



**HAL**  
open science

# Les méthodes de désinfection des surfaces par voie aérienne (DSVA) au peroxyde d'hydrogène sont-elles des alternatives au formaldéhyde?

Pierre Maris

## ► To cite this version:

Pierre Maris. Les méthodes de désinfection des surfaces par voie aérienne (DSVA) au peroxyde d'hydrogène sont-elles des alternatives au formaldéhyde?. EuroReference - Les Cahiers de la Référence, 2011, 6, pp.19-23. hal-00692512

**HAL Id: hal-00692512**

**<https://anses.hal.science/hal-00692512>**

Submitted on 30 Apr 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## Méthodes

### Les méthodes de désinfection des surfaces par voie aérienne (DSVA) au moyen de peroxyde d'hydrogène sont-elles des alternatives au formaldéhyde ?

P. Maris (pierre.maris@anses.fr)

Anses, Laboratoire de Fougères, Fougères, France

P. Maris (2012). *Les méthodes de désinfection des surfaces par voie aérienne au peroxyde d'hydrogène sont-elles des alternatives au formaldéhyde ?*, EuroReference, N° 6, ER06-12M02. <http://www.anses.fr/euroreference/numero6/PNB001.htm>



L'utilisation des propriétés bactéricides des gaz remonte à des temps très anciens. C'est Ulysse qui, de retour d'Ithaque après vingt ans d'absence, adresse à sa nourrice Eurycle les vers suivants « *Vieille femme, apportez le soufre, remède des maux, apportez aussi le feu pour que je purifie le palais* », puis, après qu'il eût massacré, avec l'aide de son fils Télémaque, les prétendants à son trône en train de festoyer dans son palais Eurycle raconte : « *Maintenant tous ces corps sont rassemblés sous les portiques de la cour; votre époux, qui vient d'allumer un grand feu, purifie avec le soufre ses superbes demeures* » (Torck, 1985). Au Moyen-Âge, lors d'épidémies de peste, à côté des quarantaines, les maisons contaminées étaient traitées à l'aide de fumée de paille, de soufre, d'antimoine et d'arsenic. À la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, le premier procédé de désinfection des surfaces par voie aérienne est codifié par Guyton-Morveau qui eut l'idée de faire dégazer l'acide chlorhydrique par l'action de l'acide sulfurique sur le sel marin (Chaigneau, 1977). Ce procédé très utilisé pendant les guerres de la Révolution et de l'Empire pour la désinfection des prisons et hôpitaux, disparut progressivement du fait de son agressivité alors qu'on assistait à l'apparition du formaldéhyde dont les propriétés bactéricides furent découvertes par Loew en 1888 et confirmées plus tard par Buchner et Segall. À partir de là, les publications d'inventions de procédés de diffusion pour le « traitement de l'air » n'ont pas arrêté.

La contagion aéroportée de maladies fut suspectée depuis fort longtemps et confortée depuis une cinquantaine d'années par la connaissance qu'il y a dans l'atmosphère un grand nombre de particules inertes (diamètre de 10 à 20 µm) portant quelques micro-organismes vivants (Noble, 1963). Pour faire face à cela, aujourd'hui les procédés de désinfection des surfaces par voie aérienne sont d'application très large notamment dans les domaines pharmaceutiques, cosmétiques, alimentaires, hospitaliers, élevages, couvoirs, laboratoires, isolateurs, stations expérimentales... Ce sont le plus souvent les mêmes procédés utilisés dans ces environnements aussi divers, d'où cette difficulté de pouvoir transposer des conditions d'applications d'un domaine à l'autre. En conséquence, la contrainte qui s'impose aux utilisateurs est de devoir mettre en place des procédures de validation adaptées à leur environnement propre. Aujourd'hui, les procédés de désinfection des surfaces par voie aérienne (DSVA) et les méthodes d'évaluation de leur efficacité sont décrits dans une norme française (NF T 72-281), seule norme en Europe traitant de ce sujet. Deux types de procédés sont couverts par cette norme :

- les procédés automatiques de désinfection, réalisés hors présence humaine, utilisant la dispersion de gouttelettes ou de gaz;
  - les procédés manuels, ou dispersats dirigés, réalisés en présence humaine à l'aide d'un pulvérisateur manuel, pneumatique et, ou électrique manœuvré par un opérateur.
- Ce début du XXI<sup>e</sup> siècle est marqué par une série d'évolutions très significatives impactant sur les choix et les conditions d'application de ces procédés de DSVA :
- une évolution réglementaire en Europe sur les produits chimiques et leurs impacts sur la santé humaine;
  - des préoccupations sanitaires liées à l'abandon du formaldéhyde;

- l'émergence de méthodes de décontamination apparues dans les années 1990, en premier lieu dans le milieu de l'industrie pharmaceutique.

#### Dispositions réglementaires

- Les dispositions du décret n° 2001-97 du 1<sup>er</sup> février 2001, établissant les règles particulières de prévention des risques cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction et modifiant le code du travail, s'appliquent pour le formaldéhyde et toute préparation qui en contient plus de 0,1 %. L'arrêté du 13 juillet 2006 (modifiant l'arrêté du 5 janvier 1993 fixant la liste des substances, préparations et procédés cancérigènes au sens du deuxième alinéa de l'article R.231-56 du code du travail) inclut le formaldéhyde. Il est classé en groupe 1 par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) et reste classé cancérigène de catégorie 3 avec la phrase de risque R 40 au niveau européen. Cette position française, et peut-être future position européenne, a relancé le regain d'intérêt pour la DSVA alors qu'il est fait obligation en France de recherche d'alternatives au formaldéhyde.
- La directive Biocides 98/8/CE du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides : la mise en application de cette directive a, entre autres objectifs, celui d'évaluer les effets dangereux des substances et produits biocides ainsi que leurs risques en terme d'exposition, tout cela en relation avec leur efficacité. De plus, à cette directive il faut associer le règlement européen REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*) n° 1907/2006 du 18 décembre 2006 dont la mise en œuvre date du 1<sup>er</sup> juin 2007.
- Afin d'apprécier l'efficacité potentielle des procédés de DSVA préalablement à leur mise sur le marché, la méthode



## Méthodes

de référence est la norme AFNOR NF T 72-281 « Procédés de désinfection des surfaces par voie aérienne - Détermination de l'activité bactéricide, fongicide, levuricide et sporicide », récemment proposée au niveau européen dans le cadre du CEN TC 216 en ce début d'année 2011.

- Pour les laboratoires, il ne faut pas oublier non plus l'arrêté du 16 juillet 2007 fixant les mesures techniques de prévention, notamment de confinement, pour les laboratoires de recherche, d'enseignement, d'analyses, d'anatomie et cytologie pathologiques, les salles d'autopsie et les établissements industriels et agricoles où les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des agents biologiques pathogènes.

Aujourd'hui, très peu de substances chimiques sont utilisables comme gaz pour la stérilisation chimique ou en application désinfectante. Sur la base de leur mode d'action, elles se regroupent parmi les agents alkylants (formaldéhyde, oxyde d'éthylène, oxyde de propylène, bêta-propionolactone) et les agents oxydants (peroxyde d'hydrogène, acide peracétique, dioxyde de chlore, ozone) (Block, 2001).

### Quelques fondamentaux

Classiquement, dans une démarche de sélection de produits pour ce type d'application dite DSVA, les propriétés à considérer sont les suivantes (Block, 2001):

- **sûr**: ne pas présenter de risque pour le personnel. S'il est souhaitable que de tels produits puissent être non toxiques, cela est malheureusement incompatible avec un bon niveau d'efficacité bactéricide, sporicide, fongicide, tuberculocide et virucide. En conséquence, des moyens de prévention doivent pouvoir être mis en place pour éviter les expositions, et il devra être possible de réduire le niveau de résidus à un niveau acceptable pour la sécurité du personnel;
- **contrôlable**: des mesures chimiques ou, et biologiques doivent pouvoir être mises en place afin d'assurer des contrôles sur différents plans: des contrôles lors du déroulement de l'opération de DSVA (indicateurs biologiques et chimiques) et lors de l'élimination du gaz après traitement permettant ainsi de pouvoir réinvestir les lieux en toute sécurité. Ces contrôles permettent dans le même temps d'optimiser les conditions d'application de ces traitements;
- **stabilité des molécules**: si lors du traitement proprement dit, la substance doit conserver sa stabilité, sa dégradation en sous-produits non nocifs est souhaitable lors de son élimination;
- **compatibilité avec les matériaux**: ces substances sont par nature chimiquement très réactives, raison de leur efficacité, et devraient être appliquées dans des conditions optimales limitant leur agressivité vis-à-vis de matériaux souvent nombreux et variés. De plus, de nouveaux matériaux apparaissent régulièrement, en conséquence de quoi une réflexion régulière doit être conduite;
- **action rapide et réoccupation des locaux rapide**: suivant les secteurs dans lesquels ces procédés sont appliqués (industries alimentaires ou pharmaceutiques, élevages, couvoirs, laboratoires, stations expérimentales...) les contraintes d'organisation du travail ne sont pas les mêmes; le choix des procédés et leurs conditions d'utilisation doivent donc intégrer ces contraintes;
- **perméabilité et diffusion**: les environnements à traiter peuvent être très différents en termes de volumes, de géométries et d'encombrements. D'une part, les matériels

ne sont pas toujours démontables, créant des obstacles pour une bonne diffusion du produit, d'autre part, il peut être nécessaire d'atteindre des recoins, véritables niches à micro-organismes, difficiles d'accès par les techniques d'application classique comme la pulvérisation. Dans ces cas, favoriser le brassage du produit diffusé pourrait s'avérer nécessaire afin d'homogénéiser le traitement en tout point du local. Une autre conséquence importante sera la mise en place et la répartition d'indicateurs biologiques ou, et chimiques permettant de valider l'efficacité d'une procédure de DSVA;

- **émissions dans l'environnement**: suivant la capacité de diffusion, le degré de décomposition des produits et le type d'environnement dans lequel se déroulent ces opérations, une vigilance particulière doit être assurée sur les risques d'émissions hors du local.

### La fumigation de formaldéhyde

Paradoxalement, la bibliographie accessible sur ce mode d'application du formaldéhyde, si elle est riche et ancienne, elle est moins fournie ces vingt dernières années que celle concernant le peroxyde d'hydrogène et fait moins l'objet de controverses. La très longue utilisation du formaldéhyde trouve son origine dans la connaissance empirique de son efficacité depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Cependant, plus récemment et après les événements du 18 septembre 2001 concernant l'envoi, par voie postale, de lettres contaminées par *Bacillus anthracis*, un certain nombre de travaux ont été relancés (Rogers, 2007).

Cette substance active agit comme un agent alkylant des groupements amine et sulfhydryle des protéines, et des atomes d'azote des noyaux des bases pures de l'ADN (Block, 2001). La fumigation peut être obtenue par chauffage de formaldéhyde en solution aqueuse à 30-35 % m/v contenant du méthanol évitant sa polymérisation, ou de paraformaldéhyde, polymère de formaldéhyde se présentant sous forme solide sublimable par effet de la chaleur, au de-là de 150 °C. Un autre procédé, découvert de façon accidentelle en 1906, consiste en la production de gaz formaldéhyde par réaction du permanganate de potassium sur une solution de formol. Par mètre cube du local à traiter, il convient d'ajouter 20 g de permanganate de potassium à 40 ml de formaldéhyde en solution à 37 % (Cadirci, 2009; Furuta, 1977).

En dépit de son usage très large, le formaldéhyde présente des dangers du fait:

- qu'il provoque une irritation de la peau, des yeux et des muqueuses;
- qu'il provoque, inhalé en petites quantités, toux et nausées;
- qu'il est suspecté de produire, à long terme, par voie aérienne, un cancer du naso-pharynx.

À côté de sa toxicité, ce procédé souffre d'autres inconvénients: la nécessité de temps de contact de plusieurs heures, le dépôt de résidus sur les surfaces par repolymérisation du monomère formaldéhyde, le besoin d'un haut niveau d'humidité (70 à 80 % HR), une température optimale de 18 à 22 °C, de fortes concentrations (4 à 10 g/m<sup>3</sup>) (Hoffmann, 1970) et un long temps d'élimination avant la réintroduction du personnel ou des animaux.

Citons, pour illustration, un exemple des différentes phases de mise en œuvre de ce procédé:

- (1) rendre étanche le local et le conditionner (température et humidité);
- (2) vaporisation du formaldéhyde (20 à 30 min);



## Méthodes

- (3) temps de contact : 8 à 10 heures pour obtenir une réduction forte de la population bactérienne ou virale, dans les conditions optimales de doses, de température et d'humidité relative;
  - (4) neutralisation du formaldéhyde par l'ammoniac (environ 2 heures) produit par chauffage à 120 °C de carbonate d'ammonium (7,5 g/m<sup>3</sup>) (Abraham, 1997);
  - (5) élimination de l'ammoniac résiduel (environ 1 heure).
- Ces phases (4) et (5), suivant le type d'environnement à traiter, ne sont pas toujours réalisées et il faudra attendre alors plusieurs heures voire plus de 24 heures pour l'élimination du formaldéhyde permettant la réoccupation du local.

### Indicateurs biologiques

Abraham (1997) rapporte sept ans d'expérience de décontamination de laboratoires (325 m<sup>3</sup>) et de postes de sécurité microbiologique (1,7 m<sup>3</sup>), représentant 2308 décontaminations en routine. Utilisant la sublimation du paraformaldéhyde dans un bain d'huile de silicone à 160 °C à la dose de 5 g/m<sup>3</sup> (zones laboratoires) ou la vaporisation de solution de formol à 8,5 g/m<sup>3</sup> (postes de sécurité microbiologique, PSM), et l'indicateur biologique *Geobacillus stearothermophilus* (10<sup>4</sup> spores sur coupon d'aluminium), il observe l'absence de spores survivantes dans 91 % et 81 % des situations, respectivement pour les salles et les PSM. Nous pouvons noter cependant dans ces travaux, comme dans beaucoup d'autres, que d'une part les virus n'ont pas été pris en compte et que d'autre part l'absence d'études confirmant la pertinence du choix de cet indicateur au regard des objectifs.

De son côté Munro *et al.* (1999) comparent la résistance de trois indicateurs commerciaux (*Bacillus stearothermophilus* ou *Bacillus subtilis*) avec *Mycobacterium bovis*, Poliovirus type 1 et *Bacillus* spp. En sublimant du paraformaldéhyde (10,6 g/m<sup>3</sup>) sous 57 % HR et à 28 °C, seul un indicateur sur les trois s'est révélé représentatif des micro-organismes testés. D'un autre côté, Rogers (2007) voulant vérifier la destruction de *Bacillus anthracis* conclut que les deux indicateurs commerciaux testés, *Bacillus subtilis* et *Geobacillus stearothermophilus*, étaient représentatifs. Citons enfin l'exemple d'Harvey (2011) qui conclut en la faible corrélation entre d'une part les virus de la fièvre aphteuse et de la maladie vésiculeuse du porc en présence de sérum de veau foetal, et d'autre part un indicateur commercial, ce dernier étant totalement inactivé alors que des chutes de titres viraux étaient de trois log<sub>10</sub>.

Un autre phénomène qu'il faut avoir présent à l'esprit est l'absorption du formaldéhyde par divers matériaux. Il est démontré que le coton et le papier ont plus d'affinité avec le formaldéhyde que des surfaces non poreuses comme le verre ou l'acier inoxydable, de sorte que l'efficacité induite est supérieure vis-à-vis des mêmes micro-organismes. Ce point doit attirer l'attention non seulement sur la nature des indicateurs biologiques mais aussi sur la nature de leur support, que ces indicateurs soient préparés dans le laboratoire lui-même ou qu'ils proviennent de fournisseurs. Cette prise en compte lors de la mise en place des essais de validation des procédés de DSV permettra d'éviter de faux résultats négatifs par excès de formaldéhyde et en conséquence une fausse sécurité (Braswell *et al.*, 1970; Spiner et Hoffmann, 1971).

### Procédés alternatifs

Le plus étudié aujourd'hui est le peroxyde d'hydrogène. Cette substance active se présente sous la forme d'un liquide incolore

à la concentration de 30 % m/m, soluble dans l'eau et de point d'ébullition de 106 °C. Sa dégradation en eau et oxygène est un argument de poids dans le choix de ce désinfectant. Quant à son mode d'action, cette substance est un oxydant qui agit en générant des radicaux libres, dont le radical hydroxyle HO<sup>•</sup>. En effet ce groupement hydroxyle produit une action létale en détruisant les membranes cellulaires par peroxydation des lipides, et agit sur les fonctions thiols des enzymes et des protéines structurales (Denyer et Stewart, 1998; Russel et Chopra, 1996).

Les modes d'action et utilisation : les technologies proposées sur le marché se différencient majoritairement en technologies dites « sèches » et « humides » :

- procédé de nébulisation (ou brouillard) : le produit est propulsé au travers d'une buse permettant d'obtenir des gouttelettes de quelques µm à 10 µm. Le volume est alors rapidement saturé par ce brouillard homogène puis les gouttelettes sédimentent sur les surfaces pour agir ;
- procédé dit « vapeur sèche » : ici, la vaporisation brutale du produit sur une plaque chaude est précédée d'une déshumidification du local. Celle-ci est telle que l'humidité relative est au-dessous du point de condensation, limitant ainsi l'effet de corrosion lié à une condensation forte. L'humidité relative du local est au départ, avant l'injection du peroxyde d'hydrogène, entre 20 % et 40 % ;
- procédé dit de « microcondensation » : dans ce cas, l'humidité relative est celle ambiante, et la vaporisation brutale produit une augmentation forte de l'humidité relative et une condensation plus prononcée.

La littérature scientifique sur les conditions optimales d'utilisation du peroxyde d'hydrogène révèle des controverses (Unger-Bimzcok *et al.*, 2008), aussi bien sur l'humidité relative et la concentration en peroxyde d'hydrogène que sur l'effet de la température. Plusieurs publications établissent une corrélation directe entre la concentration du produit dans l'air et l'efficacité antimicrobienne (Graham *et al.*, 1992; Hultman *et al.*, 2007). D'autres démontrent des vitesses de décontamination fortes à de faibles concentrations en peroxyde d'hydrogène (Sigwarth et Stärk, 2003; Wattling, 2002).

Lors de la vaporisation brutale, alors que l'humidité relative est faible, le peroxyde d'hydrogène atteint une concentration finale en gaz plus forte lorsque la condensation commence à apparaître sur les surfaces. Toutefois, la condensation est jugée incontrôlable et non souhaitée puisqu'elle accentue les problèmes de corrosion et prolonge les temps d'aération. Ce phénomène de corrosion est cependant peu étudié avec précision. Un article très récent (Hassan *et al.*, 2011) rapporte une étude sur l'effet de cette condensation sur une qualité d'acier inoxydable, en constatant que des concentrations de vapeurs à 500 et 1 000 ppm ne produisent pas d'effet sur le métal, pas plus que l'application directe d'une solution à 35 %. Par contre à une concentration de 1 600 ppm, une condensation significative se produit en altérant le métal. Ce phénomène est expliqué par l'effet de concentration qui se produit lors de cette condensation amenant le peroxyde d'hydrogène à un niveau de concentrations de l'ordre de 60-70 %.

Deux études, théoriques et pratiques, très poussées (Unger-Bimzcok *et al.*, 2008; Wattling, 2002) vont dans le même sens. Ces études évaluent le suivi des concentrations du peroxyde d'hydrogène et de l'eau dans l'air, ainsi que les microcondensations sur les surfaces. En travaillant avec des doses usuelles de peroxyde d'hydrogène (400, 600 et 800 ppm),

## Méthodes

ils concluent à une activité optimale soit à 800 ppm avec une faible humidité ou à 400 ppm avec une forte humidité. De plus, il est conclu que la condensation visible n'est pas nécessaire pour obtenir une bonne inactivation. Une trop faible microcondensation ( $1 \mu\text{g}$  de liquide/ $\text{mm}^2$ ) diminue notablement l'activité. Lorsque la microcondensation se situe entre 1 et  $2 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ , il se produit à 400 ppm une diminution forte de la valeur de D (temps nécessaire pour diviser par dix la population de micro-organismes), celle-ci passant de 14 min à 4 min. Mais au-dessus d'une microcondensation de  $2,9 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ , il n'y a plus d'amélioration de l'inactivation.

Au final, sur la base des connaissances actuelles, les différentes approches en matière de cycles de DSVa peuvent être envisagées avec des niveaux de performances comparables, avec l'observation que la microcondensation subvisible peut être suffisante pour obtenir une forte inactivation, réduire les difficultés d'aération et limiter les risques de corrosion.

Les applications potentielles de ces procédés sont aussi larges que celles du formaldéhyde, sachant que les domaines pharmaceutiques, laboratoires voire hospitaliers ont été jusqu'à présent davantage concernés. Dans le domaine avicole, notamment pour la décontamination des œufs, relativement peu de travaux ont été réalisés sachant que le mode d'application est essentiellement sous forme de brouillard. Suivant les auteurs, la concentration utilisée varie de 1,5 % à 5 % de peroxyde d'hydrogène, sans affecter l'éclosabilité (Bailey *et al.*, 2001; Cox *et al.*, 1999; Sander et Wilson, 1999; Sheldon et Brake, 1991).

D'autres études méritent d'être signalées, comme celles de Heckert (1997) rapportant des essais sur l'efficacité d'un procédé « vapeur sèche » ciblant des virus des animaux. La résistance d'agents viraux représentatifs de différentes familles (Orthomyxoviridae, Réoviridae, Flaviviridae, Paramyxoviridae, Herpétoviridae, Picornaviridae) a été évaluée. Des inoculum ont été déposés sur des coupons de verre ou d'acier en présence de diverses matières interférentes, puis exposés au peroxyde d'hydrogène après vaporisation brutale d'une solution à 30 % (2 g de solution par minute et pendant 30 min). Ces conditions se sont révélées très efficaces avec toutefois la remarque suivante : à la différence du sérum de veau comme matière organique interférente, la présence d'érythrocytes affecte notablement l'efficacité du peroxyde d'hydrogène ; une explication avancée est la présence de catalase et peroxydase dans ces cellules. Par ailleurs ce type de procédé a démontré son intérêt pour l'inactivation, autant *in vitro* qu'*in vivo*, de différents souches du prion (Fichet *et al.*, 2007).

À l'instar de ce qui a été développé précédemment pour le formaldéhyde, la validation des conditions d'application de la procédure de DSVa par le peroxyde d'hydrogène est une étape essentielle lors de la mise en place de ces traitements. Cette étape de validation suppose un choix d'indicateurs biologiques pertinents, c'est-à-dire représentatifs des contaminants biologiques rencontrés dans des souillures diverses, à des températures et des hygrométries judicieuses. De plus, leur nombre et leur positionnement doivent faire l'objet d'une stratégie adaptée au volume, à la géométrie, à l'agencement et à l'encombrement de chaque local.

Ces difficultés sont bien mises en évidence par les travaux de Quanten (2011). Dans une expérimentation comparant les deux types de procédés (« sec » et « humide »), ces deux technologies se sont montrées de performance équivalente. Cependant, suivant la nature de la souillure, l'indicateur commercial retenu

(*Geobacillus stearothermophilus*) était pertinent pour les bactéries (*Escherichia coli* et *Enterococcus faecalis*) mais moins pour les virus et notamment les virus de la fièvre aphteuse et de la peste porcine. D'autres micro-organismes, tels les mycobactéries ou *Staphylococcus aureus*, ont également montré une plus grande résistance en comparaison avec l'indicateur commercial *Geobacillus stearothermophilus* lors d'un traitement au peroxyde d'hydrogène à la concentration de 750 ppm (Bennett, 2011).

### Conclusion

Au-delà des raisons qui justifient pleinement la remise en cause de l'utilisation du formaldéhyde et la recherche d'alternatives, l'emploi en désinfection des surfaces par voie aérienne du peroxyde d'hydrogène et du formaldéhyde présente beaucoup de similarités au niveau de la nécessaire maîtrise de paramètres essentiels à la réussite de ces opérations, mais révèle aussi un certain nombre d'interrogations pour la garantie d'un maximum de sécurité.

Les procédés de désinfection des surfaces par voie aérienne utilisant le peroxyde d'hydrogène sont des procédés performants et il n'a pas été identifié de réelles différences entre les deux grands procédés sur le marché aujourd'hui (« vapeur sèche » et « vapeur humide »). Chaque environnement à traiter étant particulier, il faut prendre conscience du fait que la recette universelle n'existe pas et qu'une démarche de validation des conditions d'application s'impose. Au préalable, l'environnement doit être conditionné en termes de température et d'hygrométrie en évitant un différentiel trop important entre la température de l'air et celle des surfaces. Pour que la distribution du gaz soit homogène, la géométrie des locaux étant plus ou moins complexes et ceux-ci plus ou moins encombrés, un brassage de l'air par des ventilateurs peut s'avérer nécessaire. Une réflexion poussée doit être conduite sur le choix et le nombre des indicateurs biologiques nécessaires à la validation ou au suivi du niveau de performance de ces opérations. Ceux classiquement employés (*Bacillus atropheus* et *Geobacillus stearothermophilus*) sont les indicateurs de référence pour suivre les opérations de stérilisation par la chaleur humide ou la chaleur sèche, mais ne sont pas toujours pertinents pour ce type d'application. Enfin, ils ne tiennent pas compte de la large diversité des souillures dans lesquelles ces micro-organismes peuvent être retrouvés.

### Références bibliographiques

- Abraham G, Le Blanc Smith PM, Nguyen S. 1997. The effectiveness of gaseous formaldehyde decontamination assessed by biological monitoring. *J of the American Biological Safety Association*, 2 (1): 30-38.
- Bailey JS, Cox NA, Berrang ME. 2001. Bactericidal treatment of hatching eggs III: Effect of organic contaminants on efficacy of egg sanitizers. *J App. Poult Res*, 10: 117-120.
- Bennett A. 2011. Assessment of the limitations of gaseous disinfectants for containment and animal laboratories. Workshop Formaldehyde Replacement – Epizone. Lelystad, Pays-Bas. 11-12 janvier 2011.
- Block SS. 2001. Gaseous chemical sterilization. In: Block SS, ed. *Disinfection, sterilization, and preservation*, 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins: 337-359.
- Braswell JR, Spiner DR, Hoffmann RK. 1970. Adsorption of formaldehyde by various surfaces during gaseous decontamination. *Appl Microbiol*, 20 (5): 765-769.
- Cadirci S. 2009. Disinfection of hatching eggs by formaldehyde fumigation – a review. *Archiv für Efflugkunde*, 73, 2: 116-123
- Chaigneau M. 1977. Stérilisation et désinfection par les gaz. *Maisonnette éd.*, 344 p.



## Méthodes

Cox NA, Berrang ME, Buhhr RJ, Bailey JS. 1999. Bactericidal treatment of hatching eggs – II: Use of chemical disinfectants with vacuum to reduce *Salmonella*. J Appl Poultry Res 8: 321-326.

Denyer SP, Stewart GSAB. 1998. Mechanisms of action of disinfectants. International Biodeterioration and Biodegradation, 41: 261-8.

Fichet G, Antloga K, Comoy E, Deslys JP, McDonnell G. 2007. Prion inactivation using a new gaseous hydrogen peroxide sterilization process. J of Hospital Infection, 67: 278-286.

Furuta K, Sato S. 1977. Studies on the disinfection of hatching eggs. Japan Poultry Sci 14 (1): 27-32.

Graham GS, Rickloff JR, Dalmasso JP. 1992. Sterilization of isolators and lyophilisers with hydrogen peroxide in the vapour phase. In: Proceedings of the Parenteral Drug Association, Basel, Switzerland: 32-51.

Hassan M, Overfelt RA, Haney RL, Fergus JW. 2011. Hydrogen embrittlement of 4340 steel due to condensation during vaporized hydrogen peroxide treatment. Materials Science and Engineering A, sous presse.

Harvey Y. 2011. Experience and studies on formaldehyde fumigation at the Institute for Animal health. Workshop Formaldehyde Replacement – Epizone. Lelystad, Pays-Bas. 11-12 janvier 2011.

Heckert RH, Best M, Jordan LT, Dulac GC, Eddington DL, Steritt WG. 1997. Efficacy of vaporized hydrogen peroxide against exotic animal viruses. Appl and Envir Microbiol, 63, 10: 3916-3918.

Hoffmann RK, Spiner DR. 1970. Effect of relative humidity on the penetrability and sporicidal activity of formaldehyde. Applied Microbiol, 20: 616-619.

Hultman C, Hill A, McDonnell G. 2007. The physical chemistry of decontamination with gaseous hydrogen peroxide. Pharm Eng, 27(1):22-32

Munro K., Lanser J, Flower R. 1999. A comparative study of methods to validate formaldehyde decontamination of biological safety cabinets. Appl and Applied and Environ Microbiol, 65, 2: 873-876

Noble WC, Lidwell OM, Kinston D. 1963. The size distribution of airborne particles carrying microorganisms. J Hyg Camb, 1963, 61: 385-391

Quanten K et Koenen F. 2011. Vaporised hydrogen peroxide: a promising alternative for formaldehyde fumigation? Workshop Formaldehyde Replacement – Epizone. Lelystad, Pays-Bas. 11-12 janvier 2011.

Rogers JV. 2007. Formaldehyde gas inactivation of *Bacillus anthracis*, *Bacillus subtilis* and *Geobacillus stearothermophilus* spores on indoor surface materials. J of Applied Microbiol, 103: 1104-1112

Russel AD, Chopra I. 1996. Understanding antibacterial action and resistance, 2nd ed, Ellis Horwood, Chichester, UK.

Sander JF, Wilson JL. 1999. Effect of hydrogen peroxide disinfection during incubation of chicken eggs on microbial levels and productivity. Avian Diseases, 43: 227-233

Sheldon BW, Brake J. 1991. Hydrogen peroxide as an alternative hatching egg disinfectant. Poultry Sciences, 70 (5): 1092-1098

Sigwarth V, Stärk A. 2003. Effect of carriers materials on the resistance of spores of bacillus stearothermophilus to gaseous hydrogen peroxide. PDA J Pharm Sci Technol, 57(1):3-11

Spiner DR, Hoffmann RK. 1971. Effect of relative humidity on formaldehyde decontamination. Appl Microbiol, 22 (6): 1138-1140

Torck M. 1985. L'oxyde d'éthylène: agent de stérilisation. Bull Soc Pharm, 1: 103-127

Unger-Bimzcok B, Kottke V, Hertel C, Rauschnabel J. 2008. The influence of humidity, hydrogen peroxide concentration, and condensation on the inactivation of *Geobacillus stearothermophilus* spores with hydrogen peroxide vapor. J Pharm Innov, 3: 123-133

Wattling D. 2002. Theoretical analysis of the condensation of hydrogen peroxide gaseous and water vapour as used in surface decontamination. PDA J Pharm Sci Technol, 56(6):291-9