

Bilan aéraulique des chantiers de désamiantage

Indications et explications concernant le calcul du bilan aéraulique dans les zones d'assainissement d'amiante selon la Directive CFST n° 6503 « Amiante » et les recommandations de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS, France)

Version 4.2, 19 octobre 2015

La méthode décrite dans le présent document permet de calculer les flux d'air pour ensuite planifier un projet de désamiantage. Elle est basée sur le procédé recommandé par l'INRS (Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles, cf. Cahiers de notes documentaires – Hygiène et sécurité du travail - N° 181, 4^{ème} trimestre 2000) et en représente une variante simplifiée.

© 2015, Picadus, Simon Schneebeli



Introduction

Dans une zone d'assainissement, l'air doit être renouvelé six à huit fois minimum par heure (cf. Directive CFST, art. 7.4.7).

Prenons l'exemple d'une salle de bain où il s'agit d'assainir la colle de carrelage. Le local est d'un volume de $3 \times 4 \times 2,5 = 30 \text{ m}^3$. L'extracteur doit donc théoriquement être d'une puissance minimale de $30 \text{ m}^3 \times 6 = 180 \text{ m}^3/\text{h}$.

Dans la plupart de cas, ce sont des extracteurs de 1'000 à 2'000 m^3/h qui sont utilisés. On a alors une capacité largement suffisante.

Lorsque les zones d'assainissement sont plus grandes, on a cependant souvent moins de marge. Il est alors important de bien calculer les besoins.

La présente méthode permet de calculer ces besoins en sept étapes. La méthode s'inspire Le procédé décrit ici représente une version simplifiée de celle recommandée par l'INRS (cf. INRS, Cahier de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail, N° 181, 4^e trimestre 2000):

- Etape 1 : Mesurer la zone d'assainissement
- Etape 2 : Calculer le renouvellement d'air
- Etape 3 : Calculer le nombre d'extracteurs
- Etape 4 : Entrées d'air maîtrisées
 - par les sas
 - par les entrées de compensation
- Etape 5 : Entrées d'air non maîtrisées (fuites)
- Etape 6 : Vérifier le nombre d'extracteurs
- Etape 7 : Plan

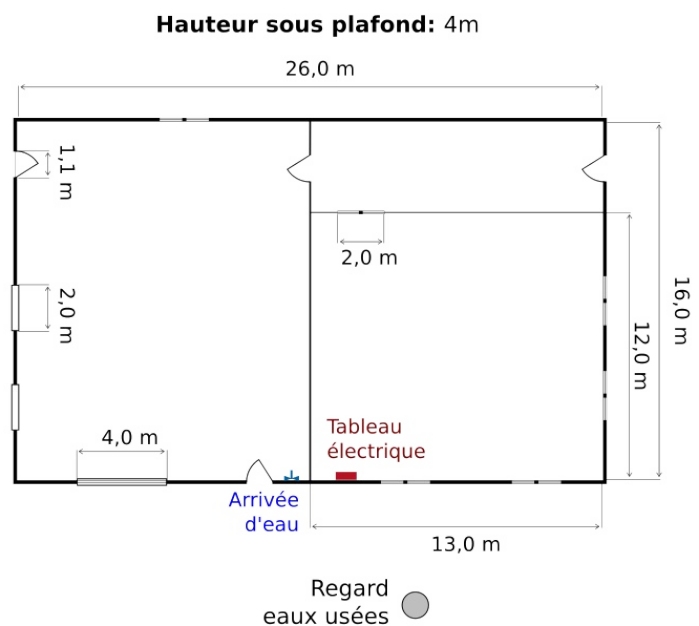


Fig. 1: Plan du bâtiment à l'échelle

Etape 1 : Mesurer la zone d'assainissement

Afin de pouvoir dresser un bilan aéraulique, un plan indiquant, du moins approximativement, les dimensions des espaces à assainir doit être établi. La figure 1 représente un exemple.

Diviser l'espace en zones élémentaires

Lors qu'il s'agit de zones complexes, les calculs relatifs au bilan aéraulique doivent être réalisés individuellement pour chacune des « zones élémentaires » afin d'assurer une aération efficace de tous les secteurs.

La figure 2 schématise les zones élémentaires et indique leurs volumes.

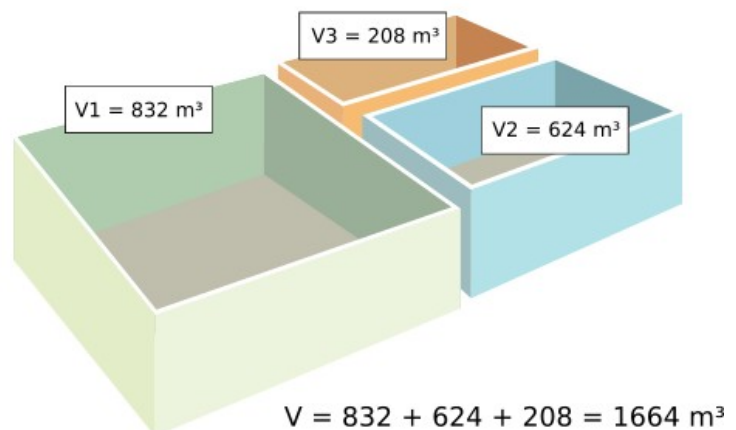


Fig. 2: Volumes des zones élémentaires

Etape 2 : Calculer le renouvellement d'air

Afin de limiter la concentration de fibres d'amiante contenues dans l'air de la zone, le renouvellement régulier de l'air est impératif. La Directive CFST exige (cf. article 7.4.7) :

Durant les travaux, la zone d'assainissement doit être ventilée de façon uniforme et efficace, en assurant au moins six à huit renouvellements d'air par heure.

Le volume d'air nécessaire se calcule en multipliant le volume de la zone par le nombre de renouvellements d'air (6 dans l'exemple).

En pratique et surtout pour les petites zones, on prévoit souvent de renouveler l'air à 10 reprises par heure ou plus.

Le tableau suivant indique le volume d'air nécessaire :

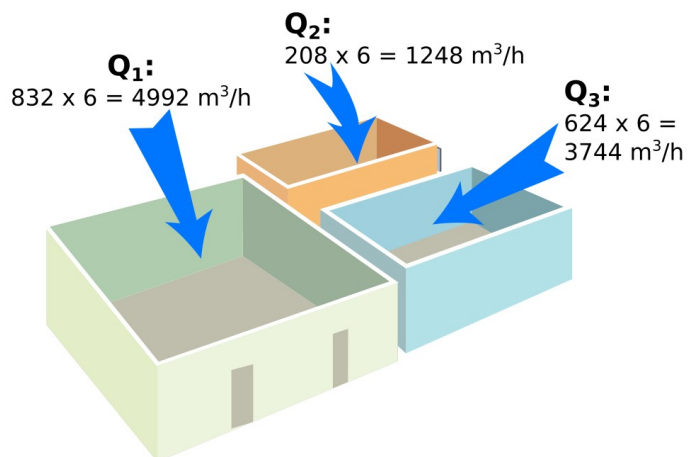


Fig. 3: Renouvellement d'air à assurer dans chacune des zones élémentaires

| | Longueur [m] | Largeur [m] | Hauteur [m] | Vol. [m ³] | Renouv. d'air | Volume d'air [m ³ /h] |
|----------------------|--------------|-------------|-------------|------------------------|---------------|----------------------------------|
| Zone élémentaire 1 | 13 | 16 | 4 | 832 | 6 | 4'992 |
| Zone élémentaire 2 | 13 | 12 | 4 | 624 | 6 | 3'744 |
| Zone élémentaire 3 | 13 | 4 | 4 | 208 | 6 | 1'248 |
| Total | | | | | | 9'984 |
| Total arrondi | | | | | | 10'000 |

Etape 3 : Calculer le nombre d'extracteurs

Le nombre d'extracteurs doit être suffisant pour couvrir entièrement les besoins en air neuf. Il est impératif de respecter les deux points suivants :

- **Puissance réelle des extracteurs :** La puissance des extracteurs peut diminuer de 30 % en fonction de l'encrassement progressif des filtres. Pour le calcul du bilan aéraulique, il est donc important de prendre en considération le fait que la puissance est réduite de 15 % en moyenne par rapport à la puissance nominale. Prenons l'exemple d'un chantier où on utilise des extracteurs d'une puissance nominale de 2'000 m³/h. Cette puissance diminue de 15 % selon l'état des filtres. La puissance réelle avec laquelle il faut alors compter est de 1'700 m³/h.

$$\frac{10'000}{1'700} = 5,88 \text{ d.h. } 6 \text{ extracteurs}$$

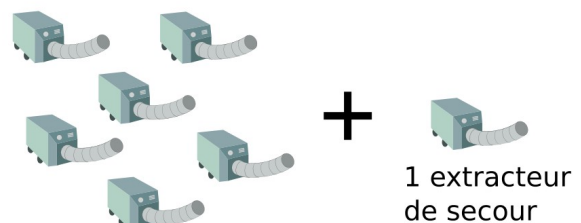


Fig. 4: Calcul du nombre d'extracteurs

- **Extracteur de secours :** Quand un extracteur tombe en panne ou que son filtre doit être remplacé, il est impératif de pouvoir maintenir la dépression grâce à un extracteur de secours. En ce qui concerne les chantiers difficiles, les exigences prévoient (de manière systématique dans le canton de Genève) qu'un extracteur de secours s'enclenche automatiquement en cas de chute de la dépression. Si on préfère renoncer à un tel équipement, il est admissible, temporairement, que la pression chute en dessous de la barre de 20 Pa (jusqu'à 10 Pa). Dans ce cas-là, les travaux doivent être interrompus.

Le tableau suivant indique le nombre nécessaire d'extracteurs :

| Puissance nominale extracteur [m ³ /h] | Puissance réelle [m ³ /h] | Puissance nécessaire selon étape 2 [m ³ /h] | Nombre d'extracteurs | Nombre arrondi d'extracteurs | Avec extracteur de secours | Puissance minimale (sans extracteur de secours) [m ³ /h] |
|---|--------------------------------------|--|----------------------|------------------------------|----------------------------|---|
| 2 000 | 1 700 | 10 000 | 5,88 | 6 | 7 | 10 200 |

Etape 4 : Entrées d'air maîtrisées

Pour garantir un renouvellement d'air suffisant, l'adduction d'air neuf doit être assurée. L'air atteint la zone d'assainissement par les entrées suivantes :

- les sas (pour le personnel ou, le cas échéant, le matériel)
- les entrées d'air de compensation (orifices servant uniquement à l'adduction d'air)

Adduction d'air par les sas

La Directive CFST exige qu'à l'intérieur des sas, l'air soit renouvelé dix fois par heure (article 7.4.5)¹.

Les sas d'un volume d'environ 2 m³ permettent donc un renouvellement d'air d'au moins 20 m³/h. Par contre, en pratique, le renouvellement d'air s'avère en général nettement supérieur :

- sas personnel : 300 à 400 m³/h
- sas matériel : 2'000 à 4'000 m³/h

Dans l'exemple ci-dessus, on calcule avec une adduction d'air de 400 m³/h par le sas personnel et de 3'000 m³/h par le sas matériel.

Attention : En cas d'utilisation de sas à compartiment unique, l'afflux d'air sera plus important (environ 600 m³/h). Inversement le flux d'air sera plus petit lors de l'utilisation de sas à 4 voire 5 compartiments.

Adduction par les entrées d'air de compensation

Puisque l'adduction d'air par les sas n'est pas suffisante pour couvrir les besoins, des orifices supplémentaires, appelés « entrées d'air de compensation », doivent être prévus. Pour l'exemple donné, il faut prévoir les entrées suivantes :

| | Adduction d'air nécessaire [m ³ /h] | Adduction d'air sas [m ³ /h] | Adduction par les entrées d'air [m ³ /h] | Capacité par entrée d'air [m ³ /h] | Nombre d'entrées d'air de compensation | Capacité des entrées d'air [m ³ /h] |
|--------------------|--|---|---|---|--|--|
| Zone élémentaire 1 | 4 992 | 400 + 3000 | 1 592 | 1 000 | 2 | 2000 |
| Zone élémentaire 2 | 3 744 | 0 | 3 744 | 1 000 | 4 | 4000 |
| Zone élémentaire 3 | 1 248 | 0 | 1 248 | 1 000 | 2 | 2000 |

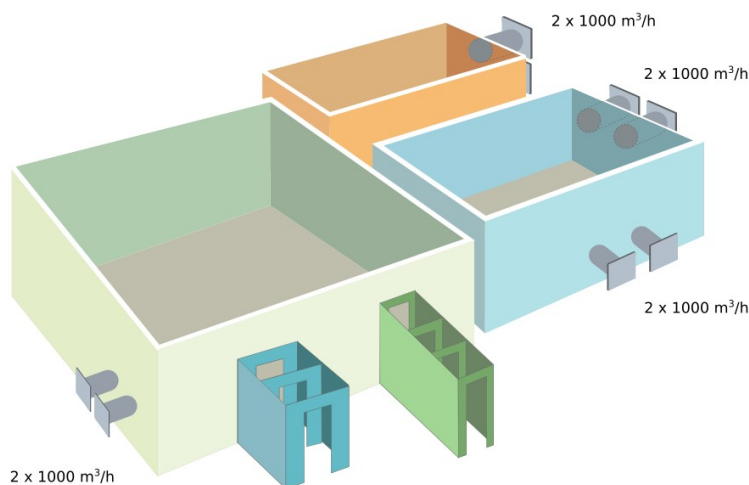


Fig. 6 : Nombre d'entrées d'air de compensation nécessaire pour assurer une adduction suffisante (en admettant un débit de 1000 m³/h par entrée).

Certains constructeurs fournissent des indications utiles à ce sujet. Il faut cependant se baser souvent sur ses propres expériences.

¹ Le Canton de Genève exige que l'air soit renouvelé au moins 1 à 2 fois par minute, donc 60 à 120 fois par heure. Cf. Interprétation et compléments à la Directive CFST 6503, mai 2005, www.genève.ch/steb.

Etape 5 : Entrées d'air non maîtrisées (fuites)

Un confinement n'est jamais étanche à 100 %.

Important : Au début des travaux, le débit d'air entrant par les fuites est généralement faible. Il risque cependant de prendre de l'ampleur p. ex. lorsque'on retire des carrelages ou autres revêtements d'une surface poreuse (mur en brique, bois, etc.).

Le débit d'air entrant par les fuites ne peut être quantifié que par estimation approximative. Les valeurs indiquées dans le graphique ci-contre résultent des mesures de l'INRS. Pour simplifier, on peut se baser sur les valeurs suivantes :

- **Petite zone (< 100 m³) :** 1 à 6 fois le volume de la zone par heure
- **Grande zone (> 100 m³) :**
 - installation simple : 200 à 500 m³/h (ligne bleue ci-contre)
 - installation complexe : 3 à 6 fois le volume de la zone par heure

Lorsqu'au début d'un assainissement, les orifices propres à la structure locale ne peuvent pas être fermés (cf. graphique ci-contre, type 4), il est admissible de les considérer comme entrées d'air de compensation, et alors de ne pas les compter parmi les entrées d'air non maîtrisées.

Dans l'exemple donné où l'installation du confinement s'avère difficile, il convient, selon la courbe rouge du graphique, d'estimer à 7'000 m³/h le débit d'air non maîtrisé. Cela signifie que le volume d'air affluant de cette manière correspond à quatre fois le volume du local.

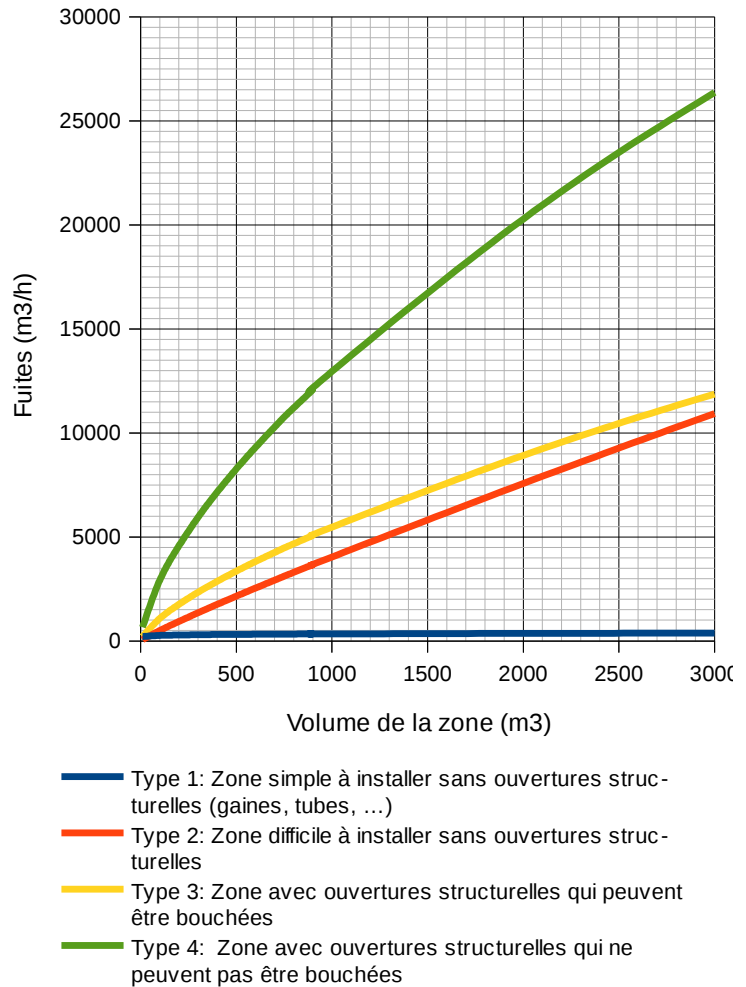


Fig. 7: Graphique pour le calcul des entrées d'air non maîtrisées, basé sur des expériences type (source: INRS, Cahier de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail, N° 181, 4^{ème} trimestre 2000).

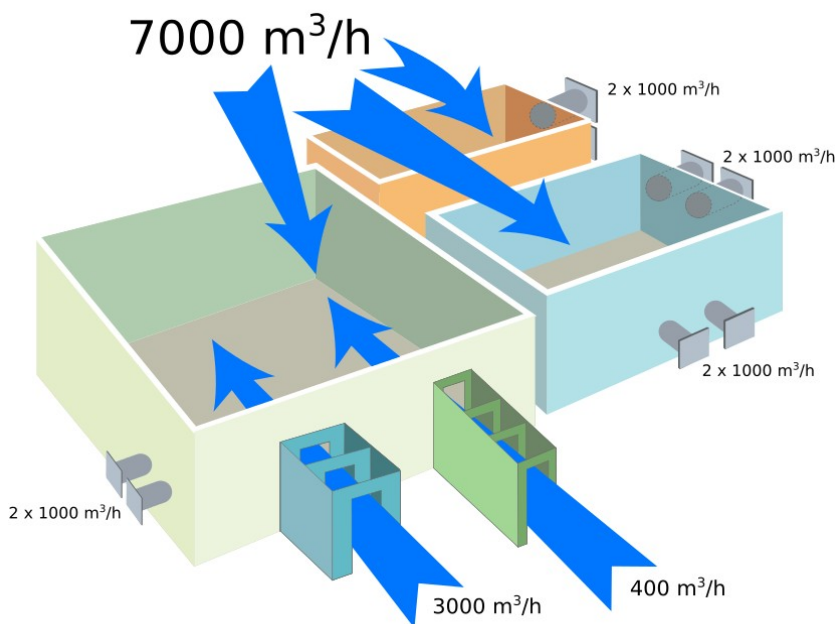


Fig. 8: Débit d'air entrant par les fuites. Avec une étanchéité du type 2 et un volume de 1'664 m³/h, on estime le flux d'air non maîtrisé à 7'000 m³/h. Vient s'y ajouter l'afflux obligatoire par les sas et les entrées d'air de compensation.

Etape 6 : Vérifier le nombre d'extracteurs

Cette étape consiste à vérifier la puissance des extracteurs qui doit être suffisante pour maintenir la dépression malgré les fuites.

Il appartient alors au spécialiste de prendre une décision importante : La question est de savoir si on pourrait les considérer ou non une partie des entrées d'air non contrôlées comme entrées maîtrisées (= entrées d'air de compensation). A condition que le renouvellement d'air soit assuré dans chacune des zones élémentaires, il est admissible de fermer une partie des entrées d'air de compensation (nous recommandons de se limiter à 50 % au maximum).

Dans l'exemple donné, l'origine des entrées d'air non maîtrisées est incertaine. Même si on ne peut pas être sûr que le renouvellement d'air est assuré dans toutes les zones élémentaires, il semble admissible de fermer quelques-unes des entrées de compensation, surtout dans la zone élémentaire 1 où se trouvent les extracteurs et les sas.

Pour pouvoir vérifier la puissance des extracteurs, on considère donc comme opportun de fermer la moitié des entrées d'air de compensation dans chaque zone élémentaire.

| | Extracteur à 2000 m ³ /h | Remarques |
|---|-------------------------------------|---|
| Puissance des extracteurs calculée | 10 200 | à calculer en considérant l'encrassement partiel du filtre mais sans considérer l'extracteur de secours |
| Entrées d'air par les sas | 3 400 | selon l'étape 4 |
| Entrées d'air de compensation | 4 000 | selon l'étape 5 : 50 % des entrées d'air de compensation |
| Entrées d'air non maîtrisées | 7 000 | selon l'étape 6 |
| Total de la puissance de secours | -4 200 | |

Il en résulte le besoin de 3 extracteurs supplémentaires d'une puissance de 2'000 m³/h chacun (soit d'une puissance réelle de 1'700 m³/h). Le nombre total s'élève à 9 extracteurs (+1 de secours).

| Puissance nominale par extracteur [m ³ /h] | Puissance réelle extracteur [m ³ /h] | Nombre d'extracteurs | Avec extracteur de secours | Puissance minimale (sans extracteur de secours) [m ³ /h] | Puissance maximale (nouveaux filtres, avec extr. de secours [m ³ /h] |
|---|---|----------------------|----------------------------|---|---|
| 2 000 | 1 700 | 9 | 10 | 15 300 | 20 000 |

Au total, les flux d'air se présentent de la manière suivante :

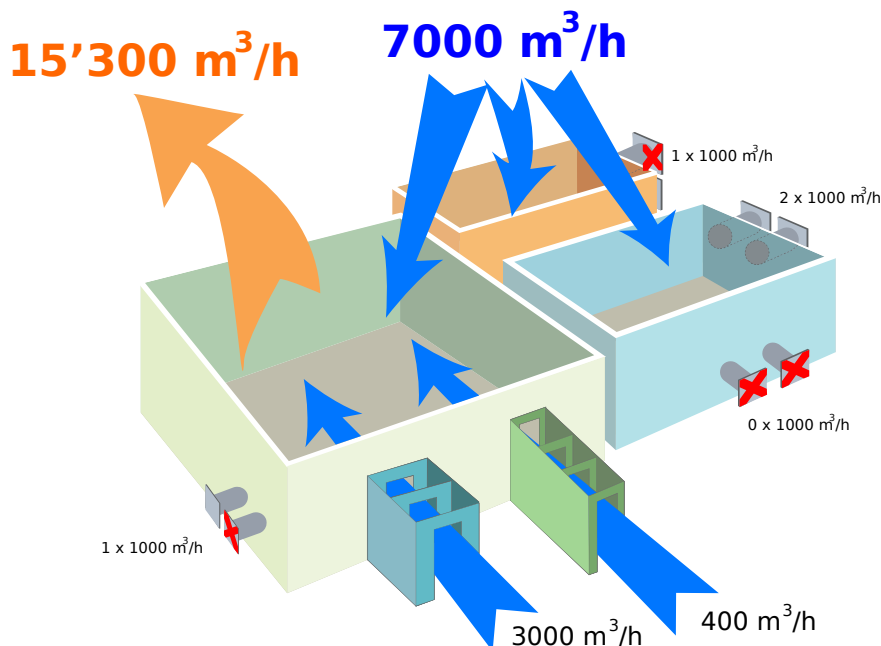


Fig. 9: Flux d'air dans la zone d'assainissement.

Afin d'assurer un renouvellement d'air à 6 reprises par heure, les extracteurs doivent tourner en permanence.

Vu l'importance des entrées d'air non maîtrisées, une partie des entrées de compensation peut être fermée.

A noter que, dans un cas pareil, on choisira de préférence des extracteurs plus puissants (p. ex. 5'000 m³/h) afin d'en réduire le nombre.

Etape 7 : Plan

Tous les appareils nécessaires doivent finalement figurer sur un plan.

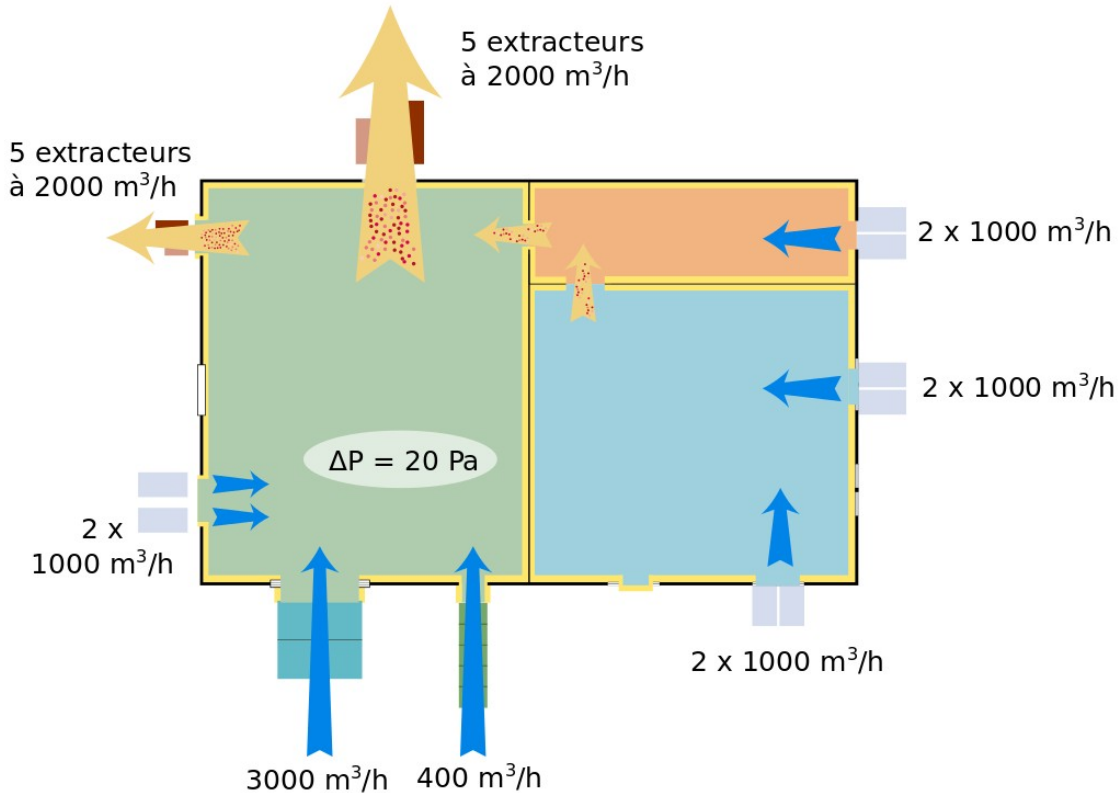


Fig. 10: Plan complet

Remarques

Gaines

En cas d'utilisation de gaines d'extraction ou de rejet de l'air, il est important de prendre en considération le fait qu'elles entraînent une diminution de la capacité d'extraction (due à la résistance à l'intérieur des gaines).

Nombre d'extracteurs nécessaires

Si un chantier dispose d'un nombre restreint d'extracteurs, la défaillance d'un appareil à lui seul peut avoir pour conséquence la chute de dépression en dessous de la barre critique de 10 Pa et l'interruption obligatoire des travaux. Il est donc préférable d'utiliser plusieurs extracteurs de puissance moindre, plutôt qu'un seul de puissance suffisante (cf. figure 11 ci-contre).

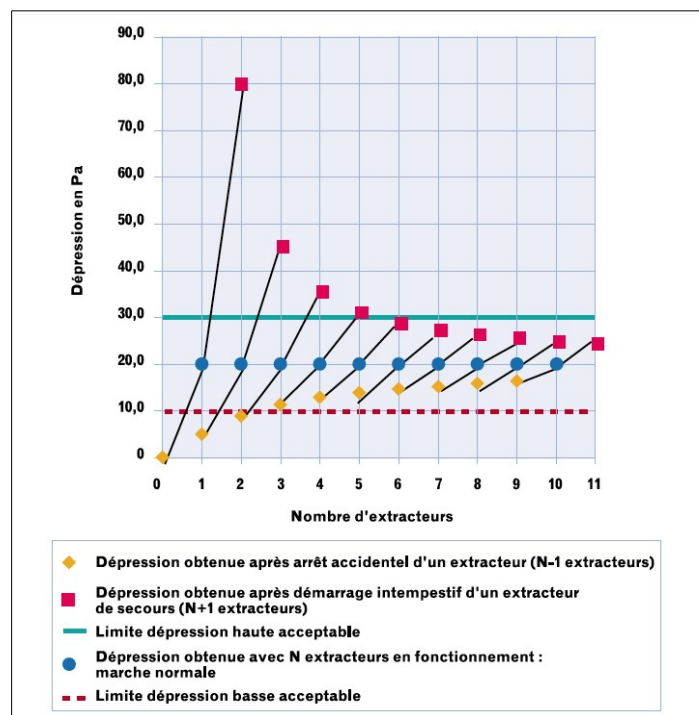


Fig. 11: Corrélation entre dépression et nombre d'extracteurs : Si on utilise p. ex. deux extracteurs et que l'un d'eux tombe en panne, la dépression chute alors à env. 6 Pa. Si, au contraire, on met en route un appareil de plus, la dépression augmente à 46 Pa et risque d'abîmer l'étanchement (Source: INRS, Cahier de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail, N° 181, 4^{ème} trimestre 2000).

Vue d'ensemble des 6 étapes

Le tableau suivant résume le calcul du bilan aéralique sur une seule page.

| 1. Volume de la zone à assainir | | | | | |
|---------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|
| | longueur [m] | largeur [m] | hauteur [m] | volume | |
| Zone élémentaire 1 | 13 | 16 | 4 | 832 | m ³ |
| Zone élémentaire 2 | 13 | 12 | 4 | 624 | m ³ |
| Zone élémentaire 3 | 13 | 4 | 4 | 208 | m ³ |
| Zone élémentaire 4 | | | | 0 | m ³ |
| TOTAL | | | | 1664 | m³ |

| 2. Renouvellement d'air | |
|--|--------------------------------------|
| Niveau de danger ordinaire | Renouvellement d'air 6 fois minimum |
| Assainissement complexe | Renouvellement d'air 8 fois minimum |
| Zone restreinte, sas à compartiment unique | Renouvellement d'air 10 fois minimum |
| Taux de renouvellement choisi | 6 |

| 3. Nombre d'extracteurs | | | | |
|--|--------------------|------------------|--------------------|------------------------------|
| Puissance nécessaire | | | | 9984 m ³ /h |
| | Puissance nominale | Puissance réelle | Nombre d'appareils | Puissance |
| Appareil de type 1 | 1000 | 850 | 0 | 0 m ³ /h |
| Appareil de type 2 | 2000 | 1700 | 6 | 10200 m ³ /h |
| Appareil de type 3 | 5000 | 4250 | 0 | 0 m ³ /h |
| Appareil de type 4 | 10000 | 8500 | 0 | 0 m ³ /h |
| Extracteur de secours | 2000 | 1700 | 1 | 1700 m ³ /h |
| Puissance totale (sans extracteur de secours) | | | | 10200 m³/h |

| 4a. Entrées d'air par les sas | | | |
|--|----------|--------|------------------------|
| | Capacité | Nombre | |
| Sas personnel <small>(normalement: ~300 à 400 m³/h)</small> | 400 | 1 | 400 m ³ /h |
| Sas matériel <small>(normalement: ~2000 à 4000 m³/h)</small> | 3000 | 1 | 3000 m ³ /h |

Pour la suite des calculs, on suppose l'intégration des sas dans la zone élémentaire 1.

| 4b. Entrées d'air de compensation | | | | |
|------------------------------------|--------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| | Besoin | Débit par orifice | Nombre d'orifices | Entrées d'air maîtrisées |
| Zone élémentaire 1 (sas) | 1592 | 1000 | 2 | 2000 m ³ /h |
| Zone élémentaire 2 | 3744 | 1000 | 4 | 4000 m ³ /h |
| Zone élémentaire 3 | 1248 | 1000 | 2 | 2000 m ³ /h |
| Zone élémentaire 4 | 0 | 1000 | 0 | 0 m ³ /h |
| Total des entrées d'air maîtrisées | | | | 8000 m ³ /h |
| Total du nombre d'orifices | | | | 8 |

| 5. Débit d'air entrant par les fuites | |
|---|------------------------|
| Volume du local multiplié par 0,5 à 6,0 selon la zone | 4 |
| Total débit fuites (volume du local multiplié par le chiffre ci-dessus) | 6656 m ³ /h |

| 6. Vérifier la puissance des extracteurs | | | | |
|---|--------------------|------------------|--------------------|-------------------------|
| La puissance d'extraction s'accorde au total des afflux d'air par les sas, les fuites et (en partie) les autres orifices. | | | | |
| Quote-part des entrées d'air à fermer (maximum 0,5) | | | | 0.5 |
| Puissance de l'extracteur de secours | | | | -3856 m ³ /h |
| | Puissance nominale | Puissance réelle | Nombre d'appareils | |
| Extracteurs en sus | 2000 | 1700 | 3 | 5100 m ³ /h |
| Total puissance extracteurs (réelle, sans extracteur de secours) | | | | 15300 m ³ /h |

| Renouvellement d'air avant la levée du confinement | |
|--|--------|
| Avant de lever le confinement, l'air doit être renouvelé au minimum 100 fois. Ceci prend le nombre d'heures suivant: | 10.9 h |

Tableau pour le calcul du bilan aéralique, version 4, mars 2015. Téléchargement sur www.pollubatz.ch.