

Pulvérisation contre Covid-19

Le monde sort lentement et timidement du confinement des coronavirus et les entreprises réfléchissent longuement à la manière dont elles vont assurer la sécurité de leurs travailleurs. Alors que nous retournons tous au travail, les employeurs ont la lourde responsabilité de veiller à ce que les lieux de travail soient aussi sûrs que possible dans ce nouveau "monde Covid19" et une partie de ces nouveaux protocoles de sécurité sera un besoin accru de nettoyage et de désinfection sur le lieu de travail. Afin de remettre le monde au travail, un nettoyage et une désinfection efficaces seront nécessaires sur une base régulière, à la fois pour protéger les employés et pour rétablir la confiance des consommateurs.

La plupart de ces mesures seront nouvelles pour de nombreuses entreprises. Cet article examine la pulvérisation/nébulisation pour les coronavirus et autres agents pathogènes du point de vue de l'efficacité de la pulvérisation. Il ne tente pas de commenter l'efficacité des différents types d'antiviraux les désinfectants utilisés pour lutter contre la pandémie mondiale. Je me concentre plutôt sur la mécanique de la pulvérisation/brumisation et la façon dont nous pourrions choisir les buses et l'équipement appropriés.

Le principe de base - ce que nous cherchons à réaliser dans un monde idéal

Dans un monde idéal, nous devons établir un bon contact entre l'agent antiviral et tous les endroits où le virus peut se cacher. Un virus peut être présent dans l'air ou sur des surfaces. L'idéal serait donc d'avoir un bon temps de contact avec l'air et un revêtement uniforme sur toutes les surfaces. Ce serait le scénario parfait.

Autres considérations

Bien sûr, dans le monde réel, nous devons tenir compte de toute une série d'autres choses, comme

- Les dommages causés par la surhumidification des surfaces
- Risques pour la santé liés à la poursuite de la désinfection par aérosols
- Le coût du système de dispersion par pulvérisation
- Le temps et la main-d'œuvre nécessaires pour mener à bien le processus

Ces facteurs limitatifs doivent être pris en compte, tout comme le désir d'un système de distribution de pulvérisation "parfait" idéalisé. Par exemple, il serait formidable de pulvériser une pièce avec un brouillard désinfectant qui traîne dans l'air pendant des heures et, en même temps, de répandre de grandes quantités de désinfectant très puissant sur toutes les surfaces. Cela contribuerait certainement à rendre l'environnement sûr contre les agents pathogènes viraux, mais cela pourrait complètement ruiner le lieu de travail et le rendre dangereux pour les personnes qui y travaillent pendant des heures, ou même des jours, en raison du nouveau danger chimique introduit.

Nous devons nous rappeler que l'objectif final n'est pas de tuer le virus. Il s'agit de

rendre le lieu de travail sûr pour que les gens puissent retourner au travail ou recevoir des clients et des consommateurs. Tuer le virus n'est pas l'objectif final, c'est un environnement de travail sûr. C'est cette différence subtile mais importante qui implique souvent des compromis par rapport au système idéal d'élimination des virus.

Fonction générale de la buse de pulvérisation

Quelle que soit l'application, une buse de pulvérisation remplit deux fonctions : (1) Elle décompose un liquide en de multiples gouttelettes (atomisation). (2) Elle dirige un liquide dans un modèle de pulvérisation. Ce sont les deux fonctions de base de toutes les buses. Certaines applications ne nécessitent que la direction du liquide, d'autres ne nécessitent qu'une atomisation et d'autres encore nécessitent les deux. Les systèmes de désinfection requièrent les deux fonctions de la buse de pulvérisation à des degrés divers selon la nature du système de désinfection.

Exigences spécifiques pour la pulvérisation de Covid19

Comme il s'agit d'un nouveau virus, il peut encore y avoir des facteurs inconnus. Les recherches indiquent que le principal mode de transmission du virus est le contact direct d'homme à homme. Les modes de transmission secondaires semblent être le contact avec des surfaces contaminées et peut-être, à un moindre degré, par l'espace aérien contaminé.

Les premières études indiqueraient que le virus n'est pas vraiment aéroporté et que tout virus mis en aérosol par une toux ou un éternuement se dépose rapidement dans l'air. Cela signifie que l'entrée dans un espace aérien où une personne infectée a toussé un court une période de temps plus tôt n'augmentera pas de beaucoup le risque d'infection. Il existe toujours une possibilité d'infection de cette manière, mais elle diminue très rapidement avec le temps.

La capacité de survie du virus sur les surfaces peut cependant être plus problématique. Des études [1] ont montré que le virus peut rester viable jusqu'à trois jours sur des surfaces. Le taux de survie dépend du type de surface, les surfaces dures et brillantes comme l'acier inoxydable et le plastique ayant un taux plus élevé que les surfaces poreuses comme le carton.

Bien que l'on ignore encore beaucoup de choses, il devient évident que la transmission du virus par contact avec les surfaces est, selon toute vraisemblance, un problème bien plus important que dans l'air. C'est pourquoi la désinfection des surfaces semble être la priorité.

Distribution de spray

Pour désinfecter les lieux de travail et les espaces publics, nous devons traiter à la fois les surfaces et les volumes d'air. Au niveau de base, nous devons récupérer le volume de liquide désinfectant dans notre conteneur et le distribuer sur toutes les surfaces et dans les espaces d'air afin qu'il entre en contact avec l'agent pathogène que nous essayons de traiter. Toute buse de pulvérisation utilisée devra faciliter ce processus. Des procédés de distribution secondaires peuvent également être déployés, par exemple

l'essuyage pour aider à répartir le liquide sur une surface ou l'utilisation de ventilateurs pour aider à répartir le spray autour d'un volume d'air.

Le rôle de l'atomisation et de la taille des gouttelettes

La taille des gouttelettes joue un rôle important à la fois dans le traitement des espaces d'air et dans la formation de revêtements de microsursaces sur les surfaces.

Espaces aériens

Afin de traiter les agents pathogènes en suspension dans l'air, le désinfectant doit rester en suspension dans l'air suffisamment longtemps pour entrer en contact avec ledit agent pathogène. De grosses gouttelettes tomberont très rapidement de l'air et se déposeront. Les plus petites gouttelettes restent dans l'air pendant une période beaucoup plus longue. Les très petites gouttelettes de moins de 10 microns de diamètre ont tendance à rester dans l'air pendant très longtemps car elles rebondissent sur les surfaces avec lesquelles elles entrent en contact et ne se déposent pas du tout. Les brouillards secs de moins de 10 microns conviennent donc parfaitement à la décontamination des espaces aériens des agents pathogènes mais, pour des raisons évidentes, ils sont moins adaptés au revêtement des surfaces.

Surfaces

Afin de traiter les surfaces, le scénario idéal, comme mentionné ci-dessus, est de former un revêtement uniforme sur toutes les surfaces. Il est évident qu'une pulvérisation lourde aura tendance à recouvrir tout ce avec quoi elle entre en contact en trempant toute la surface, mais, comme nous l'avons noté, cela est loin d'être efficace et pratique dans de nombreuses situations du monde réel.

Les virus ne nécessitent généralement qu'une très petite quantité de désinfectant pour les tuer. Le scénario idéal est de former une très fine micro-couche de désinfectant sur toutes les surfaces. Le meilleur moyen d'y parvenir est de pulvériser finement le désinfectant. Si cela est fait correctement, cela présente l'avantage supplémentaire de :

- Réduction de l'utilisation de produits chimiques
- Réduire le risque pour la santé posé par ces substances chimiques
- Réduire les risques de dommages aux équipements électriques et autres sensibles au mouillage

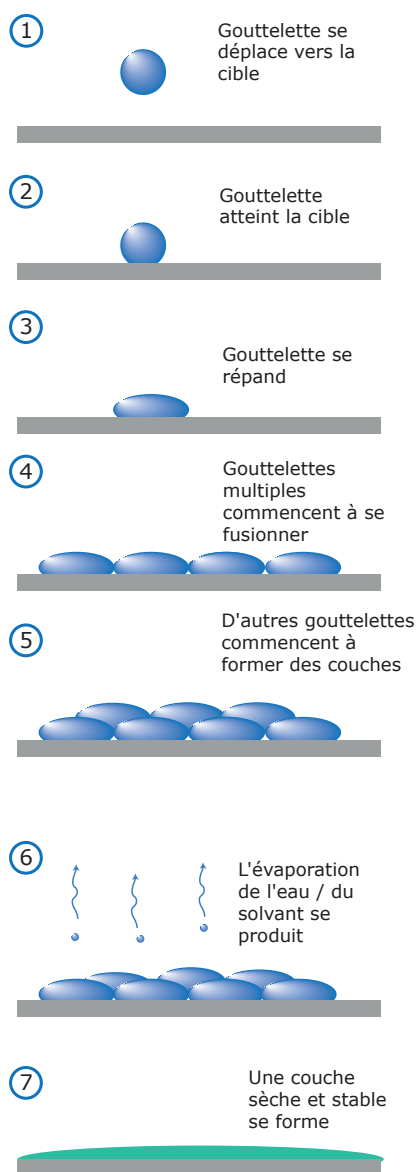
Taille des gouttelettes et comportement au contact de la surface

Lorsqu'une gouttelette entre en contact avec une surface, un certain nombre de choses peuvent se produire. Elle peut rebondir, rebondir et se briser, ou adhérer à la surface et s'étaler. Ce qui se passera dépend de la vitesse de la goutte, de la nature de la surface et de la taille de la goutte.

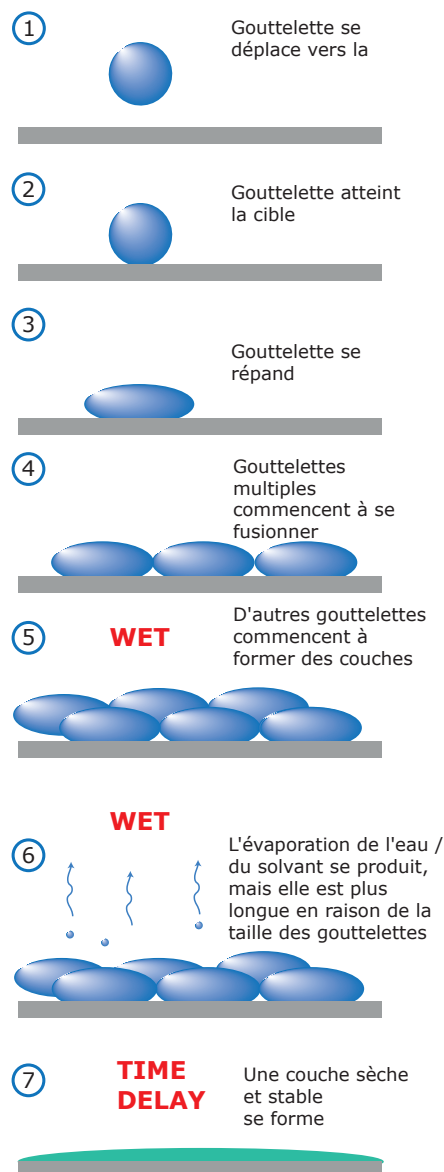
Si une gouttelette est très grosse, elle aura tendance à se briser et à rebondir. Une partie du liquide adhérerà à la surface, mais elle se trouvera dans un bassin assez grand. Il en résultera un revêtement inégal et irrégulier à la surface. La surface deviendra humide et la seule façon d'assurer un revêtement uniforme et complet se fait par un processus secondaire de distribution de fluide comme l'essuyage. C'est ce qui se produit lorsque nous

Table 1: Taille des gouttelettes et comportement au contact de la surface

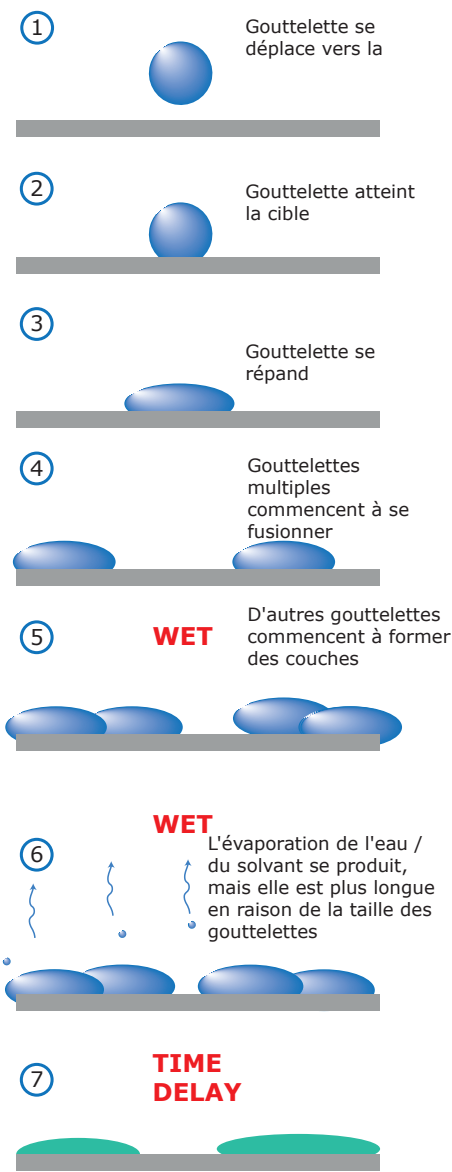
Taille de gouttelette idéale
avec bas volume de fluide



Taille de gouttelette large avec haut
volume de fluide



Taille de gouttelette large avec bas
volume de fluide



pulvérisons une surface de cuisine à l'aide d'un pulvérisateur manuel standard et que nous essuyons ensuite la surface. C'est en fait un excellent moyen d'assurer un bon revêtement de désinfectant sur la surface, mais il présente de sérieuses limites pratiques en termes de travail et de temps requis.

Les plus petites gouttelettes auront tendance à former un revêtement beaucoup plus uniforme lorsqu'elles touchent la surface. Les petites gouttelettes s'étaleront et se fusionneront pour former une couche. Si nous pouvons pulvériser suffisamment, nous pouvons nous rapprocher de l'idéal d'une couche très fine et uniforme. Cependant,

cette approche comporte un inconvénient. Si nous pulvérisons trop le fluide, les gouttelettes rebondissent simplement sur les surfaces.

Les très petites gouttelettes de moins de 10 microns environ auront tendance à agir davantage comme des particules solides ou des balles de caoutchouc que comme des liquides. En tant que telles, elles rebondissent simplement sur les surfaces.

Cela est particulièrement vrai si la surface est déjà un peu humide. C'est une excellente nouvelle si notre objectif est de maintenir les gouttelettes en suspension dans l'air et d'empêcher tout mouillage. En effet, tout le concept de brumisation sèche utilise ce phénomène, mais ce n'est pas une si bonne nouvelle si notre objectif est de générer un micro-revêtement sur toutes les surfaces. Les brouillards secs n'adhèrent pas aux surfaces et restent donc en aérosol pendant de longues périodes, ce qui signifie qu'ils sont excellents pour éliminer les agents pathogènes en suspension dans l'air, mais ils ne sont peut-être pas les meilleurs pour éliminer les agents pathogènes qui s'accrochent aux surfaces.

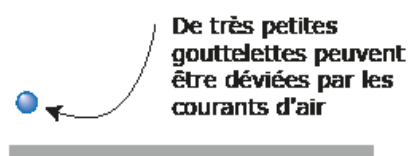
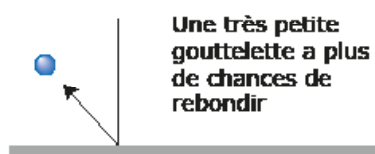
Outre le fait que les brouillards secs n'adhèrent pas aux surfaces, le fait qu'ils restent si longtemps en suspension dans l'air peut également poser problème. Le risque d'inhalation posé par les désinfectants en aérosol signifie que la zone peut ne pas être accessible en toute sécurité pendant plusieurs heures. Cela peut s'avérer très peu pratique si nous envisageons la désinfection à grande échelle des espaces publics.

Taille des gouttelettes et dispersion de la pulvérisation

Les petites gouttelettes ont cependant leurs avantages. Un jet de moins de 10 microns restera en suspension dans l'air et sera transporté dans une pièce par les courants d'air pendant une longue période. Le fait qu'il ne se stabilise pas dans l'air signifie qu'il atteindra tous les coins et recoins de la pièce. Dans les opérations de brumisation à sec, c'est bien sûr l'idée même. Le brouillard remplit la pièce et atteint toutes les parties. Toutefois, ce n'est peut-être pas le scénario idéal pour le traitement à long terme des lieux publics pour Covid19.

Table 2: Dispersion des gouttelettes

Très petites gouttelettes



Petites gouttelettes 10-30 microns



Plus grandes gouttelettes



Dans un monde idéal, nous voulons laisser une micro-couche de désinfectant sur chaque surface. Cela permettra non seulement de tuer le virus déjà présent, mais aussi de tuer toutes les particules virales qui se déposent une fois la pulvérisation terminée. Dans les lieux publics, une fumigation unique tuera certainement le virus déjà déposé, mais dès qu'une personne infectée pénètre à nouveau dans l'espace, elle peut être immédiatement recontaminée. Une couche de protection résiduelle serait l'idéal.

Il existe de nombreux liquides désinfectants qui prétendent offrir cet effet résiduel. Leur efficacité et leur durée d'action dépassent la portée et l'expertise technique de cet auteur, mais ce qui est clair, c'est que, du point de vue de la pulvérisation, les applications très fines de ces produits chimiques, inférieures à 10 microns, ne seront pas idéales. Nous devons cependant nous assurer que les produits chimiques atteignent chaque zone et ont donc encore besoin d'une bonne atomisation. Il faudra donc peut-être trouver un équilibre.

La mise en balance

D'une part, nous avons besoin d'une bonne atomisation, de sorte que le liquide reste en suspension suffisamment longtemps pour être transporté dans tous les coins et recoins. D'autre part, nous ne voulons pas atomiser le fluide au point qu'il n'adhère pas aux surfaces. De plus, nous ne voulons pas que le désinfectant reste en suspension trop longtemps dans l'air, car cela pourrait empêcher de pénétrer dans l'espace public pendant de nombreuses heures. La logique voudrait que des gouttelettes de 15 à 30 microns soient peut-être plus appropriées.



En effet, plusieurs études sont arrivées à cette conclusion. Une étude de Burfoot et Al [2] de 1999 a modélisé la distribution probable des gouttelettes de 5, 15 et 35 micromètres. Les modèles ont montré que si les gouttelettes de 5 microns donnaient un bon revêtement uniforme dans toute la pièce, elles resteraient trop longtemps en suspension dans l'air. En revanche, les gouttelettes de 35 micromètres se déposeraient rapidement mais assez localement. Les gouttelettes de 15 microns offraient un juste milieu. Une autre étude publiée en 201 a conclu que si les gouttelettes étaient trop grosses, la couverture de la surface serait mauvaise et le mouillage serait problématique, mais si elles étaient trop petites, les gouttelettes pourraient ne pas pénétrer la surface et rester en suspension dans l'air trop longtemps. [3]

Le meilleur des deux mondes

L'utilisation de systèmes de brumisation mobiles peut aider à obtenir le meilleur des deux mondes. Si la source du brouillard peut être dirigée et déplacée de manière à pouvoir être amenée à proximité de toutes les surfaces, il est possible d'obtenir un micro-revêtement plus uniforme. Un brouillard avec une taille de gouttelettes de 30 microns ne sera probablement pas très bien s'il doit couvrir toutes les zones d'une pièce à partir d'un seul point mais serait d'une bonne taille si les gouttelettes pouvaient être dirigées manuellement près de la surface à traiter. En effet, le temps de décantation plus rapide des grosses gouttelettes peut être avantageux car la pièce à nettoyer ne restera pas dangereuse aussi longtemps. Il convient de noter que même les brouillards de 30 microns appliqués localement avec précaution ne produiront pas un mouillage important et qu'il est donc toujours possible d'éviter d'endommager les surfaces sensibles avec des brouillards de cette nature.

Sélection des buses de pulvérisation

Il existe deux types de buses qui seraient idéales

Hydraulique à haute pression

Les buses de brumisation à haute pression auront tendance à fonctionner à des pressions comprises entre 20 et 100 bars. Dans cette plage de pression, on peut obtenir des gouttelettes de 15 à 100 microns. Plus la pression est élevée, plus la taille des gouttelettes est faible pour une buse donnée. Il est également vrai que le débit augmente avec la pression. Dans ce cas, il est parfois difficile d'équilibrer le débit requis avec la taille des gouttelettes requis.

Un autre problème des simples buses de brumisation hydrauliques est que les pulvérisations qu'elles les produits ont tendance à perdre de l'élan à une courte distance de la buse. Même à haute pression, la plupart de l'énergie de la pompe est utilisée pour atomiser le fluide (c'est pour cela que les buses sont conçues). Ainsi, même si la vitesse de sortie de l'orifice est très élevée, les petites gouttelettes ralentissent très rapidement et, à environ 10 cm de la buse, elles sont effectivement sous la direction des courants d'air.

Cela signifie que l'utilisation de buses de brumisation hydraulique pour traiter de grandes surfaces nécessite une sorte de système de distribution de fluide secondaire. Celui-ci se présente normalement sous la forme d'un ventilateur pour souffler la brume là où il est nécessaire.

Buses de pulvérisation à air atomisé

Ces buses mélangent le fluide et l'air pour former une fine brume ou un brouillard. En plus d'atomiser le fluide, la présence d'air comprimé dans le mélange permet de répartir et de transporter le brouillard résultant. Les pulvérisateurs à air peuvent projeter un panache de brouillard à plusieurs mètres de la buse.

Table 3: Caractéristiques des buses utilisées dans les applications de désinfection

	Buses à air atomisé	Buse de brumisation à haute pression (50 -100 bar)	Buse de brumisation à basse pression (10-20 bar)	Buses à jet plat ou à cône bas débit (1-10 bar)
Taille de gouttelette	10-40 microns	15-40 microns	30-80 microns	Plus de 70 microns
Portée	Bon. L'air peut transporter/projeter le spray sur plusieurs mètres.	Bas. Perd rapidement son élan.	Bas. Perd rapidement son élan.	Assez bas. Les gouttelettes les plus grosses aideront à transporter la pulvérisation mais toujours sur une courte distance.
Qualité de revêtement	Très bon. Les petites gouttelettes permettent d'obtenir un revêtement uniforme.	Très bon. Les petites gouttelettes permettent d'obtenir un revêtement uniforme.	Bon. Peut nécessiter une sorte de mouvement secondaire tel qu'un convoyeur pour aider le revêtement.	Moyen. Peut former un revêtement inégal et irrégulier en raison des gouttelettes plus grosses. Une action secondaire d'essuyage peut être nécessaire pour répartir le désinfectant sur toute la surface
Niveau de Mouillage	Bas	Bas	Moyen	Haut
Complexité et la facilité d'utilisation	Moyen. Une alimentation en air et en fluide à basse pression est nécessaire. Mais les buses alimentées par siphon n'ont besoin que d'air à basse pression.	Complexe. Une pompe à haute pression et un système de tuyauterie sont nécessaires.	C'est simple. Une pompe à fluide à moyenne pression et des tuyauteries.	Très simple et rentable. Pompe à fluide et tuyauterie à basse pression.
Applications recommandées	Nébulisation à grande échelle Systèmes basés sur des convoyeurs Certains systèmes mobiles.	Brumisation à grande échelle (avec l'aide d'un ventilateur) Systèmes basés sur des convoyeurs.	Systèmes de chambres de désinfection Systèmes basés sur des convoyeurs Parcourir les systèmes.	Systèmes basés sur des convoyeurs.

Ils peuvent assez rapidement remplir une pièce d'un brouillard/brouillard de fines gouttelettes de l'ordre de 25 microns en moyenne. Ces gouttelettes se déplaceront par le biais des courants d'air pour atteindre tous les recoins, mais elles adhéreront aux surfaces lorsqu'elles les toucheront. C'est pourquoi les buses de pulvérisation d'air peuvent constituer un bon choix de systèmes de brumisation.

Conclusions

Il faut trouver un équilibre entre les petites tailles de gouttelettes nécessaires à une bonne et régulière distribution et leur capacité à se déposer rapidement hors de l'air et à adhérer aux surfaces.

- Les gouttelettes de moins de 10 microns ont peu de chances d'être optimales pour la désinfection des surfaces. Elles seront excellentes pour désinfecter les espaces d'air et resteront en suspension dans l'air pendant des heures. Cela peut signifier qu'elles ne sont pas pratiques pour la fumigation des espaces publics car elles constituent un danger permanent pour la santé.
- Les gouttelettes de 10 à 25 microns se déposeront assez rapidement dans l'air mais seront toujours bien réparties dans la pièce grâce à un système de brumisation en un seul point.
- Les gouttelettes de plus de 25 microns ne seront probablement pas optimales pour une distribution à partir d'un système de brumisation à point unique, mais elles conviendront aux brumisateurs mobiles qui peuvent être dirigés là où c'est nécessaire, c'est-à-dire résoudre les problèmes de distribution.
- Les gouttelettes de plus de 60 microns sont susceptibles de provoquer un mouillage important et doivent être considérées comme une pulvérisation plutôt qu'un brouillard. Elles seront efficaces pour désinfecter mais nécessiteront plus de liquide pour obtenir un revêtement complet et devront être appliquées localement par des pulvérisateurs mobiles. Les recherches montrent que cela peut offrir des avantages supplémentaires pour le nettoyage par action mécanique et la pénétration des biofilms, en particulier lorsqu'ils sont combinés à un essuyage. [4]

Si les systèmes de brumisation à point unique que l'on met simplement en marche et que l'on laisse embuer toute la pièce sont très attrayants du point de vue de l'économie de main-d'œuvre et de la sécurité de l'opérateur, ils ne sont peut-être pas idéaux pour toutes les situations. Pour les petites zones, ils seraient un excellent choix, mais pour les zones plus grandes et plus complexes, les systèmes de brumisation manuelle et dirigée obtiendront probablement de meilleurs résultats.

Une conclusion finale est que des recherches beaucoup plus empiriques doivent être menées dans ce domaine. L'essai ci-dessus est le point de vue d'un ingénieur en pulvérisation qui essaie de réfléchir objectivement à ce problème de distribution des fluides. Il pourrait bien y avoir des nuances subtiles dues à une interaction complexe entre les différents produits chimiques utilisés, leur taux d'évaporation, leur adhésivité et le temps de contact nécessaire pour tuer les agents pathogènes. Ces facteurs pourraient bien affecter le choix des buses de pulvérisation et j'avoue que cela dépasse mes compétences.

Ce que je souhaite vivement, ce sont des essais empiriques réels, réalisés par des organismes indépendants dans des conditions expérimentales réalistes qui imitent les complexités de la pulvérisation dans le monde réel.

Une étude comparative entre les différentes méthodes de pulvérisation serait très intéressante à voir. Cela permettrait d'obtenir des données excellentes et indispensables. La plupart des recherches passées ont une portée limitée et il reste à dresser un tableau de ce qui est le mieux à conseiller. Ce qui précède est ma tentative de le faire de la manière la plus objective possible.

Références

- 1] Doremalen et al, Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1 The New England Journal of Medicine
- 2] D Burfoot et al, Fogging for the disinfection of food processing factories and equipment, Trends in Food Science & Technology Volume 10, Issues 6-7, juin 1999, pages 205-210
- 3] Nadr et al, Fine Sprays for Disinfection within Healthcare, Journal of Multiphysics volume 6 numéro 2 2012 - page 3
- 4] Bolton et al, Sanitizer efficacy against murine norovirus, a substitut for human norovirus, on stainless steel surfaces when using three application methods, Appl Environ Microbiol. 2013 Feb;79(4):1368-77. doi : 10.1128/AEM.02843-12. Epub 2012 21 déc.

Ivan Zytynski
SPG
Mai 2020