

Enceintes ventilées

Synthèse à l'usage des services de santé au travail

EN
RÉSUMÉ

AUTEUR :

C. David, département Expertise et conseil technique, INRS

Après l'évaluation des risques professionnels faite par l'employeur, le service de santé au travail (SST) a un rôle essentiel en matière de conseil sur les mesures de prévention à mettre en place dans les entreprises. Dans les laboratoires d'analyse, les laboratoires de recherche, la fabrication ou la reconstitution de médicaments cytotoxiques, l'assemblage de pièces électroniques..., l'utilisation d'enceintes ventilées peut être nécessaire. En fonction des caractéristiques propres à chacune d'entre elles, le SST pourra adapter au mieux ses recommandations en matière de prévention des risques chimiques et biologiques en fonction de la situation de travail concernée.

MOTS CLÉS

Ventilation / évaluation des risques / laboratoire / laboratoire de recherche / local de travail / protection collective

Après l'évaluation des risques faite par l'employeur, le service de santé au travail (SST) doit recommander des mesures de prévention adaptées. Selon l'activité professionnelle, il peut être nécessaire de protéger l'opérateur, l'environnement, mais aussi le produit, contre des émanations de produits chimiques dangereux, des agents biologiques pathogènes... Dans certains milieux professionnels (laboratoires d'analyse, laboratoires de recherche, fabrication ou reconstitution de médicaments cytotoxiques, assemblage de pièces électroniques...), il est indispensable alors d'utiliser des enceintes ventilées. Mais quelle enceinte ventilée choisir pour ces différentes situations ?

Afin d'aider les SST dans leur mission de conseil, cet article fait le point sur le fonctionnement des différentes enceintes ventilées et le rôle de chacune d'entre elles : pour protéger qui/quoi et contre quoi ?

Les enceintes ventilées sont des enceintes closes dans lesquelles pénètre un flux d'air. L'air pollué extrait des enceintes est soit recy-

clé dans le local après filtration, soit rejeté, si possible après traitement, à l'extérieur du bâtiment, loin des prises d'air neuf.

Selon leur conception, les enceintes répondent à différents objectifs de protection :

PROTÉGER QUI/QUOI ?

- l'opérateur, des polluants situés dans l'enceinte ;
- l'environnement, des polluants situés dans l'enceinte ;
- le produit, des polluants extérieurs à l'enceinte.

PROTÉGER CONTRE QUOI ?

- les aérosols et projections d'agents biologiques ;
- les vapeurs, aérosols et projections d'agents chimiques.

Parmi les enceintes, on distingue les postes de sécurité microbiologique (PSM), les postes de sécurité cytotoxique (PSC), les sorbonnes, les postes pour macroscopie et les isolateurs. Les termes « boîte à gants » et « hotte » possèdent une signification différente selon le secteur professionnel concerné et ne permettent pas d'identifier précisément les fonctions de l'enceinte ventilée.

Enceintes ventilées

Quel type pour quel usage ?

LES POSTES DE SÉCURITÉ MICROBIOLOGIQUE

Les postes de sécurité microbiologique (PSM) sont conçus pour prévenir la dispersion des agents biologiques [1]. Il en existe trois types (I, II, III) qui peuvent s'utiliser indifféremment dans les salles techniques de niveau de confinement 1, 2, 3 ou 4^a.

Les PSM sont définis par la norme NF EN 12469 homologuée^b « *Bio-technologies – Critères de performance pour les postes de sécurité microbiologique* » [2]. Il existe également une marque NF-PSM qui s'applique uniquement aux PSM de type II. Sa présence garantit la conformité aux spécifications de la norme NF EN 12469 et aux exigences complémentaires du règlement de la marque NF.

PSM DE TYPE I

L'air du local est aspiré par l'ouverture frontale et traverse le volume de travail. L'air est ensuite extrait après filtration à très haute efficacité. L'écoulement d'air entrant s'oppose à la sortie des aérosols d'agents biologiques vers l'opérateur et la vitre frontale baissée protège l'opérateur des projections. L'air du local entrant dans le volume de travail, la protection des produits manipulés n'est pas assurée (figure 1).

PSM DE TYPE II

L'air du local est aspiré par l'ouverture frontale et passe sous le plan de travail par des orifices placés près de l'ouverture. Cette aspiration empêche la sortie des aérosols d'agents biologiques vers l'opérateur, qui est également protégé des projections grâce à la vitre frontale baissée. L'air est aspiré à l'arrière de l'enceinte vers le haut du PSM d'où

a. Confinements définis par l'arrêté du 16 juillet 2007 fixant les mesures techniques de prévention, notamment de confinement, à mettre en œuvre dans les laboratoires de recherche, d'enseignement, d'analyses, d'anatomie et cytologie pathologique, les salles d'autopsie et les établissements industriels et agricoles où les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des agents biologiques pathogènes.

b. Norme homologuée : norme officialisée par les pouvoirs publics, servant de référence notamment pour la réglementation, les marchés publics, la marque NF associée.

c. Contamination croisée : contamination biologique ou chimique d'un matériel ou d'un produit provenant d'un autre matériel ou produit situé dans l'enceinte.

une partie est rejetée après filtration à très haute efficacité. L'autre partie de l'air est soufflée verticalement dans l'enceinte après filtration à très haute efficacité. Le flux unidirectionnel descendant d'air propre protège le produit et limite la contamination croisée^c (figure 2).

PSM DE TYPE III

L'enceinte en dépression ne comporte pas d'ouverture directe vers le local. L'opérateur accède au plan de travail au moyen de gants protecteurs fixés à l'enceinte. L'air aspiré dans le local traverse un filtre anti-aérosols à haute efficacité, circule dans le volume de travail, puis est extrait après une nouvelle filtration à très haute efficacité. L'air propre entrant protège le produit des contaminations extérieures, mais le flux d'air turbulent ne protège pas le produit des contaminations croisées (figure 3).

LES POSTES DE SÉCURITÉ CYTOTOXIQUE

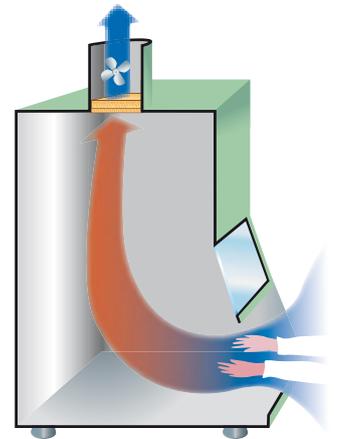
Les postes de sécurité cytotoxique (PSC) sont conçus pour prévenir la dispersion des agents chimiques et protéger le produit contre les agents biologiques [1].

Il n'existe pas de norme spécifique pour les postes de sécurité cytotoxique.

L'air du local est aspiré par l'ouverture frontale et passe sous le plan de travail par des orifices placés près de l'ouverture. Cette aspiration empêche la sortie des aérosols et vapeurs de polluants vers l'opérateur, qui est également protégé des projections grâce à la vitre frontale baissée. L'air arrivant sous le plan de travail passe à travers un filtre anti-aérosols à haute efficacité, avant d'être aspiré à l'arrière

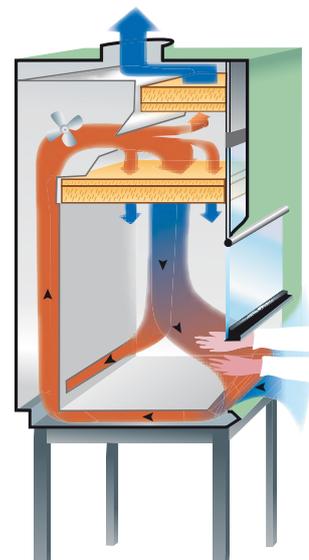
↓ Figure 1 (d'après [3])

Principe de fonctionnement d'un PSM de type I.



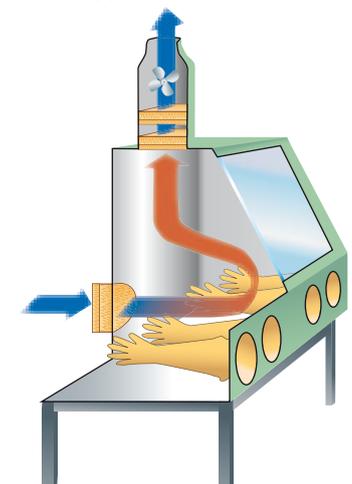
↓ Figure 2 (d'après [3])

Principe de fonctionnement d'un PSM de type II.



↓ Figure 3 (d'après [3])

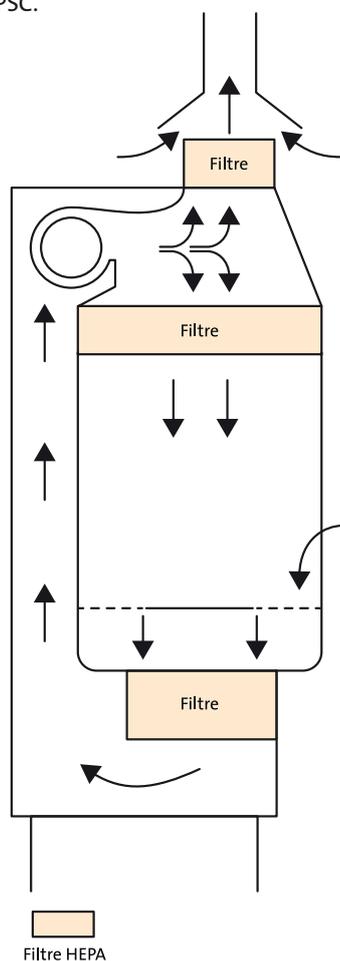
Principe de fonctionnement d'un PSM de type III.



de l'enceinte vers le haut du PSC. À ce niveau, une partie de l'air est rejetée hors du PSC après filtration anti-aérosols à haute efficacité. En raison de la toxicité des substances manipulées et des limites des dispositifs d'épuration et de contrôle d'efficacité, l'air extrait du PSC est rejeté à l'extérieur du bâtiment, loin des prises d'air neuf. L'autre partie de l'air est soufflée verticalement dans l'enceinte après filtration anti-aérosols à très haute efficacité. Le flux unidirectionnel descendant d'air propre protège le produit et limite la contamination croisée (figure 4).

↓ Figure 4 (d'après [1])

Principe de fonctionnement d'un PSC.



LES SORBONNES

Les sorbonnes sont conçues pour prévenir la dispersion des agents chimiques.

Les normes NF EN 14175-1 à 14175-7 décrivent les sorbonnes, notamment la norme NF EN 14175-2 homologuée « Sorbonnes - Exigences de sécurité et performances » [4].

L'air du local est aspiré par l'ouverture frontale et traverse le volume de travail. L'air passe par des fentes situées à l'opposé de l'ouverture, puis est extrait de l'enceinte pour être rejeté à l'extérieur du bâtiment, loin des prises d'air neuf et préférentiellement, après traitement des polluants chimiques. L'écoulement d'air entrant s'oppose à la sortie des aérosols et vapeurs chimiques vers l'opérateur et la vitre frontale baissée protège l'opérateur des projections (figure 5).

LES POSTES DE MACROSCOPIE

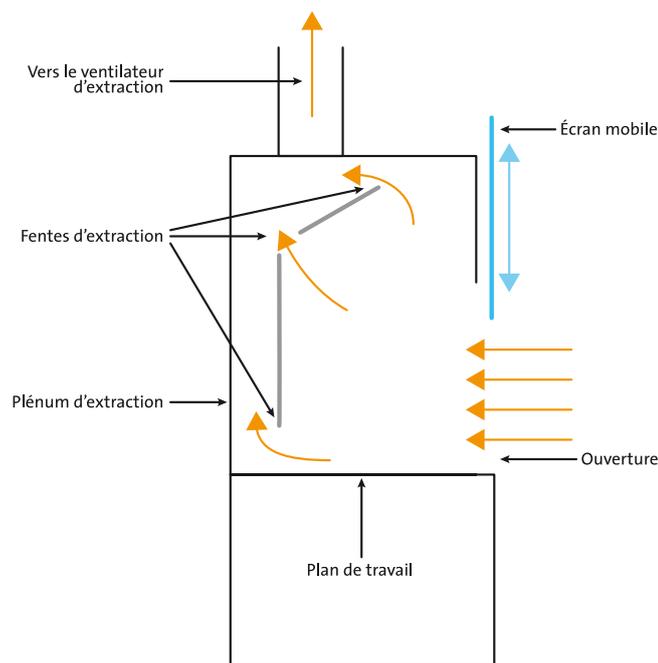
La macroscopie de pièces anatomiques fraîches, présentant des risques biologiques, se fait sous PSM. La macroscopie de pièces fixées^d ou la fixation de pièces anatomiques expose l'opérateur à des agents chimiques et se fait sous sorbonne.

Il est également possible de concevoir une enceinte sur mesure, capable d'accueillir notamment un évier et un système de récupération des effluents [5]. Il n'existe pas de norme spécifique pour ces postes de macroscopie.

Dans ce cas, l'air du local est aspiré par l'ouverture frontale et traverse le volume de travail. L'air passe par des fentes situées à l'opposé de l'ouverture, puis est extrait de l'en-

↓ Figure 5 (d'après [1])

Principe de fonctionnement d'une sorbonne.



d. Les pièces anatomiques sont fixées avec des solutions telles que le formol, présentant des dangers pour l'opérateur.

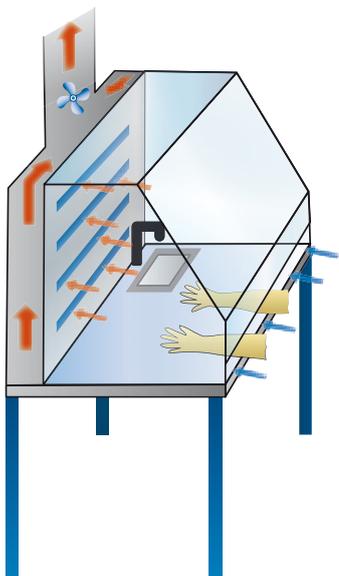
ceinte pour être rejeté à l'extérieur du bâtiment, loin des prises d'air neuf, préférentiellement après traitement des polluants chimiques (figure 6 page suivante). Si cette enceinte est également destinée aux macroscopies de pièces fraîches, l'air rejeté passera préalablement à travers un filtre anti-aérosols à haute efficacité. L'écoulement d'air entrant s'oppose à la sortie des aérosols et vapeurs de polluants vers l'opérateur. La vitre frontale baissée protège l'opérateur des projections. Cette vitre peut être inclinée vers l'intérieur de l'enceinte pour permettre à l'opérateur de se rapprocher en toute sécurité de la pièce anatomique, qui n'est pas protégée des contaminations possibles de l'air extérieur.

Enceintes ventilées

Quel type pour quel usage ?

↓ **Figure 6**

Principe de fonctionnement d'un poste de macroscopie.

**LES ISOLATEURS**

Les isolateurs ont pour but de séparer le produit de son environnement [6].

La norme NF EN ISO 14644-7 homologuée « Salles propres et environnements maîtrisés apparentés – Dispositifs séparatifs (postes à air propre, boîtes à gants, isolateurs et mini-environnements) » [7] spécifie les exigences minimales de conception des dispositifs séparatifs. La norme NF EN ISO 13408-6 homologuée « Traitement aseptique des produits de santé – Systèmes isolateurs » [8] et son amendement A1 concernent les exigences de conception des systèmes isolateurs.

L'air du local passe à travers un filtre anti-aérosols à très haute efficacité avant d'entrer dans l'enceinte close. Le produit est ainsi protégé des contaminations de l'air extérieur. Cependant, le flux d'air turbulent ne protège pas le

produit des contaminations croisées. Dans certains cas, le flux d'air propre est injecté dans l'enceinte de façon unidirectionnelle et peut alors protéger le produit des contaminations croisées. L'opérateur accède au produit grâce à des gants (figure 7) ou un demi-scaphandre (figure 8). L'air de l'isolateur est rejeté de l'enceinte après passage sur filtre anti-aérosols à très haute efficacité. En présence d'agents chimiques, l'air extrait est rejeté à l'extérieur du bâtiment, préférentiellement après traitement des polluants chimiques.

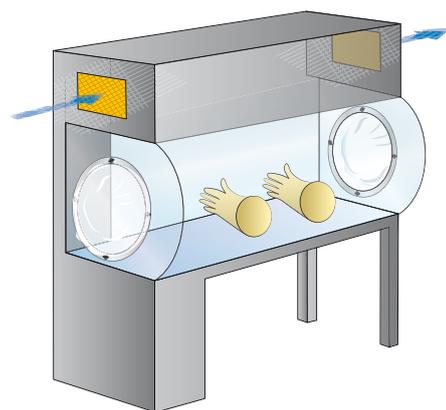
La plupart des isolateurs fonctionnent en surpression pour protéger le produit. Les fuites tolérées d'air sortant ne permettent pas d'assurer la protection complète de l'opérateur vis-à-vis des agents chimiques ou biologiques manipulés dans l'enceinte. Seuls les isolateurs en dépression peuvent prévenir la dispersion des agents chimiques et biologiques, et assurer la protection de l'opérateur.

CONCLUSION

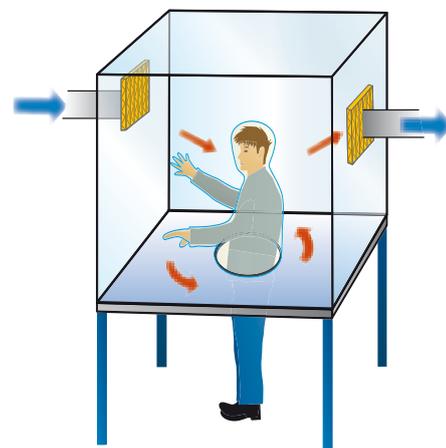
Le comparatif de ces différentes enceintes (tableau 1) montre que la protection de l'opérateur passe par une mise en dépression de l'enceinte dans laquelle est manipulé le produit dangereux. Pour renforcer cette protection et limiter les risques de pollution du local de travail, il est très fortement recommandé d'évacuer l'air de l'enceinte à l'extérieur du bâtiment. Les fortes contraintes concernant le recyclage de l'air pollué par des produits chimiques rend indispensable l'évacuation de l'air hors du bâtiment. Cette recommandation reste valable même en présence d'un système de traitement de l'air

↓ **Figure 7**

Principe de fonctionnement d'un isolateur avec manchon.

↓ **Figure 8**

Principe de fonctionnement d'un isolateur avec demi-scaphandre.



extrait de l'enceinte, car elle limite les risques de pollution en cas de défaillance de ces systèmes. Enfin, la protection du produit est assurée par l'introduction d'un air propre dans le volume de travail. Si ce flux d'air est émis de façon unidirectionnelle, il peut également limiter les contaminations croisées. Fort de ces éléments, le service de santé au travail pourra judicieusement conseiller les entreprises.

➤ TABLEAU I : FONCTIONS DES DIFFÉRENTES ENCEINTES VENTILÉES

	PSM			PSC	Sorbonne	Poste de macroscopie	Isolateur				
	I	II	III								
Dépression	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Surpression	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Flux d'air unidirectionnel	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PROTECTION CONTRE LES AGENTS BIOLOGIQUES											
Protection de l'opérateur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Protection du local	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Protection du produit	■	1	2	1	■	■	2	1	2	1	■
PROTECTION CONTRE LES AGENTS CHIMIQUES											
Protection de l'opérateur	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	■
Protection du local	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	■

■ : oui ■ : non

PSM : poste de sécurité microbiologique

PSC : poste de sécurité cytotoxique

1 : protection du produit de l'air extérieur et des contaminations croisées

2 : protection du produit de l'air extérieur

3 : protection assurée uniquement par rejet de l'air extrait de l'enceinte à l'extérieur du bâtiment

BIBLIOGRAPHIE

1 | BALTU I, BELHANINI B, CLERMONT H, CORNU JC ET AL. – Postes de sécurité microbiologique. Postes de sécurité cytotoxique. Choix et utilisation. Note documentaire ND 2201. *Cah Notes Doc. Hyg Sécur Trav.* 2003 ; 193 : 37-52.

2 | Biotechnologies. Critères de performance pour les postes de sécurité microbiologique. Norme française homologuée NF EN 12469. Juillet 2000. Indice de classement X 42-136. Paris-La Défense: AFNOR ; 2000 : 47 p.

3 | CLERMONT H, DAVID C, DUQUENNE P, MEYER A ET AL. – Conception des laboratoires d'analyses biologiques. Édition INRS ED 999. Paris : INRS ; 2007 : 111 p.

4 | Sorbonnes. Partie 2 : exigences de sécurité et performances. Norme française homologuée NF EN 14175-2. Octobre 2003. Indice de classement X 15-203-2. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2003 : 14 p.

5 | GUILLEUX A, Aoustin D, CAROMEL Y, DELEAU A ET AL. – Laboratoires d'anatomie et de

cytologie pathologiques. Guide pratique de ventilation 22. Éditions INRS ED 6185. Paris : INRS ; 2014 : 47 p.

6 | VANDRIESSCHE S (Ed) - Les isolateurs : qualifications et maintenance. Salles propres, environnements maîtrisés & zones de confinement. 2^e édition. Paris : ASPEC, Pyc édition ; 2015 : 175 p.

7 | Salles propres et environnements maîtrisés apparentés. Partie 7 : dispositifs séparatifs (postes à air propre, boîtes à gants, isolateurs et

mini-environnements). Norme française homologuée NF EN ISO 14644-7. Décembre 2004. Indice de classement X 44-107. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2004 : 64 p.

8 | Traitement aseptique des produits de santé. Partie 6 : systèmes isolateurs. Norme française homologuée NF EN ISO 13408-6. Septembre 2011. Indice de classement S 98-117-6. + Amendement A1. Mai 2013. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2013 : 28 p., 12 p.