

Appareils de protection respiratoire filtrants : PRÉMÉDIA, un logiciel pour savoir quand changer de cartouche

<https://premedia.inrs.fr>

S. Marsteau, département Ingénierie des procédés, INRS

En situation de travail, en l'absence de protection collective suffisante, des vapeurs organiques peuvent être présentes dans l'atmosphère et nécessiter le port d'un appareil de protection respiratoire (APR) pour s'en protéger.

Pour empêcher ces vapeurs organiques de pénétrer dans l'APR et donc d'atteindre les voies respiratoires du porteur, une cartouche épurante est utilisée. Cette cartouche contient un matériau, généralement du charbon actif, qui arrête les polluants par un phénomène d'adsorption.

Cette technique de piégeage des polluants est très efficace mais durant l'utilisation la cartouche va se saturer progressivement et sa capacité d'épuration finira par devenir nulle. À l'utilisation, une cartouche devra donc être remplacée périodiquement et ce avant qu'elle ne soit complètement saturée. Les différents travaux menés à l'INRS depuis dix ans sur cette problématique d'évaluation de la périodicité de remplacement ont abouti à la mise en ligne d'un outil informatique dédié PRÉMÉDIA. La méthode développée est complètement décrite dans une note documentaire précédente [1].

Une récente étude a permis de conforter et d'améliorer cet outil, en étudiant les mélanges de polluants, dont l'humidité relative de l'air et les risques liés à la réutilisation.

Paramètres indispensables pour évaluer la durée d'utilisation d'une cartouche

Pour pouvoir calculer une durée d'utilisation d'une

cartouche, différentes données sont nécessaires à PRÉMÉDIA (*figure 1*) :

- identification du ou des contaminants (au plus trois),
- valeurs d'exposition ou concentrations ambiantes des contaminants (issues de mesures ou estimées),
- température, pression et humidité relative ambiantes,
- estimation de la charge de travail (faible, moyenne ou élevée) qui définit le débit respiratoire,
- caractéristiques de l'APR et de la cartouche (fabricant, modèle, nombre de cartouches) ;

PRÉMÉDIA est limité au calcul du temps d'utilisation des cartouches de type A recommandées pour des expositions à des gaz et vapeurs organiques à point d'ébullition supérieur à 65 °C.

Un exemple de calcul réalisé avec PRÉMÉDIA pour une exposition à une seule substance est donné en *figure 2*.

Objectiver les risques liés à la réutilisation d'une cartouche

Dans l'exemple pré cité (*figure 2*), il s'agit d'une opération de maintenance de type nettoyage avec de l'éthanol dans un laboratoire d'analyses avec port d'un demi-masque équipé d'une seule cartouche. Le calcul montre que la cartouche peut, dans ce cas, être utilisée entre 6h et 6h15.

Cette durée doit cependant être considérée avec prudence car PRÉMÉDIA calcule uniquement le temps d'utilisation d'une cartouche neuve utilisée de manière continue.

Figure 1 : Éléments à renseigner dans PRÉMÉDIA pour calculer une durée d'utilisation

The screenshot shows the PRÉMÉDIA software interface with the following sections:

- Exposition:**
 - Substances: A field for selecting substances and their concentration (ppmv).
 - Poste de Travail:
 - Température: Input field for temperature in °C.
 - Humidité relative: Input field for relative humidity in %.
 - Pression: Input field for pressure (1013 mbar).
 - Charge de travail: Radio buttons for Légère, Moyenne, and Elevée.
 - Type d'activité: Dropdown menu for activity type.
 - Secteur d'activité: Dropdown menu for activity sector.
- Protection:**
 - Type d'APR: Radio buttons for Demi-masque and Masque Complet.
 - Nombre de cartouches: Radio buttons for 1 and 2.
 - Cartouche: Dropdown menu for selecting a cartridge.

At the bottom, there is a button labeled "Calculer la prédiction de la durée d'utilisation".

Figure 2 : Exemple de calcul de PRÉMÉDIA pour une substance (éthanol)

The screenshot shows the PRÉMÉDIA software interface with the following sections:

- Exposition:**
 - Substances: Ethanol (64-17-5) with a concentration of 500 ppmv.
 - Poste de Travail:
 - Température: 20 °C
 - Humidité relative: 35 %
 - Pression: 1013 mbar
 - Charge de travail: Légère (selected)
 - Type d'activité: Maintenance
 - Secteur d'activité: R&D scientifique - Laboratoires d'analyse
- Protection:**
 - Type d'APR: Demi-masque (selected)
 - Nombre de cartouches: 1 (selected)
 - Cartouche: Honeywell A2

The calculation result is displayed as: "Estimation de la durée d'utilisation de la cartouche d'APR" with a duration of "entre 6h00min et 6h15min". Below this, it states: "L'INRS préconise un changement de cartouches à chaque fin de poste de travail (ED 6106)".

Buttons for "Mémoriser le résultat" and "Réinitialiser le calcul" are visible.

Pour comprendre quel danger peut exister lors de la réutilisation d'une cartouche, il faut garder à l'esprit que le piégeage des polluants par adsorption est généralement un phénomène réversible. Cela signifie qu'une molécule arrêtée par le charbon actif peut, sous certaines conditions (stockage, utilisation face à un nouveau polluant...), être libérée de nouveau. C'est pourquoi l'INRS recommande de ne pas réutiliser une cartouche et, *a minima*, de la changer à chaque fin de poste de travail [2].

L'étude menée a permis d'isoler un paramètre de détection *a priori* des risques liés au stockage des cartouches avant réutilisation [3]. PRÉMÉDIA alerte alors l'utilisateur lorsque la substance sélectionnée présente un risque accru de relargage (figure 3).

Le cas des contaminants multiples, le cas particulier de l'humidité relative de l'air

Lorsque l'atmosphère de travail contient plusieurs polluants, l'algorithme de calcul de PRÉMÉDIA permet de calculer un temps d'utilisation en assimilant

ce mélange à un système monoconstituant représenté par le polluant le plus volatil. Cette approche simplificatrice a été confrontée à des approches plus théoriques et a montré qu'elle restait pertinente [4]. Pour le cas particulier de l'eau, présente dans l'atmosphère à des taux variables, deux domaines d'humidité relative distincts ont été distingués. Lorsque l'humidité relative est supérieure à 40 %, la durée d'utilisation est corrigée automatiquement. La correction appliquée s'appuie sur les tests réalisés pour un solvant apolaire à de faibles concentrations, ce qui constitue le cas le plus défavorable pour cette situation. Lorsque l'humidité relative est supérieure à 40 % la correction n'est pas appliquée.

PRÉMÉDIA a ainsi fait l'objet d'une mise à jour suite à ces différents travaux et s'est également enrichi de cinq nouvelles cartouches polyvalentes de type ABEK. Les prochaines améliorations porteront sur l'intégration de cartouches utilisées en ventilation assistée ainsi que de demi-masques filtrants jetables.

Figure 3 : Exemple de calcul de PRÉMÉDIA pour une substance présentant un risque accru lors d'une réutilisation

The screenshot shows the PRÉMÉDIA software interface. At the top, it says "PRÉMÉDIA Logiciel pour la prédiction de la durée d'utilisation d'une cartouche d'APR". The main area is titled "Prédiction de la durée d'utilisation d'une cartouche d'APR". It contains several input sections: "Exposition" with a table for substances (Méthylchloroforme, 71-55-6, 100 ppmv); "Poste de Travail" with fields for Temperature (20 °C), Humidity (40 %), Pressure (1013 mbar), and Workload (Moyenne); "Protection" with radio buttons for "Demi-masque" (selected) and "Masque Complet", and a dropdown for "Cartouche" (Honeywell A2). A "Calculer la prédiction de la durée d'utilisation" button is present. Below, the result is displayed: "Estimation de la durée d'utilisation de la cartouche d'APR" with the value "entre 5h45min et 6h15min". A warning message states: "Ne pas réutiliser la cartouche en raison du risque de relargage de la substance Méthylchloroforme". At the bottom, there are buttons for "Mémoriser le résultat" and "Réinitialiser le calcul", and a footer with "Site Internet INRS", "Contactez-nous", "En savoir plus", "A propos", and "Copyright © INRS 2019".

BIBLIOGRAPHIE

[1] **MARSTEAU S, GALLAND B, VALLIÈRES C, PACAULT S** - Outil d'estimation de la durée d'utilisation d'un adsorbant. Note documentaire ND 2342. *Hyg Sécur Trav. Cah Notes Doc.* 2011 ; 222 : 19-25.

[2] **GUIMON M** - Les appareils de protection respiratoire, Choix et utilisation. 3^e édition. Édition INRS ED 6106. Paris : INRS ; 2018 : 64 p.

[3] **VUONG F, MARSTEAU S, SILVENTE E, VALLIÈRES C** - The role of static diffusion during storage in the immediate breakthrough of activated carbon bed cyclically exposed to vapour. *Adsorption.* 2017 ; 23 (2-3) : 443-54.

[4] **VUONG F, CHAUVEAU R, GREVILLOT G, MARSTEAU S ET AL.** - Predicting the lifetime of organic vapor cartridges exposed to volatile organic compound mixtures using a partial differential equations model. *J Occup Environ Hyg.* 2016 ; 13 (9) : 675-89.