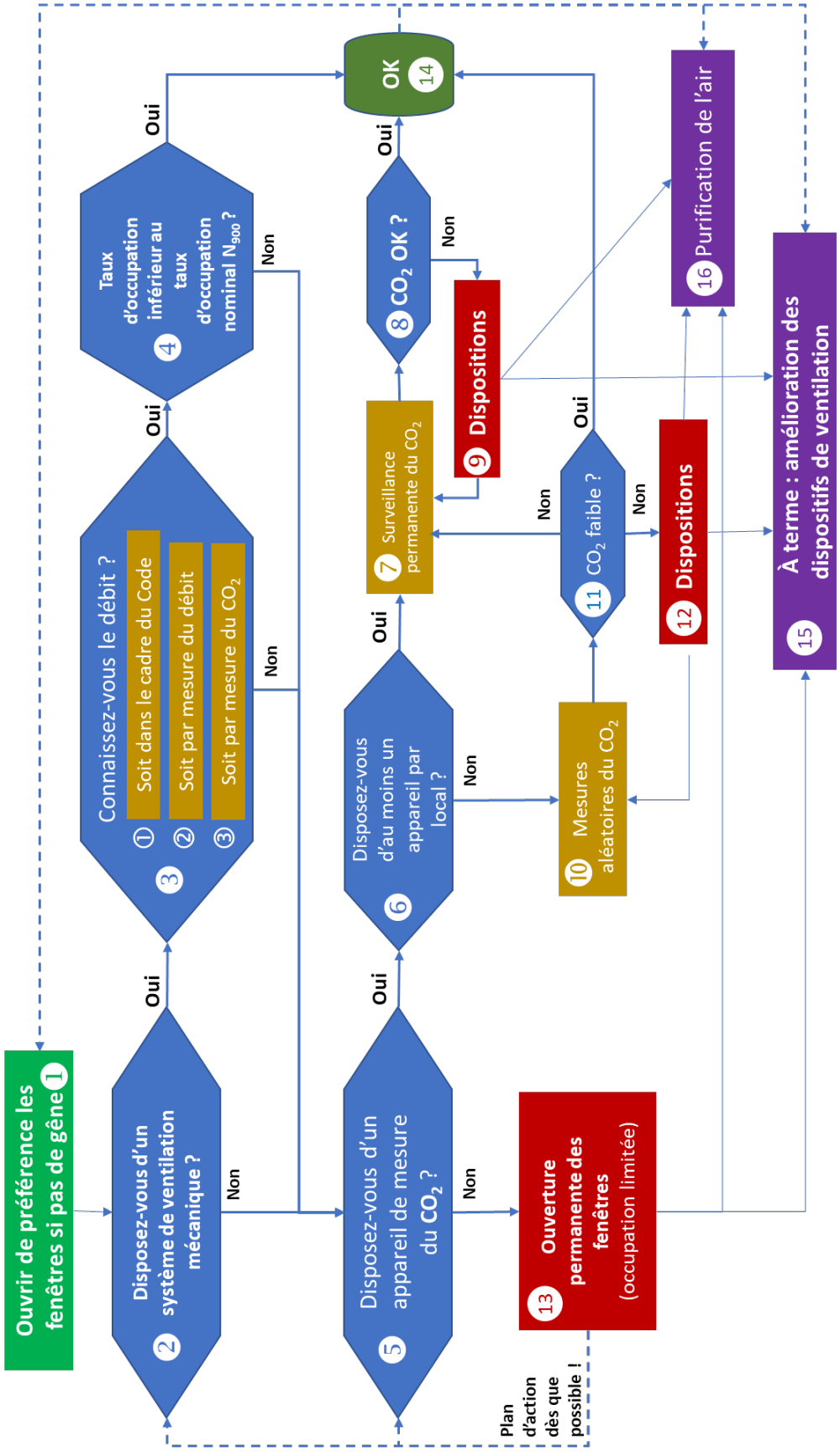

Fig. 2 Schéma général du plan d'action.1

3.1 ÉTAPE N° 1 : Ouvrez les fenêtres et/ou les portes extérieures si possible

- **Ouvrez les fenêtres et/ou les portes extérieures si possible**. Cette mesure permet d'augmenter la ventilation et doit donc être appliquée autant que possible. Si les baies de portes ou de fenêtres sont relativement grandes par rapport aux dimensions des locaux, le risque de concentration trop élevée en CO_2 est en principe limité.
- L'ouverture des fenêtres et des portes n'est toutefois pas toujours possible ou évidente, notamment dans les situations suivantes :
  - lorsqu'il existe un risque quant à la sécurité, comme dans le secteur bancaire, les musées, les prisons, …
  - lorsque la sécurité des personnes ne peut être garantie : centres psychiatriques, …
  - dans les environnements soumis à d'importants bruits extérieurs, à une circulation intense, …
  - lorsque les conditions climatiques sont défavorables (pluie, vent, …)
  - durant les périodes ou dans les lieux nécessitant un chauffage ou un refroidissement actif, l'ouverture des fenêtres et/ou des portes extérieures peut nuire à l'obtention du confort thermique
  - lorsqu'on peut démontrer, sur la base de mesures du débit ou de la concentration en CO_2 (ETAPE N° 14), que la ventilation est suffisante sans ouvrir les fenêtres, celles-ci peuvent rester fermées. Il n'en demeure pas moins judicieux de garder autant que possible les fenêtres ouvertes lorsque cela ne cause pas de nuisance.

- **Ouverture permanente ou temporaire des fenêtres et des portes extérieures ?**

L'ouverture permanente des fenêtres et/ou des portes extérieures est la solution la plus efficace. Si cette mesure ne peut être mise en œuvre, on peut se contenter de l'appliquer lorsque les locaux ne sont pas occupés, par exemple avant le début de leur utilisation, pendant les pauses ou les récréations, … Dans ce cas, il est souhaitable de contrôler la concentration en CO_2 (ÉTAPES N° 7 OU N° 10).

En l'absence d'un système de ventilation, les concentrations en CO_2 peuvent en effet augmenter rapidement lorsque les fenêtres sont fermées.

- **Une ou plusieurs baies ?**

On obtient généralement un meilleur renouvellement d'air lorsque plusieurs baies, même de taille réduite sont situées sur des façades extérieures différentes. Dans le cas où l'ouverture n'est possible que sur une seule façade, une baie de plus grande dimension peut être nécessaire. Dans la mesure du possible, il est également préférable d'ouvrir des baies placées à des hauteurs différentes.

- **Est-il toujours nécessaire d'ouvrir les fenêtres et les portes extérieures ?**

Si l'on dispose d'un système de ventilation efficace, on peut atteindre des concentrations en CO_2 suffisamment faibles (< 900 ppm) et il n'est pas strictement nécessaire d'ouvrir les fenêtres et/ou les portes extérieures. Toutefois, comme nous l'avons déjà précisé, une concentration en CO_2 plus faible permet de réduire le risque de contamination.

3.2 ÉTAPE N° 2 : Disposez-vous d'un système de ventilation mécanique ?

Si vous disposez d'un système de ventilation mécanique dont l'alimentation et/ou l'évacuation sont situées dans la même pièce, il est important de fixer le débit : de préférence pour la position de réglage la plus élevée, mais aussi pour les autres positions.

En fonction de ces débits, on peut alors déterminer un **taux d'occupation nominal N_{900}** (ÉTAPE N° 4). Il s'agit du nombre de personnes qui peuvent rester en permanence dans le local sans que la concentration admissible en CO_2 soit dépassée (de manière significative) et sans qu'il soit nécessaire de mesurer la concentration en CO_2 si la ventilation est utilisée correctement.

3.3 ÉTAPE N° 3 : Connaissez-vous le débit d'air neuf de la ventilation mécanique ?

La détermination des débits peut se faire de plusieurs manières :

1. si une évaluation a déjà été effectuée dans le cadre du Code sur le bien-être au travail, le débit de ventilation mécanique est en principe connu (voir § 3.3.1)
2. le débit peut également être mesuré à l'aide d'un débitmètre (voir § 3.3.2)
3. on peut aussi estimer le débit de ventilation sur la base de l'évolution des concentrations en CO_2 (voir § 3.3.3).

ATTENTION : les débits doivent être déterminés avec les portes et les fenêtres fermées, y compris les portes intérieures.

Le Code sur le bien-être au travail doit obligatoirement être respecté par les employeurs. Il constitue un code de bonne pratique dans tous les autres cas.

3.3.1 ÉTAPE N° 3.1 : Débit d'air neuf connu dans le cadre du Code du bien-être au travail

Dans le cadre du Code du bien-être au travail, chaque employeur doit procéder à une analyse des risques liés à la qualité de l'air intérieur. Ce Code spécifie les concentrations maximales en CO_2 ou les débits de ventilation. Si les concentrations en CO_2 ou les débits de ventilation prévus ne sont pas atteints, un plan d'action doit être établi (voir ANNEXE 6).

Dans les locaux équipés d'une ventilation mécanique, la mesure des débits Q_{mech} est le moyen le plus simple de démontrer la conformité au Code.

3.3.2 ÉTAPE N° 3.2 : Détermination du débit d'air neuf par mesure directe

Les débits Q_{mech} doivent au moins être déterminés pour la position de réglage la plus élevée et éventuellement pour les autres positions aussi.

Si l'on vise une mesure correcte des débits de ventilation mécanique, il convient de disposer d'un équipement adapté ainsi que des compétences nécessaires. Pour plus d'informations au sujet des appareils de mesure, on consultera l'article "Mesurer les débits de ventilation mécanique" paru dans le magazine CSTC-Contact.

Dans le cadre de la réglementation PEB, il existe en Flandre un système de rapporteurs agréés en matière de ventilation, qui disposent en principe de l'équipement approprié ainsi que des compétences nécessaires (voir Ventilatieverslaggever – Energiesparen).

3.3.3 ÉTAPE N° 3.3 : Estimation du débit d'air neuf sur la base des concentrations en CO_2 mesurées

Si l'on ne dispose pas de l'équipement nécessaire pour mesurer le débit et/ou si la mesure est difficile à réaliser (locaux de grandes dimensions, …), on peut estimer le débit de ventilation mécanique Q_{mech} en se basant sur la concentration en CO_2 en régime stationnaire. Dans ce cas,

il importe de veiller à ce que les fenêtres et les portes soient fermées pendant la période de mesure.

Lorsque la concentration en CO_2 s'est plus ou moins stabilisée dans le local occupé, le débit de ventilation mécanique peut être évalué.

Pour les activités calmes, le débit de ventilation mécanique Q_{mech} est égal à 20.000 * $N/(CO_{2,intérieur} - CO_{2,extérieur})$ (m^3/h), où N représente le nombre de personnes présentes. Cette formule s'applique aux personnes exerçant une activité calme (1,2 MET).

Le tableau 2 donne le débit de ventilation par personne correspondant à la différence entre les concentrations en CO_2 mesurées à l'intérieur et à l'extérieur. Le taux d'occupation nominal du local est alors égal au nombre de personnes présentes N pendant la mesure, multiplié par le facteur indiqué au tableau 2.

Tableau 2 Relation entre l'augmentation de la concentration en CO_2 et le débit de ventilation par heure pour une personne assise exerçant une activité calme.

Concentration en $CO_{2,intérieur}$ – concentration en $CO_{2,extérieur}$	m^3/h
300	67
400	50
500	**40**
600	33
700	29
800	25
900	22
1.000	20
1.100	18
1.200	17
1.300	15
1.400	14
1.500	13
1.600	13

Aspects importants et conditions limites :

- la détermination du débit Q_{mech} n'est possible avec suffisamment de précision que si la différence entre les concentrations en CO_2 est supérieure à 300 ppm
- il convient de surveiller l'évolution de la concentration en CO_2 à intervalles réguliers ou de manière continue afin d'établir si un régime stationnaire a bien été atteint. Si ce régime stationnaire n'est pas atteint, cette méthode ne peut PAS être utilisée
- il importe que l'analyse soit effectuée par une personne suffisamment expérimentée
- si l'on a le choix entre la mesure directe du débit (ÉTAPE N° 3.2) et la mesure basée sur la concentration en CO_2 (ÉTAPE N° 3.3), on privilégiera la mesure directe.

Exemple de détermination du débit à partir de mesures du CO_2

Si l'on mesure une différence de concentration en CO_2 entre l'intérieur et l'extérieur de 400 ppm en régime stationnaire dans une salle dont les fenêtres et les portes sont fermées, qui est dotée d'une ventilation mécanique et qui est occupée par 10 personnes (N = 10) exerçant une activité calme, on obtient un débit d'environ 50 m^3/h par personne. Le débit de ventilation mécanique total Q_{mech} équivaut à :

- selon le tableau 2 : $Q_{mech} = 10 * 50 = 500\ m^3/h$

- selon la formule : Q_{mech} = 20.000 * 10/400 = 500 m³/h.

Il est également possible d'évaluer les débits en fonction de la variation de la concentration en CO_2, mais il s'agit d'une méthode plus complexe qui nécessite l'intervention d'un expert.

3.4 ÉTAPE N° 4 : Détermination du taux d'occupation nominal admissible selon le débit de ventilation

À l'étape n° 3, le débit de ventilation mécanique Q_{mech} a été défini en m³/h. Étant donné que l'objectif est de limiter la concentration en CO_2 à 900 ppm (ou de ne pas dépasser la concentration extérieure de plus de 500 ppm), le débit de ventilation nécessaire doit s'élever à 40 m³/h en cas d'activités calmes (voir annexe 3).

Le taux d'occupation nominal N_{900} (admissible en permanence) pour les activités calmes est donc égal à $Q_{mech}/40$:

- si le taux d'occupation effectif N_{eff} est inférieur ou égal à N_{900}, il est très probable que la concentration en CO_2 n'excède pas 900 ppm et la situation peut être considérée comme conforme (OK, ÉTAPE N° 14)
- si le taux d'occupation effectif N_{eff} est supérieur à N_{900}, la concentration de 900 ppm pourrait être dépassée et il convient alors de passer à l'ÉTAPE N° 5. Lorsqu'il s'avère impossible d'effectuer des mesures du CO_2, un taux d'occupation plus élevé n'est autorisé que si les fenêtres et les portes peuvent être ouvertes et le rester en permanence (ÉTAPE N° 13).

REMARQUE : si le taux d'occupation nominal a été déterminé dans le cadre du Code sur le bien-être au travail en considérant une concentration en CO_2 de 1200 ppm (N_{1200}), il y a lieu d'effectuer une correction afin de définir le taux d'occupation nominal N_{900}, soit :

$$N_{900} = (900-400)/(1200-400)*N_{1200} = 0{,}625* N_{1200}$$

Exemple

Dans un **salon de coiffure** équipé d'une ventilation mécanique réglée à un débit Q_{mech} = 80 m³/h, le taux d'occupation nominal N_{900} est de 80/40, soit 2 personnes. Cela signifie que le coiffeur et un client peuvent être présents en permanence sans que la concentration en CO_2 soit trop élevée.

3.5 ÉTAPE N° 5 : Disposez-vous d'un appareil de mesure du CO_2 ?

En ce qui concerne le choix et l'utilisation des appareils de mesure du CO_2, on consultera le document 'Choix et utilisation de capteurs de CO2 dans le contexte du COVID-19' sur le site du SPF Economie.

Si vous disposez d'un appareil de mesure du CO_2, vous pouvez vérifier si la concentration de 900 ppm n'est pas dépassée (ÉTAPE N° 6).

Si vous ne possédez pas d'appareil de mesure du CO_2, passez à l'ÉTAPE N° 13.

3.6 ÉTAPE N° 6 : Disposez-vous d'au moins un appareil de mesure du CO_2 par local ?

L'idéal est d'avoir au moins un appareil de mesure du CO_2 dans chaque pièce. Il arrive toutefois, pour diverses raisons (budget, délais de livraison, disponibilité, …), qu'on ne puisse pas équiper chaque local d'un appareil de mesure du CO_2 :

1) si chaque pièce est dotée d'un appareil de mesure du CO_2, passez à l'ÉTAPE N° 7
2) si vous ne disposez pas d'un appareil de mesure du CO_2 dans chaque pièce, passez à l'ÉTAPE N° 10.

3.7 ÉTAPE N° 7 : Surveillance permanente de la concentration en CO_2

Si la concentration en CO_2 est mesurée en permanence dans une pièce **ET** qu'un suivi efficace des mesures est assuré, il est tout à fait possible d'évaluer si la ventilation est suffisante, et ce, tant pour les systèmes de ventilation mécanique que pour la ventilation naturelle.

3.8 ÉTAPE N° 8 : La concentration en CO_2 est-elle rarement supérieure à 900 ppm ?

Si la réponse est "OUI" :

- la ventilation est en principe suffisante et aucune disposition complémentaire ne doit être prise; passez à l'ÉTAPE N° 14
- la concentration en CO_2 étant influencée par le taux d'occupation, par les conditions climatiques ainsi que par l'utilisation des fenêtres et des portes, il est souhaitable d'effectuer des contrôles réguliers.

Si la réponse est "NON" :

- des dispositions doivent être prises : passez à l'ÉTAPE N° 9.

3.9 ÉTAPE N° 9 : Dispositions à prendre dans le cas où la mesure continue de la concentration en CO_2 révèle des valeurs parfois élevées

Si la concentration en CO_2 dépasse régulièrement 900 ppm, des dispositions doivent être prises. Le type et l'ampleur de ces dispositions varient notamment en fonction des conditions de ventilation et du niveau de concentration en CO_2 :

- dans le cas où l'on dispose d'un système de ventilation mécanique efficace dont le débit est connu (voir ÉTAPE N° 4), les concentrations trop élevées sont en général dues au fait que le taux d'occupation effectif N_{eff} est supérieur au taux nominal N_{900}. Si les concentrations sont excessives, le taux d'occupation doit être réduit à N_{900} ou moins et/ou la ventilation doit être renforcée (en ouvrant les fenêtres et/ou les portes). Tant que la concentration en CO_2 n'excède pas 900 ppm, un taux d'occupation N_{900} peut être maintenu. Des concentrations en CO_2 trop élevées peuvent également résulter d'une mauvaise utilisation du système de ventilation, d'un manque d'entretien, etc.
- en l'absence de système de ventilation mécanique, aucun taux d'occupation nominal n'est fixé et les solutions envisageables sont l'ouverture des fenêtres et des portes, la purification de l'air (ÉTAPE N° 16) ou la réduction du taux d'occupation. Dans ce cas, il convient de contrôler en permanence si les dispositions adoptées suffisent ou non. Il y a en outre lieu d'établir un plan d'amélioration de la ventilation (ÉTAPE N° 15).

3.10 ÉTAPE N° 10 : Mesures aléatoires de la concentration en CO_2

Le contrôle non continu de la concentration en CO_2 permet d'obtenir une première indication concernant la qualité de l'air et les dispositifs de ventilation.

Cette approche s'avère utile dans le cas où l'on dispose d'un appareil de mesure du CO_2, mais où il n'est pas possible d'équiper tous les locaux (en raison de longs délais de livraison, de budgets limités, etc.).

Pour réaliser les contrôles aléatoires, il existe plusieurs possibilités :

a) **effectuer régulièrement des mesures relativement courtes** dans les différents locaux (de préférence à la fin d'une période d'occupation)
b) **réaliser des mesures plus longues par local** (un jour, une semaine, …) en changeant de lieu à chaque fois. À cet effet, on utilisera, de préférence, un appareil de mesure du CO_2 qui donne un aperçu de l'évolution de la concentration en CO_2 (sous la forme d'un graphique, p. ex.)
c) **combiner des périodes de mesure courtes et longues**, les premières permettant de relever les situations à risque et d'évaluer rapidement l'effet de certaines dispositions, les secondes donnant une estimation plus globale de la ventilation d'un local.

3.11 ÉTAPE N° 11 : Les concentrations en CO_2 mesurées aléatoirement sont-elles suffisamment basses ?

Deux situations peuvent se présenter :

1. **les concentrations en CO_2 sont globalement faibles à très faibles (500-700 ppm)**

   Si les conditions d'utilisation sont représentatives d'une occupation maximale, la probabilité d'avoir des concentrations en CO_2 trop élevées est relativement faible (ÉTAPE N° 14).

   Il importe toutefois de poursuivre les mesures aléatoires de la concentration en CO_2. La fréquence des mesures aléatoires dépend des niveaux de CO_2 mesurés, des conditions climatiques, du taux d'occupation, de l'application des diverses dispositions (fenêtres et/ou portes ouvertes), etc.

2. **si les concentrations en CO_2 avoisinent régulièrement 800-900 ppm ou plus**

   Si l'on ne dispose pas d'un système de ventilation mécanique fonctionnant en permanence, la concentration en CO_2 risque d'excéder régulièrement 900 ppm. Dans ce cas, il convient de passer à un contrôle permanent de la concentration en CO_2 (voir ÉTAPE N° 7) et de prendre diverses dispositions (voir ÉTAPE N° 12).

3.12 ÉTAPE N° 12 : Dispositions à prendre lorsque les concentrations en CO_2 relevées lors des mesures aléatoires sont trop élevées

Les dispositions à prendre dans ce cas sont très similaires à celles recommandées lorsque les mesures permanentes de la concentration en CO_2 révèlent des valeurs excessives (voir ÉTAPE N° 9).

Plus les valeurs de la concentration en CO_2 relevées lors des mesures aléatoires sont hautes, plus il devient important de passer à une surveillance continue. Si cela s'avère impossible en pratique, il est impératif de réaliser les mesures aléatoires à intervalles suffisamment réguliers.

Si l'on dispose d'un système de ventilation mécanique fonctionnant en permanence, aucune disposition ne doit être prise tant que la concentration en CO_2 ne dépasse pas 900 ppm.

3.13 ÉTAPE N° 13 : Gardez toujours les fenêtres et les portes ouvertes

Si l'on ne dispose d'aucune indication concernant la ventilation du local (pas de mesure de débit dans le cas d'une ventilation mécanique et pas de mesure des concentrations en CO_2), il est essentiel de mener les actions suivantes :

- ouvrir autant que possible les fenêtres et/ou les portes et, si l'on dispose d'un système de ventilation mécanique, régler celui-ci en position maximale
- limiter le taux d'occupation nominal, en se basant sur la règle suivante :
    - maximum 4 personnes par m² de surface nette de baie de fenêtre ouverte
    - maximum 6 personnes par m² de surface nette de baie de porte extérieure ouverte

L'ANNEXE 4 fournit un calcul plus détaillé et donne davantage d'informations au sujet de la règle précitée et du calcul de la surface nette

- à court terme, réaliser des mesures de la concentration en CO_2 (ÉTAPE N° 5) ou, en cas de ventilation mécanique, des mesures du débit (ÉTAPE N° 2)
- améliorer l'installation de ventilation (ÉTAPE N° 15) et utiliser éventuellement un système de purification de l'air (ÉTAPE N° 16).

3.14 ÉTAPE N° 14 : Dispositions à prendre lorsque la situation est conforme (OK)

Si les mesures du débit (ÉTAPE N° 4) ou les mesures de la concentration en CO_2 (ÉTAPES N° 8 et N° 11) permettent de garantir avec assez de certitude que la ventilation est suffisante compte tenu du taux d'occupation, on peut supposer que les valeurs visées pour la concentration en CO_2 seront rarement dépassées.

Dans ce cas, il convient d'accorder une attention particulière aux points suivants :

- en cas de ventilation mécanique, il importe que, lorsque la pièce est occupée, l'installation fonctionne dans les mêmes conditions que celles qui prévalaient lors de la mesure du débit de ventilation mécanique
- l'installation doit en outre idéalement fonctionner pendant un certain temps avant le début et après la fin des activités, afin de garantir une concentration en CO_2 suffisamment faible.

Lorsqu'il est possible d'exercer les activités avec les fenêtres ouvertes sans trop de désagréments (ÉTAPE N° 1), il est conseillé de le faire de façon à réduire les concentrations en CO_2.

Si les valeurs recommandées de la concentration en CO_2 ne peuvent être atteintes qu'avec les fenêtres ou les portes ouvertes, il est souhaitable d'établir un plan d'action afin d'améliorer la ventilation (ÉTAPE N° 15).

On considère qu'une situation est conforme lorsque :

- les dispositions suivantes sont prises :
  - une ventilation naturelle maximale est assurée, dans la mesure du possible, par l'ouverture des fenêtres et des portes
  - les systèmes sont entretenus et réglés de manière à ce que le débit soit maximal et que l'apport d'air extérieur soit de 100 %. Les systèmes de ventilation assurent une préventilation et une postventilation suffisantes
- on peut au moins démontrer les résultats suivants :
  - soit la ventilation permet habituellement (> 95 % du temps) de maintenir la concentration en CO_2 sous les 900 ppm ou de ne pas dépasser de plus de 500 ppm la concentration extérieure. Cette situation est également considérée comme acceptable si l'on peut garantir dans chaque local un apport d'air neuf de 40 m^3/h par personne présente
  - soit des dispositions complémentaires sont prises (masques buccaux spécifiques, purification de l'air, etc.) sur la base d'une analyse de risques, en vue de s'assurer que la quantité d'aérosols dans l'air intérieur reste inférieure à celle obtenue avec une ventilation telle que décrite dans ce document. Dans ce cas, une ventilation suffisante sera aussi assurée de manière à ce que la concentration en CO_2 reste sous les 1200 ppm ou ne dépasse pas plus de 800 ppm la concentration extérieure. Cette situation est également considérée comme acceptable si l'on peut garantir dans chaque local un apport d'air neuf d'au moins 25 m^3/h par personne présente.

3.15 ÉTAPE N° 15 : Plan d'action pour l'amélioration à long terme des dispositifs de ventilation

Si un local est dépourvu de dispositif de ventilation efficace et qu'on ne peut atteindre les valeurs recommandées de la concentration en CO_2 qu'en ouvrant les fenêtres ou les portes, il est souhaitable d'établir un plan d'action en vue de mettre en place, à long terme, des dispositifs permettant une ventilation suffisante sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir les fenêtres et les portes ou de restreindre le taux d'occupation.

Pour les locaux occupés par des travailleurs, cela permettra par ailleurs de se conformer au Code sur le bien-être au travail. Une ventilation efficace permettra en outre de réduire les risques de contamination par le virus de la grippe ou d'autres virus, mais aussi d'améliorer les performances des personnes présentes.

Afin de diminuer le risque de contamination au Covid-19 dans des espaces clos, il y a donc une hiérarchie des mesures à respecter :

- Aérer et/ou ventiler le plus possible, en coupant au maximum et si possible complètement la recirculation d'air et en amenant 100 % d'air neuf.
- S'il est impossible de couper complètement la recirculation d'air en provenance de l'intérieur des locaux, augmenter au maximum le débit d'air neuf.
- Si l'augmentation du débit d'air neuf ne suffit pas, il convient d'examiner la possibilité technique d'installer un système de filtration centralisée.
- Dans le cadre d'une rénovation ou d'une nouvelle installation, prévoir une filtration de l'air centralisée.

3.16 ÉTAPE N° 16 : Purification de l'air

Dans le contexte de la pandémie de COVID-19, l'utilisation de systèmes de purification de l'air, en complément de la ventilation, permet de réduire davantage le risque de contamination, mais ces dispositifs doivent répondre à des exigences spécifiques. Des recommandations distinctes seront formulées à ce sujet.

4. Check-list

Une check-list est proposée à l'ANNEXE 1 afin de faciliter l'évaluation.

ANNEXE 1 : Check-list

Étape	Description	À compléter ou entourer	Remarques	Étape suivante
1.	Veillez à une **ventilation naturelle maximale** en ouvrant les fenêtres et les portes.		Tenez également compte des risques liés à la sécurité, à la sécurité incendie, etc.	**2**
2	**Disposez-vous d'un système de ventilation mécanique ?**	Oui Non		Oui : **étape n° 3.1** Non : **étape n° 5**
3.1	Le débit d'air neuf est connu dans le cadre du Code du bien-être au travail.	Q_{mech} = … Non	Tout employeur est déjà censé disposer d'une analyse des risques liés à la qualité de l'air intérieur.	Oui : les débits sont en principe connus, passez à l'**étape n° 4** Non : **étape n° 3.2**
3.2	Effectuez une mesure du débit d'air neuf dans chaque local	Q_{mech} est déterminé en m³/h pour chaque local.	Réalisez la mesure au moins pour la position de réglage la plus élevée et, de préférence, pour les autres positions. Cette opération doit être effectuée par un expert.	A pu être déterminé : **étape n° 4** N'a pas pu être déterminé (rapidement) : **étape n° 3.3**
3.3	Estimez le débit d'air neuf en fonction de la différence entre les concentrations en CO_2 à l'intérieur et à l'extérieur.	$Q_{mech} = 20.000 * N/(CO_{2,intérieur} - CO_{2,extérieur})$ (m³/h), où N est le nombre de personnes présentes. Cette formule s'applique lorsque les personnes exercent une activité calme (1,2 MET).	Voir les différentes conditions à remplir pour pouvoir appliquer cette méthode.	**A pu être déterminé : Étape n° 4** N'a pas pu être déterminé: **étape n° 5**
4	Capacité nominale de chaque local	N_{eff} = $N_{900} = Q_{mech}/40$ =	= nombre de personnes pouvant être présentes en permanence sans dépasser une concentration en CO_2 de 900 ppm N_{eff} représente le taux d'occupation effectif.	Si $N_{eff} \leq N_{900}$: **étape n° 14** Si $N_{900} \leq N_{eff} \leq N_{1200}$: **étape n° 4.1** Sinon : **étape n° 5**

4.1	Si le respect du Code sur le bien-être au travail est possible sur la base de 1200 ppm.		Si N_{1200} est connu : $N_{eff} = 0,625 * N_{1200}$ Ou : une analyse spéciale des risques montre qu'un équilibre a été trouvé entre les dimensions du local, le niveau de ventilation, l'humidité de l'air, l'activité, le port ou non de masques buccaux ainsi que le type de masque et la durée de l'occupation.	Passez à l'**étape n° 5**
5	Disposez-vous d'appareils de mesure du CO_2 ?		Envisagez d'en acheter, d'en louer ou d'en emprunter. Un document distinct consacré aux appareils de mesure du CO_2 et à leur utilisation est disponible : 'Choix et utilisation de capteurs de CO2 dans le contexte du COVID-19'.	Oui : **étape n° 6** Non : **étape n° 13**
6	Disposez-vous d'un appareil de mesure du CO_2 pour chaque local ?			Oui : **étape n° 7** Non : **étape n° 10**
7	Contrôlez en permanence le taux de CO_2.		Continuez à surveiller les valeurs et prenez des dispositions. Pour effectuer ce suivi, consultez le tableau figurant en dessous de la check-list.	Déterminez la valeur : **étape n° 8** Définissez les dispositions à prendre : **étape n° 9** Si les résultats sont suffisamment rassurants après une période de mesure : **étape n° 14**
8	Évaluez la concentration en CO_2.	La concentration en CO_2 est-elle inférieure à 900 ppm durant 95 % du temps ?	Lorsque le taux d'occupation est variable et que l'on recourt uniquement à la ventilation naturelle, ces mesures doivent être répétées régulièrement. Pour effectuer le suivi, consultez le tableau figurant en dessous de la check-list.	Si OK : **étape n° 14** Sinon : **étape n° 9**

9	Prenez des dispositions complémentaires.		En cas de ventilation mécanique : - complétez la ventilation par l'ouverture des fenêtres et/ou des portes - limitez le taux d'occupation. En cas de ventilation naturelle : - ouvrez également les fenêtres et les portes - envisagez l'installation d'un système de ventilation et éventuellement d'un système de purification de l'air - établissez un plan d'action.	Si des dispositions complémentaires sont prises : **étape n° 7** Plan d'action : **étape n° 15** Purification de l'air : **étape n° 16**
10	Contrôlez la concentration en CO_2 de manière aléatoire.		Plusieurs solutions sont envisageables : - effectuer de courtes mesures à intervalles réguliers, notamment à la fin d'une période d'occupation - réaliser des mesures durant un jour ou une semaine dans chaque local - combiner les deux solutions précédentes.	Évaluation des mesures : **étape n° 11** Détermination des dispositions à prendre : **étape n° 12** Si les résultats sont suffisamment rassurants après une période de mesure : **étape n° 14**
11	Évaluez la concentration en CO_2.	Les concentrations en CO_2 sont faibles, voire très faibles (500-700 ppm) ? Les concentrations en CO_2 sont plutôt élevées (> 750 ppm) ?	Si la concentration est faible à très faible pour un taux d'occupation maximal : situation acceptable, continuez les mesures aléatoires. Si la concentration est plutôt élevée : passez à un contrôle permanent et prenez des dispositions supplémentaires.	Si la concentration est faible à très faible : **étape n° 14** Si la concentration est plutôt élevée : **étape n° 12**
12	Dispositions à prendre lorsque les concentrations en CO_2 relevées lors des mesures aléatoires sont trop élevées		En cas de ventilation mécanique : - complétez la ventilation par l'ouverture des fenêtres et/ou des portes - limitez le taux d'occupation. En cas de ventilation naturelle : - ouvrez également les fenêtres et les portes - utilisez un système de purification de l'air - établissez un plan d'action.	Prenez des dispositions et effectuez directement une nouvelle mesure : **étape n° 10** Plan d'action : **étape n° 15** Purification de l'air : **étape n° 16**

			Réévaluez immédiatement ce local en réalisant une mesure permanente.	
13	Ouverture permanente des fenêtres comme solution temporaire		- Ouvrez autant que possible les fenêtres et/ou les portes - limitez le taux d'occupation conformément aux valeurs du tableau 3 (voir annexe 4) - prenez des dispositions compensatoires immédiates, comme le port de masques buccaux en permanence, en attendant de pouvoir prendre d'autres dispositions - à court terme, effectuez des mesures de la concentration en CO_2 ou, en cas de ventilation mécanique, des mesures du débit de ventilation.	Prendre des dispositions : **étape n° 15 ou 16** Si l'on dispose d'un système de ventilation : **étape n° 2** Si l'on utilise la ventilation naturelle : **étape n° 5**
14	La situation est acceptable, mais des dispositions complémentaires peuvent s'avérer utiles.		La situation est acceptable, mais il est judicieux de prendre des dispositions complémentaires : - ouvrez les fenêtres et les portes dans la mesure du possible - en cas de ventilation naturelle, envisagez l'installation d'un système de ventilation mécanique et éventuellement d'un système de purification de l'air.	
15	Amélioration des dispositifs de ventilation		Établissez un plan d'action prévoyant la mise en place de dispositifs de ventilation, de façon à assurer une ventilation sans devoir ouvrir portes et fenêtres. Cette démarche permettra d'améliorer les performances des personnes présentes, mais aussi de freiner les contaminations par la grippe ou d'autres maladies infectieuses.	Mesures permanentes : **étape n° 7** Mesures aléatoires : **étape n° 10** Réévaluation : étape n° **2**

16	Prévoyez un système de purification de l'air en complément.		Voir recommandations spécifiques.	

Si des mesures permanentes ou périodiques de la concentration en CO_2 doivent être effectuées selon le plan d'action ci-dessus :

Contrôle de la ventilation sur la base de mesures de la concentration en CO_2	
	À compléter
Un ou une responsable a été désigné.e pour assurer le suivi des mesures de ventilation/de la concentration en CO_2. Nom du/de la responsable :	
Des mesures de contrôle de la concentration en CO_2 sont régulièrement effectuées et consignées dans un registre.	
Un suivi est prévu si des dépassements répétés sont constatés dans certains locaux.	
Décrivez les actions entreprises	

ANNEXE 2 : Conseils visant à encourager l'adoption des bonnes pratiques

Comment encourager l'adoption des bonnes pratiques et faire en sorte que l'ensemble de votre organisation participe à la bonne ventilation des locaux ? Vous trouverez dans cette Annexe quelques conseils pour y parvenir.

Informez chacun sur l'utilité de la ventilation et de l'aération. De quel système de ventilation le bâtiment est-il équipé ? Que peuvent faire les collaborateurs en matière de ventilation ? Prenez des dispositions concernant l'ouverture des fenêtres et/ou des portes extérieures, par exemple, et informez tout le monde à ce sujet.

Encouragez l'utilisation des appareils de mesure du CO_2 et mettez-les à disposition. Organisez une formation et fournissez des conseils à ce sujet au sein de votre organisation. Échangez vos expériences en matière d'utilisation des appareils.

Prenez des dispositions si les appareils de mesure du CO_2 révèlent régulièrement des valeurs élevées ou passent au rouge/orange. Recherchez l'origine du problème :

- en cas de ventilation naturelle, les causes potentielles sont : des possibilités de ventilation insuffisantes, des fenêtres fermées en raison du bruit extérieur, … Pour plus d'informations à ce sujet, on consultera la page 'Het effect van het gebruik van een CO2-meter op het ventilatie-en verluchtingsgedrag in de klas'
- en cas de ventilation mécanique, on peut citer parmi les causes possibles : des filtres bouchés, un débit trop faible, un mauvais réglage, l'arrêt du système, une position de réglage trop basse, des grilles fermées ou obturées dans le cas d'un système de type C, une circulation de l'air insuffisante lorsque les portes intérieures sont fermées, … Dans le cas d'une installation avec contrôle de la concentration en CO_2, il est possible que les réglages doivent être ajustés. Vérifiez les points suivants : votre système est-il de type C ou D ? Le système est-il contrôlé en fonction de la demande et selon quel paramètre : concentration en CO_2, taux d'occupation ou autre ? Est-il adaptable pour chaque classe ou pour une partie de l'école ou est-il contrôlé de manière centralisée ? Contactez l'entreprise de maintenance si nécessaire.

Définissez un cadre en ce qui concerne l'occupation des locaux

Désignez un ou une responsable de la politique de ventilation. Désignez un ou une responsable du fonctionnement du système de ventilation.

Désignez une personne de référence pour les plaintes et l'assistance en matière de ventilation et d'aération, y compris l'utilisation des appareils de mesure du CO_2.

Prenez des dispositions avec le service de nettoyage pour l'entretien des grilles et des bouches de ventilation. Reprenez cette tâche dans leur planning.

Organisez l'entretien du système de ventilation. Définissez dans le programme d'entretien (et le contrat d'entretien) la fréquence d'inspection et de remplacement des pièces (telles que les filtres).

ANNEXE 3 : Outil BSOH pour la prédiction de l'évolution de la concentration en CO_2

L'outil de calcul CO_{2sim} de la BSOH (*Belgian Society for Occupational Health*, l'association scientifique belge pour l'hygiène du travail) permet d'évaluer l'évolution de la concentration en CO_2 dans le temps. Un grand nombre de variables jouent un rôle à cet égard et peuvent être sélectionnées dans l'outil de calcul.

Les principales variables sont :

- le volume du local
- le débit de ventilation en m³/h
- le nombre de personnes présentes dans le local
- la concentration en CO_2 initiale
- les caractéristiques des personnes présentes (adultes/enfants, niveau d'activité).

En ce qui concerne l'impact de l'activité sur la production de CO_2, la valeur MET (équivalent métabolique) a toute son importance. Elle représente la quantité d'énergie qu'un effort physique donné requiert d'un adulte par rapport à la quantité d'énergie nécessaire au repos. Un MET correspond à la quantité d'énergie dépensée à l'état immobile. Des exemples pratiques de valeurs MET sont notamment repris sur le site Internet équivalent métabolique.

La production de CO_2 varie de manière linéaire avec la valeur MET, qui est un des paramètres considérés dans l'outil de calcul.

L'outil est assez simple à utiliser. Il permet en outre de relier automatiquement plusieurs simulations entre elles.

Exemple

Si Q_{mech} = 800 m³/h, le taux d'occupation nominal dans le cas d'une activité calme est N_{900} = 800/40 = 20 personnes. Un taux d'occupation plus élevé est autorisé temporairement à condition que la concentration en CO_2 soit contrôlée (ÉTAPE N° 6). L'outil CO_{2sim} de la BSOH permet d'estimer la durée maximale pendant laquelle un taux d'occupation plus important peut être envisagé.

La figure 3 montre l'évolution de la concentration en CO_2 dans un local relativement grand (20 mètres de long, 15 mètres de large et 6 mètres de haut, soit 1800 m³) disposant d'un système de ventilation mécanique d'un débit de 800 m³/h (N_{900} = 20 personnes) lorsque 40 personnes sont présentes.

La simulation révèle que la concentration en CO_2 n'atteindra 900 ppm qu'au bout de 90 minutes environ.

Lorsque les personnes quittent le local et que le système de ventilation reste actif (800 m³/h), la concentration en CO_2 diminue, mais assez lentement.

Le graphique montre également l'évolution de la concentration en CO_2 lorsque le local est ventilé de manière intensive (fenêtres et/ou portes ouvertes équivalant à un débit de 4000 m³/h) après environ 60 minutes d'inoccupation. La concentration en CO_2 revient alors beaucoup plus rapidement à une valeur de 400 ppm.

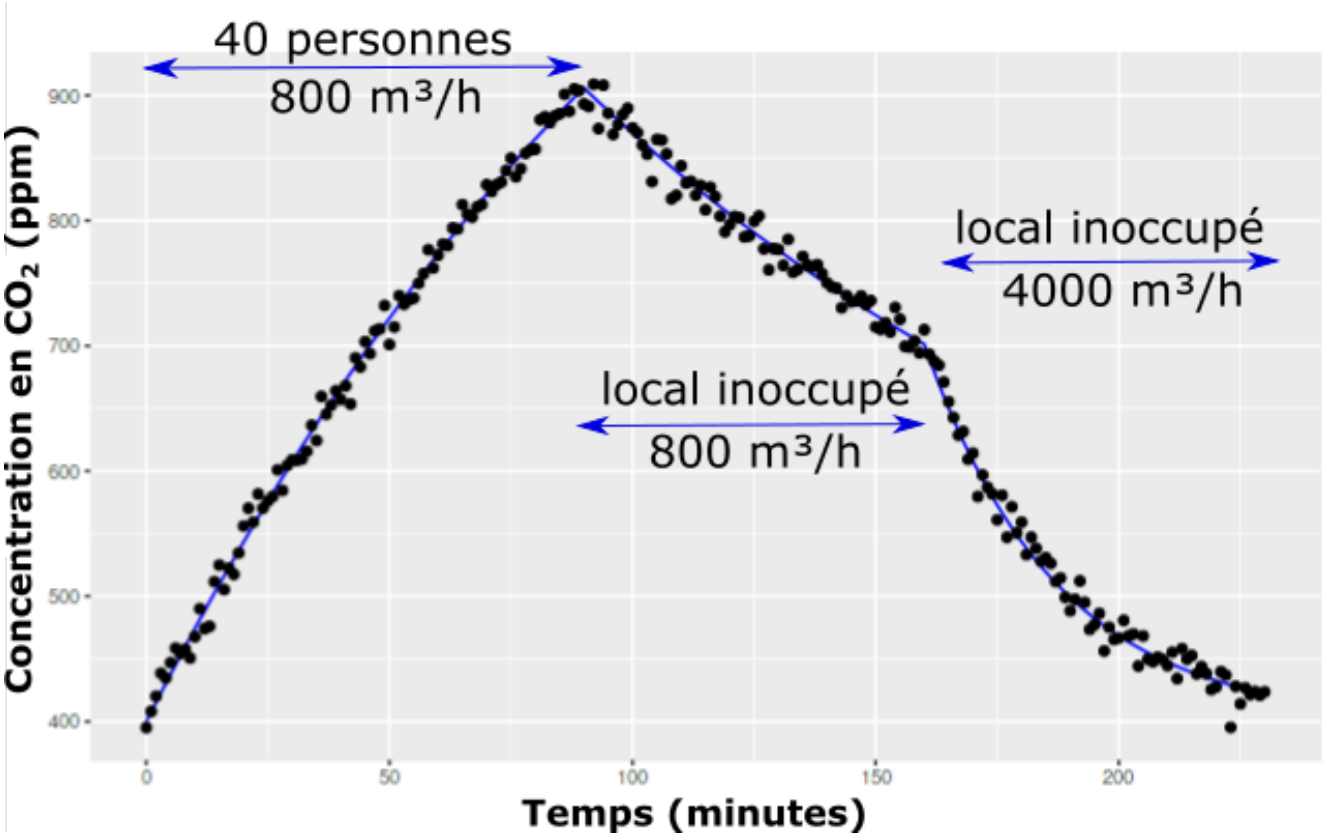

Fig. 3 Évolution de la concentration en CO_2 en cas de variation du taux d'occupation et du débit de ventilation.

ANNEXE 4 : Détermination du taux d'occupation nominal avec fenêtres et portes extérieures ouvertes

En l'absence d'informations sur les débits de ventilation mécanique ou sur les concentrations en CO_2, seule l'ouverture des fenêtres et/ou des portes extérieures permet d'assurer une ventilation suffisante.

Le débit de ventilation dépend de nombreux paramètres tels que la vitesse du vent, les températures intérieure et extérieure, la taille et l'emplacement des baies, etc.

Dans le cadre de la rédaction de ce document, une estimation a été réalisée sur la base de la norme européenne EN 15242 en retenant les hypothèses suivantes :

- la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur est de 3 °C
- il n'y a pas de vent
- chaque fenêtre est évaluée séparément en supposant que toutes les baies sont situées sur la même façade.

Dans ces conditions, la formule suivante peut être appliquée :

débit (m³/h) = $Q_{ouvert} = 1.800 * A_{ouvert} * (0{,}0035 * H_{ouvert} * (T_{intérieur} - T_{extérieur}))^{0,5}$,

où $T_{intérieur} - T_{extérieur} = 3$ °C

débit (m³/h) = $Q_{ouvert} = 184 * A_{ouvert} * H_{ouvert}^{0,5}$.

Le taux d'occupation nominal correspondant à une activité calme (1,2 MET) est égal à :

$N_{900} = N_{900,formule} = 4{,}6 * A_{ouvert} * H_{ouvert}^{0,5}$.

La règle pratique suivante peut être utilisée :

- fenêtres ouvertes : $N_{900,règlepratique} = 4 * A_{ouvert}$ (correspond à une hauteur de baie de 75 cm)
- portes ouvertes : $N_{900,règlepratique} = 6 * A_{ouvert}$ (correspond à une hauteur de baie d'environ 2 mètres).

Sur la base de la formule, le tableau 3 donne une indication du taux d'occupation nominal pour une activité calme en fonction de la surface nette d'une baie de fenêtre ouverte A_{ouvert} et de la hauteur de la baie H_{ouvert}.

Tableau 2 Taux d'occupation nominal admissible pour toute fenêtre ou porte extérieure ouverte en permanence.

Hauteur de la baie H_{ouvert}	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
$N_{900,règlepratique}$ par m² de surface de baie nette	3,3	4,6	5,6	6,5	7,3	8,0

Le calcul doit être effectué pour chaque fenêtre et chaque porte extérieure lorsqu'il y en a plusieurs. Il est important de souligner que c'est l'ouverture nette qui doit être prise en compte et non la surface brute de la fenêtre. Pour les fenêtres ouvertes en oscillobattant, A_{ouvert} est fonction de l'ouverture nette dans la partie supérieure du châssis L_{haut}, où $A_{ouvert} = L_{haut} * (H_{ouvert} * B_{ouvert})$.

Exemple (voir tableau 4)

Considérons un local comportant deux fenêtres et une porte extérieure :

- dimensions brutes :
  - fenêtre battante : largeur 90 cm et hauteur 120 cm

- fenêtre oscillobattante : largeur 90 cm et hauteur 120 cm
- porte extérieure : largeur 90 cm et hauteur 202 cm

- ouvertures nettes :
  - fenêtre battante complètement ouverte : largeur d'ouverture nette B_{ouvert} = 80 cm et hauteur d'ouverture nette L_{ouvert} = 105 cm → A_{ouvert} = 0,8 * 1,05 = 0,84 m²
  - fenêtre oscillobattante : largeur d'ouverture nette B_{ouvert} = 80 cm et hauteur d'ouverture nette L_{ouvert} = 110 cm, en supposant que l'ouverture nette dans la partie supérieure soit de 6 cm → A_{ouvert} = 0,06 * (0,80 + 1,10) = 0,11 m²
  - porte extérieure complètement ouverte : largeur B_{ouvert} = 80 cm et hauteur L_{ouvert} = 200 cm : → A_{ouvert} = 1,60 m².

Tableau 4 Comparaison entre le calcul de l'occupation nominale admissible basé sur la règle pratique et celui basé sur la formule.

	A_{ouvert} (m²)	$N_{900,règlepratique}$	$N_{900,formule}$
Fenêtre battante complètement ouverte	0,84	3,4	4,0
Fenêtre oscillobattante, ouverture nette 6 cm dans la partie supérieure	0,11	0,4	0,5
Porte extérieure complètement ouverte	1,60	9,6	10,4
TOTAL	**2,55**	**13,4**	**14,9**

Le calcul effectué à l'aide de la formule donnera, dans la plupart des cas, un taux d'occupation nominal légèrement supérieur à celui obtenu en utilisant la règle pratique.

ANNEXE 5 : Code sur le bien-être au travail

Domaine d'application du Code sur le bien-être au travail

Les exigences du Code s'appliquent à tous les locaux occupés par des travailleurs. Il incombe à l'employeur de veiller à ce que les locaux soient conformes à ces exigences. Celles-ci peuvent bien entendu être considérées comme règles de bonne pratique dans toutes les autres situations.

Exigences relatives à la qualité de l'air intérieur

Le Code impose des valeurs limites en ce qui concerne la concentration maximale admissible en CO_2 :

- d'une manière générale, la concentration en CO_2 ne peut excéder 900 ppm ou dépasser la concentration extérieure de plus de 500 ppm. Pour les activités calmes, cela correspond à un débit de ventilation de 40 m³/h par personne
- si le local est peu exposé aux sources de pollution de l'air, la concentration en CO_2 ne peut excéder 1200 ppm ou dépasser la concentration extérieure de plus de 800 ppm. Pour les activités calmes, cela correspond à un débit de ventilation de 25 m³/h par personne.

Pour plus d'informations au sujet de l'approche définie dans le Code, on consultera le site Internet du SPF Emploi, Travail et Concertation sociale et, en particulier, la directive pratique qui peut servir de guide lors de l'analyse des risques.

Dans un premier temps, l'employeur procédera à une analyse des risques. Il examinera à cet effet l'ensemble des facteurs susceptibles d'influencer la qualité de l'air intérieur :

- ventilation du local
- contamination par les personnes présentes
- contamination par des appareils ou des matériaux
- contamination en provenance des systèmes de ventilation, de traitement de l'air et de chauffage
- qualité de l'air (extérieur) fourni.

Dans la pratique, il s'agit d'une analyse rapide qui consiste à rassembler la documentation relative au bâtiment, à effectuer des inspections visuelles et à interroger les travailleurs. Si nécessaire, on réalisera aussi des calculs ou des mesures.

À la suite de l'analyse des risques, des dispositions doivent être prises au travers d'un plan d'action comprenant des mesures techniques, telles que l'installation d'un système de ventilation, ainsi que des mesures organisationnelles comme l'entretien adéquat des installations et l'utilisation correcte du bâtiment et de ses installations.

L'employeur fera appel au service de prévention interne ou externe compétent, afin de mener l'analyse des risques et de mettre au point le plan d'action. Les partenaires sociaux doivent être impliqués dans ce processus.

Application dans le cadre du présent document

Conformément à la directive pratique, un système de ventilation mécanique permet de répondre aux exigences du Code s'il fournit un débit de 40 m³/h.personne (concentration maximale de 900 ppm) ou de 25 m³/h.personne (concentration maximale de 1200 ppm). Si l'on connaît le débit de ventilation mécanique, on peut également établir le taux d'occupation nominal N_{900} ou N_{1200}.

ANNEXE 6 : Recommandations spécifiques

Dans certaines circonstances, il peut s'avérer impossible d'adapter rapidement un local ou un poste de travail pour répondre aux exigences énoncées ci-avant. Dans ce cas, il convient de trouver un équilibre entre :

- les dimensions du local
- le niveau de ventilation
- l'humidité de l'air
- l'activité, et donc la fréquence et l'intensité de la respiration
- le port ou non de masques buccaux et le type de masques
- la durée de l'occupation.

Une évaluation approximative du risque de contamination peut être obtenue à l'aide de divers outils de calcul, notamment ceux du MIT et de REHVA. Il importe néanmoins de souligner que ces outils n'offrent aucune certitude. Leur principal atout réside dans le fait qu'ils permettent de comparer l'utilité de différentes dispositions.

Dans tous les cas, une attention particulière doit être accordée aux zones de travail réfrigérées telles que les salles de découpe des abattoirs et des boucheries ou encore certaines zones du secteur alimentaire comme les boulangeries industrielles, les lieux de production d'aliments surgelés, etc. Ces lieux présentent en effet un risque accru, étant donné que l'on y utilise un système de circulation d'air continue peu ou pas alimenté par de l'air extérieur, que le bruit de fond qui y règne oblige les travailleurs à crier davantage et, enfin, que le virus reste stable plus longtemps à des températures plus basses.

Il y a en outre lieu d'être particulièrement vigilant quant à la ventilation à l'intérieur des voitures ainsi que dans les réfectoires et les salles de repos.

Lors du transport collectif de personnes ne vivant pas sous le même toit, il est essentiel, en plus des directives existantes, de régler la ventilation au niveau maximum et de conduire, dans la mesure du possible, le véhicule avec les fenêtres ouvertes (même si ce n'est que d'un cran).

ANNEXE 7 : Documents et liens utiles

Gouvernement fédéral

- Explication en matière d'aération et de climat intérieur
- Législation : voir le Code sur le bien-être au travail, livre III, titre I, art. 34 et suivants.
- Directive pratique "Qualité de l'air intérieur dans les locaux de travail"
- Conseil supérieur de la santé : Avis 9616 – Ventilation et la transmission de SARS-CoV-2 | SPF Santé publique (belgium.be)

Région flamande

Les liens suivants offrent un aperçu des connaissances, des recommandations, du matériel de sensibilisation, des directives techniques, des protocoles et des procédures disponibles en Flandre :

- documents de base adaptés aux besoins des différents secteurs et domaines de compétence :
  - https://www.zorg-en-gezondheid.be/binnenmilieu
  - Maatregelen voor een gezond binnenmilieu tijdens corona-epidemie – Zorg en Gezondheid (zorg-en-gezondheid.be)
  - https://www.zorg-en-gezondheid.be/binnenmilieu-in-wzc
  - documents plus spécifiques :
    - Luchtzuiveringstoestellen voor de beperking van airborne transmissie van COVID-19
    - Algemene maatregelen m.b.t. ventileren en verluchten tijdens corona
    - CO_2 als indicator voor COVID-19-risico
    - Tips voor een goede CO_2-meter
    - Ventileren, verluchten en CO_2-meting in publiek toegankelijke gebouwen
    - Standpunt CO_2-concentratie t.a.v. HGR-advies 9616
- enseignement :
  - Coronamaatregelen: verlucht en ventileer voldoende je lokalen - Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming (vlaanderen.be)
  - https://www.zorg-en-gezondheid.be/binnenmilieu-op-school
- environnement : Bouw gezond - Departement Omgeving (vlaanderen.be)
- Sport Vlaanderen :
  - Wat zijn de maatregelen als je wil sporten? | Sport Vlaanderen
  - basisprotocol-sport.pdf
- gestion des installations techniques :
  - Veilige werkomgeving bij coronamaatregelen: Gebouwen en installaties | Vlaanderen Intern
- jeunesse et culture (protocoles de base) :
  - Protocollen | Departement Cultuur, Jeugd & Media (vlaanderen.be)
- purification de l'air : https://www.zorg-en-gezondheid.be/sites/default/files/atoms/files/Adviesvraag%20luchtzuivering-AZG-VITO_20201204.pdf

Communauté germanophone

- https://beschaeftigung.belgien.be/sites/default/files/content/documents/Coronavirus/AllgemeinerLeitfaden.pdf
- https://beschaeftigung.belgien.be/de/themen/coronavirus/sicheres-arbeiten-waehrend-der-coronavirus-krise-allgemeiner-leitfaden

- Bildung und Kinderbetreuung:
    - http://www.ostbelgienbildung.be/PortalData/21/Resources/downloads/coronavirus/20210324_Rundschreiben_Covid19_Bildung_und_Kinderbetreuug.pdf
- Jugend:
    - https://www.ostbelgienlive.be/PortalData/2/Resources/downloads/gesundheit/coronavirus/20210329_Rundschreiben_Jugendprotokoll.pdf
- Sport:
    - https://www.ostbelgienlive.be/PortalData/2/Resources/downloads/gesundheit/coronavirus/20210322_20210324Protokoll_Sport_DG.pdf
- Kultur:
    - https://www.ostbelgienlive.be/PortalData/2/Resources/downloads/gesundheit/coronavirus/RS_Kulturprotokoll_30112020.pdf

Documents de secteurs spécifiques

- Schoolventilatiegids in tijden van COVID-19, Agoria

Liens internationaux

- Le SCOEH (Centre suisse de santé au travail et de l'environnement) a mis au point un outil permettant de simuler rapidement l'exposition au virus dans différents scénarios d'intérieur. Vous pouvez télécharger l'outil ici gratuitement. Vous trouverez plus d'informations à ce sujet sur le site du SCOEH.
- HSE (UK): Ventilation and air conditioning during the coronavirus pandemic
- https://ieq-ga.net/covid-19/information-center
- https://www.aivc.org/resources/faqs
- https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance/rehva-covid-19-guidance

ANNEXE 8 : Symboles, unités et définitions

- **N_{900}** : taux d'occupation nominal qui peut être maintenu en permanence si la valeur cible de la concentration en CO_2 est de 900 ppm (500 ppm au-dessus de la concentration extérieure)
- **N_{1200}** : taux d'occupation nominal utilisé dans le cadre du Code sur le bien-être au travail pour les situations où la valeur limite de la concentration en CO2 est de 1200 ppm
- **N_{eff}**: taux d'occupation effectif d'un local
- **Q_{mech}** : débit d'air neuf de la ventilation mécanique (m^3/h)
- **A_{ouvert}** : surface nette des baies entre le local et l'environnement extérieur (m^2)
    - fenêtres à ouverture classique : longueur * largeur
    - fenêtres oscillobattantes, vasistas, ... : dimensions nettes des ouvertures
    - en présence d'une moustiquaire : seuls 50 % de la surface sont à prendre en compte
    - baies munies de persiennes : se référer aux informations du produit
- **H_{ouvert}** : hauteur nette de la partie ouvrante d'une fenêtre ou d'une baie (m)
- **MET** : indicateur de l'activité métabolique (équivalent métabolique)
- **Activité calme** : activité correspondant à une valeur MET de 1,2
- **Ventilation naturelle** : toute forme de ventilation qui ne fait pas appel à la ventilation mécanique (infiltration, grilles de ventilation, ouverture des portes et des fenêtres)
- **Mesure permanente de la concentration en CO_2** : mesure de la concentration en CO_2 effectuée en continu dans un local
- **Mesure aléatoire de la concentration en CO_2** : mesure de la concentration en CO_2 effectuée seulement pendant certaines périodes. Il peut s'agir de courtes périodes pour des mesures instantanées ou de mesures réalisées sur une ou plusieurs journées
- **CADR** : *Clean Air Delivery Rate* (traduisez débit d'air propre) d'un dispositif de purification de l'air. Le CADR indique, pour un certain polluant (généralement des particules fines), le débit d'air purifié que l'appareil insuffle. Il correspond au débit d'air extérieur (en m^3/h) qui serait nécessaire pour éliminer la même quantité de polluants que le purificateur d'air.