

LAVAGE À L'OZONE : ÉTUDE DE PERFORMANCES BASÉE SUR DEUX MODES D'INJECTION

L'ozone, un oxydant puissant reconnu pour ses propriétés désinfectantes, est envisagé depuis plusieurs années comme un agent de lavage offrant une alternative aux méthodes de lavage traditionnelles dans le domaine du lavage industriel. Les avantages que procurerait cette alternative résideraient dans l'abaissement des températures de lavage, jusqu'à la température ambiante (lavage « à froid »), la réduction des doses de produits lessiviels du fait du fort pouvoir oxydant de l'ozone, et la réduction des consommations d'eau comme conséquence d'un usage moindre de produits lessiviels.

Face à de telles revendications dignes d'intérêt, le CTTN a entrepris une étude qui consiste à évaluer l'efficacité de l'ozone dans les procédés de lavage, en prenant comme critère l'enlèvement de diverses salissures.

Deux techniques d'injection de l'ozone dans les bains de lavage ont été éprouvées :

- Injection directe par un injecteur conçu dans un matériau fritté inoxydable ;
- Injection d'ozone par l'intermédiaire d'un Venturi.

Les essais ont été réalisés en utilisant une laveuse-essoreuse industrielle de 20 kg de capacité de chargement, un programme de lavage à 20°C avec des produits lessiviels adaptés, combinés à l'injection d'ozone (**Programme Ozone**), et deux programmes de lavage classiques pris comme références, à 60°C et à 40°C (**Programme 60°C et Programme 40°C**).

Le programme de lavage désigné par **Programme Ozone** a été mis en œuvre d'une part, avec injection effective de l'ozone, tel qu'il est prévu, et d'autre part, en désactivant l'injection d'ozone.

↳ L'ozone

Il s'agit d'un gaz qui ne se dissout pas facilement dans l'eau, bien moins que les produits lessiviels qui ont été conçus pour cela. D'ailleurs, cette difficulté combinée notamment à l'action mécanique générée par le tambour de la laveuse-essoreuse tend à favoriser son dégazage du bain de lavage.

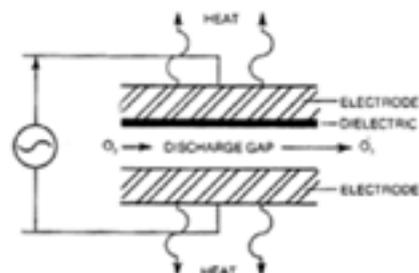
La température de lavage est aussi un facteur, le cas échéant, qui favorise le dégazage de l'ozone. Le lecteur l'aura compris, le dégazage est susceptible de réduire la présence effective d'ozone dans le bain de lavage, et donc son action.

↳ Générateur Ozone

Il s'agit d'un Générateur d'Ozone avec un débit d'injection d'air ozoné de 2 L/min, équivalant à 120 L/h. À cette pression, le gaz sortant du système atteint une concentration maximum théorique de 3% d'ozone, représentant ainsi un débit d'environ 8 g/h d'O₃ (valeur théorique maximale).

Le système utilisé est un générateur utilisant les décharges corona, la méthode la plus courante. Une unité de production d'ozone avec une décharge corona est composée des parties suivantes :

- Une source d'oxygène
- Des filtres à poussières
- Des sècheurs de gaz diélectrique



Générateur de décharge corona

LAVAGE À L'OZONE : ÉTUDE DE PERFORMANCES BASÉE SUR DEUX MODES D'INJECTION

↳ Modes d'injection de l'ozone

Injecteur fritté : Le matériau constitutif de l'injecteur est poreux. Il permet une diffusion de l'ozone dans le bain de lavage sous la forme de microbulles. Ce mode d'injection augmente la surface d'échange entre l'ozone et l'eau du bain.

L'injecteur en matériau fritté est installé directement sur la machine, à l'entrefer, entre cuve et tambour. Il est immergé dans le bain de lavage. Son extrémité extérieure à la machine est connectée au générateur d'ozone par l'intermédiaire d'un flexible. La hauteur d'eau, au-dessus du point d'injection de l'ozone, est ainsi de nature à maintenir au mieux des possibilités, l'ozone dans l'eau du bain. Ces conditions d'injection, toutefois assez complexes à mettre en œuvre techniquement, ont donc pour but de favoriser l'action de ce gaz dans le cadre du lavage. Le générateur est déclenché dès la stabilisation du niveau de bain, et il s'arrête dès la vidange.



Injection par Venturi : Le Venturi est un dispositif issu de la mécanique des fluides, destiné notamment à aspirer un gaz pour le mélanger à un liquide. Lorsque l'eau d'alimentation de la laveuse-essoreuse traverse le Venturi, sa vitesse augmente à l'endroit de la restriction de diamètre, provoquant ainsi une dépression.

Cette dernière aspire l'ozone qui est acheminé perpendiculairement depuis le générateur. L'ozone est ainsi efficacement mélangé à l'eau. Le Venturi est fixé sur l'alimentation en eau de la laveuse-essoreuse. Celle-ci est donc alimentée en eau ozonée. Ce procédé d'injection aisé à mettre en œuvre, a été choisi par plusieurs promoteurs du lavage à l'ozone.



↳ Matériel et Conditions d'Essai

Les essais ont été réalisés en utilisant une laveuse-essoreuse industrielle Girbau HS 4022, alimentée en eau adoucie.

Le générateur d'ozone est celui dont dispose le CTTN.

La charge de linge était de 14.3 kg, composée pour moitié de serviettes éponge 100% coton, l'autre moitié étant constituée de tabliers de cuisine en polyester-coton. L'ensemble des essais a été réalisé avec une même charge textile.



LAVAGE À L'OZONE : ÉTUDE DE PERFORMANCES BASÉE SUR DEUX MODES D'INJECTION

↳ Programmes de lavage :

Programme Ozone :

- Prélavage avec produit lessiviel, (selon les préconisations produits)
- Lavage avec produit lessiviel et agent de blanchiment correspondant, (selon les préconisations produits)
- Vidange.
- Rinçage.

Programme 60°C :

- Lavage avec produit lessiviel (tiré de la norme NF EN ISO 15797).
- 3 rinçages successifs.

Programme 40°C :

- Lavage avec produit lessiviel (tiré de la norme NF EN ISO 15797) et agent de blanchiment.
- 3 rinçages successifs.

Les programmes de lavage ci-dessus ont été mis en œuvre comme suit :

- > Programme Ozone
 - > avec venturi
 - > avec fritté
 - > sans ozone
- > Programme 60°C
- > Programme 40°C

Au cours de chaque cycle, 9 éprouvettes textiles multi-salissures distinctes ont été introduites (3 comportant des salissures imprégnées, 3 comportant des salissures d'application superficielle sur tissu chaîne et trame et 3 d'application superficielle sur tissu de maille). Chacune de ces éprouvettes a été fixée sur un article textile présent dans la charge de linge.

Chaque programme a été reproduit 3 fois selon ces mêmes conditions.

La diversité des salissures présentes, relevant de deux modes d'application, l'une plus sévère que l'autre, et sur 2 types de tissu, offre une possibilité d'évaluation complète de l'efficacité de lavage de chacun des programmes testés quant au critère « enlèvement de salissures ».

Une fois le cycle de lavage réalisé, la quantification de l'enlèvement des salissures est déterminée grâce à un dispositif de mesure de réflectances lumineuses (spectrophotomètre), permettant de calculer le pourcentage d'enlèvement de chaque salissure.

LAVAGE À L'OZONE : ÉTUDE DE PERFORMANCES BASÉE SUR DEUX MODES D'INJECTION

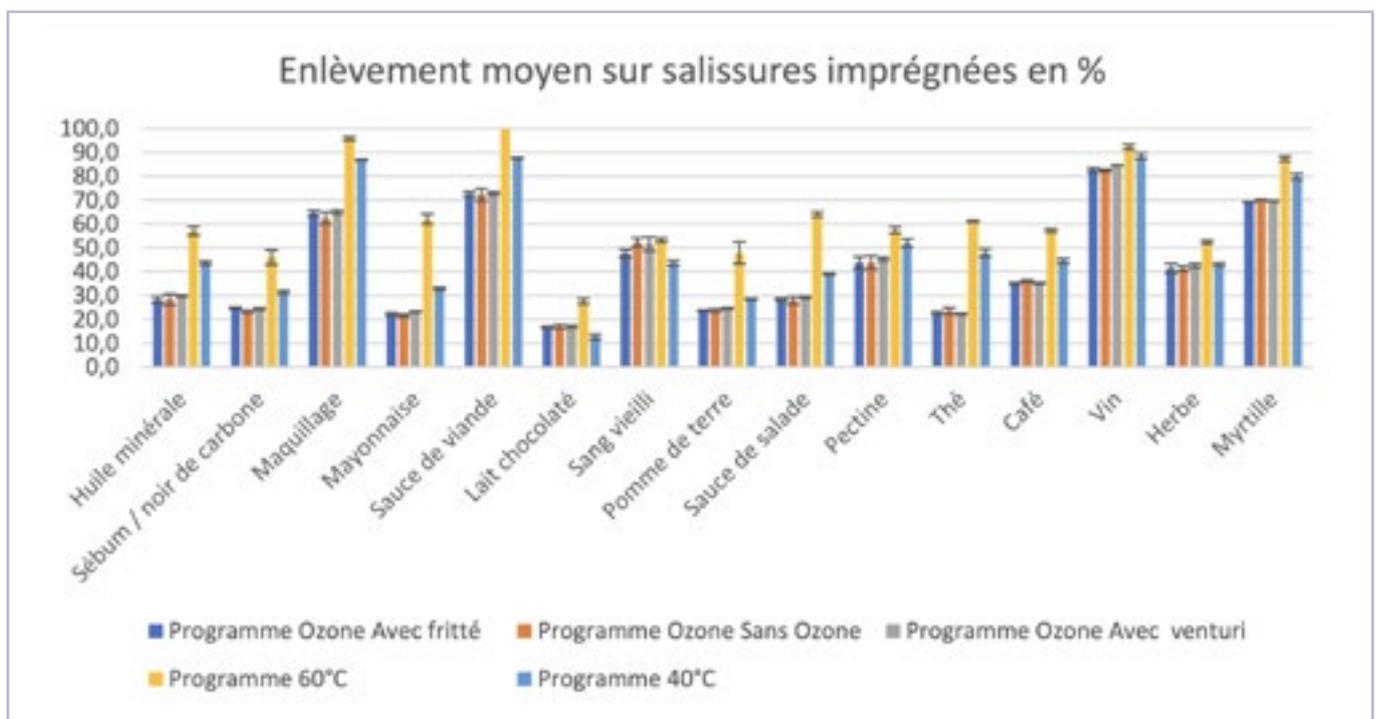


Salissures imprégnées



Salissures d'application superficielle

➤ Résultats obtenus pour les salissures imprégnées :

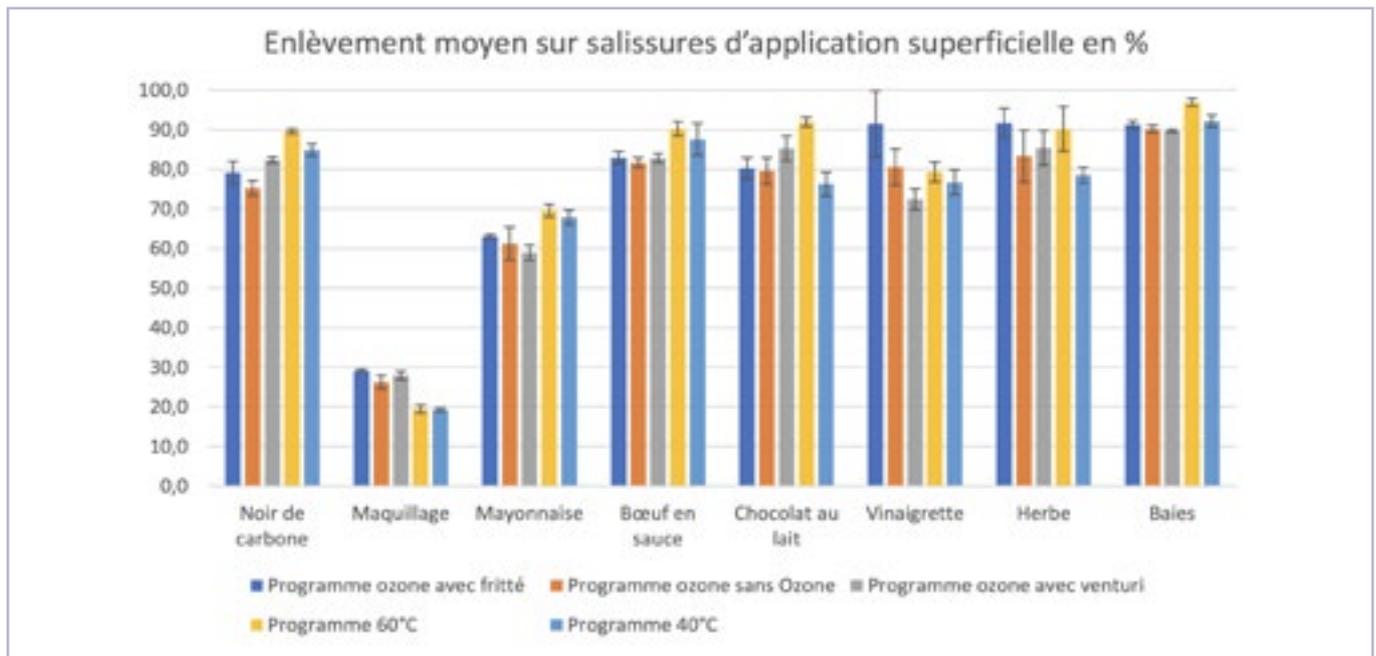


Globalement, dans le cas des salissures imprégnées, le Programme 60°C s'est avéré supérieur en termes d'efficacité d'élimination des taches par rapport aux autres cycles évalués, tandis que le Programme 40°C a montré la deuxième meilleure performance. Cependant, aucune différence significative d'efficacité n'a été observée entre les Programmes Ozone, qu'ils utilisent un système venturi, un injecteur fritté ou que l'injection d'ozone soit désactivée.

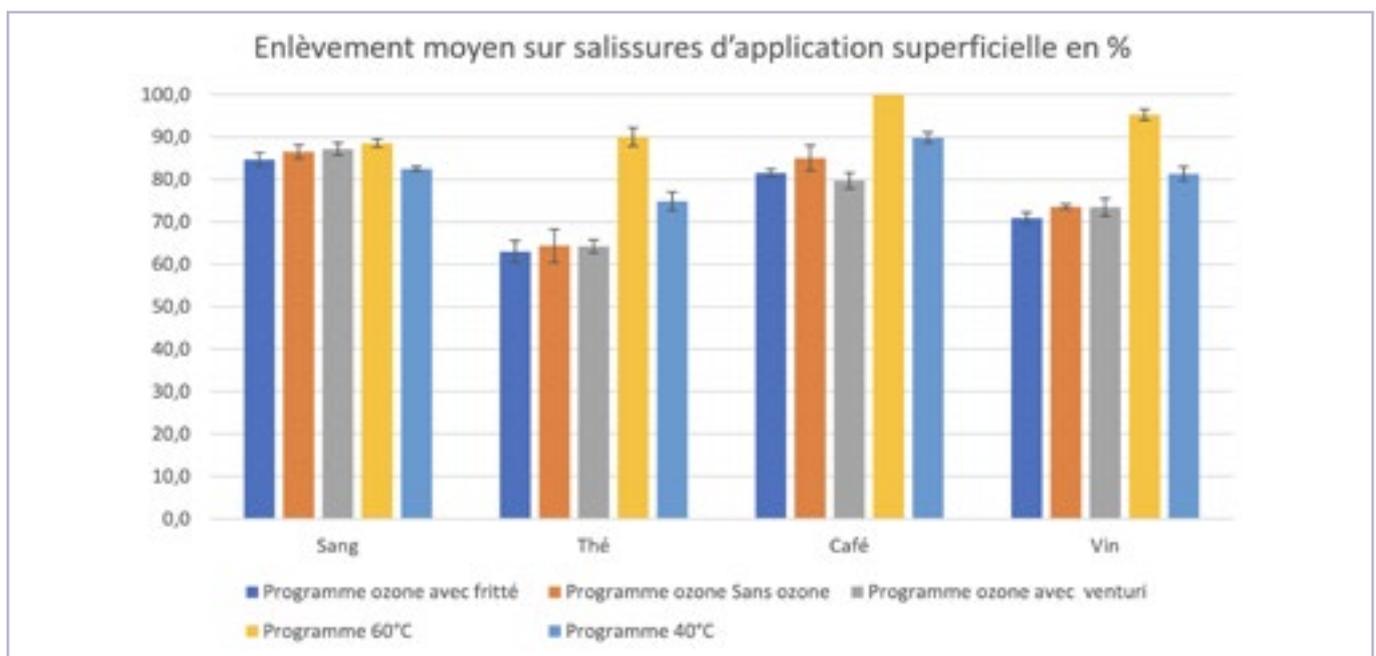
N.B. : Les « barreaux » noirs qui prolongent les « bâtons » de couleur des diagrammes de résultats correspondent aux écart-types obtenus : par programme de lavage testé, 3 essais, avec chacun 3 bandes de chacune des séries de salissures (imprégnées, d'application superficielle sur tissu et sur maille).

LAVAGE À L'OZONE : ÉTUDE DE PERFORMANCES BASÉE SUR DEUX MODES D'INJECTION

↳ Résultats obtenus pour les salissures d'application superficielle (tissus chaine et trame) :



↳ Résultats obtenus pour les salissures d'application superficielles (Maille) :



LAVAGE À L'OZONE : ÉTUDE DE PERFORMANCES BASÉE SUR DEUX MODES D'INJECTION

Concernant les salissures d'application superficielle, qu'elles soient appliquées sur des textiles chaîne et trame ou de maille, les variations de performance entre les différents programmes de lavage sont moins marquées. D'une façon générale, on note peu de différences significatives d'efficacité entre les différents Programmes Ozone (avec ou sans ozone). Le Programme 60°C se détache légèrement des autres programmes sur certaines salissures.

Le Programme Ozone avec injecteur Fritté se détache légèrement des autres programmes sur une, voire deux salissures, appliquées sur tissus chaîne et trame.

↳ Conclusion

Les résultats de ces essais montrent que l'introduction de l'ozone dans les processus de lavage industriel testés ici, que ce soit par l'intermédiaire de techniques d'injection par fritté ou par venturi, n'apporte pas d'amélioration notable de l'efficacité d'enlèvement des taches par rapport aux programmes de lavage classiques. Les différences de résultats entre les programmes de lavage testés avec et sans injection d'ozone ne sont globalement pas significatives, notamment compte-tenu des écarts types obtenus. Pour autant ces derniers sont en général relativement faibles.

Ces résultats remettent aussi en question l'efficacité de l'ozone dans le cadre du lavage d'articles textiles en tant qu'agent de lavage. Avec ou sans ozone, les « Programmes Ozone » ne présentent pas de réelles différences sur les résultats d'enlèvement. Ils soulèvent une question sur la justification d'un investissement dans des équipements et dans la mise en œuvre de procédés de lavage à l'ozone tels qu'ils sont proposés aujourd'hui.

ETN informe ses lecteurs que cet article connaîtra des prolongements dans des éditions ultérieures d'ETN.

L'OZONE EN LAVAGE INDUSTRIEL : UNE RÉVOLUTION EN QUESTION ?

L'application de l'ozone dans les processus de lavage industriels est souvent présentée comme une évolution majeure, qui offrirait à la fois une augmentation de l'efficacité et une réduction de l'impact environnemental.

En tant qu'oxydant puissant, l'ozone est potentiellement capable d'améliorer l'élimination de certaines salissures et la décontamination microbiologique et ce, à basse température, promettant une réduction significative de la consommation d'énergie (basse température) et de la consommation d'eau (diminution des doses de détergents, rinçage plus sobre en eau) – des éléments cruciaux dans l'industrie du lavage. Mais quelle est la réalité derrière ces promesses ? Examinons les faits.

↳ Génération de l'Ozone gazeux

Produit sur site en raison d'une demi-vie* courte (Exemple pour l'ozone : 20 minutes à 20°C dans l'eau en situation statique), l'ozone est généré principalement par lumière UV ou par la méthode de décharge corona, préférée pour sa productivité et sa rentabilité.

Le procédé de décharge corona dissocie les molécules de dioxygène de l'air (O_2) en leur infligeant une décharge électrique, formant des radicaux de mono-oxygène (O) qui se combinent ensuite avec d'autres molécules d' O_2 non dégradée, pour générer de l'ozone (O_3). La production d'ozone est influencée par plusieurs facteurs clés, y compris la concentration en oxygène du gaz d'entrée, l'humidité et la pureté du gaz.



- Typiquement, un générateur d'ozone à décharge corona de 30 000 watts, utilisant de l'air ambiant (la teneur en dioxygène de l'air étant d'environ 21%), peut produire de l'ozone avec un rendement de transformation de l'air en ozone de 0,8%, à une concentration d'environ 5 000 ppm dans l'air, en sortie (0,5 %)**. Cela signifie qu'une petite fraction de l'oxygène disponible dans l'air (moins de 4%) est convertie en ozone.

- Pour un générateur d'ozone de même type mais de 60 000 watts, dans les mêmes conditions, on obtient un rendement de 1,3%, à une concentration d'environ 8 000 ppm dans l'air, en sortie (0,8 %)**. La fraction de l'oxygène disponible dans l'air convertie en ozone est de l'ordre de 6,5 % dans ce cas.

Il est donc important de noter que ces niveaux de production sont faibles par rapport à l'oxygène total présent dans l'air. Pour autant, de tels résultats ont été obtenus à partir de générateurs d'ozone dont les puissances « corona » sont élevées et qui ne sont pas adaptés à une utilisation en blanchisserie ou en pressings, en raison des valeurs limites d'exposition humaine, 0,2 ppm (VLCT) et 0,1 ppm (VLEP8h).

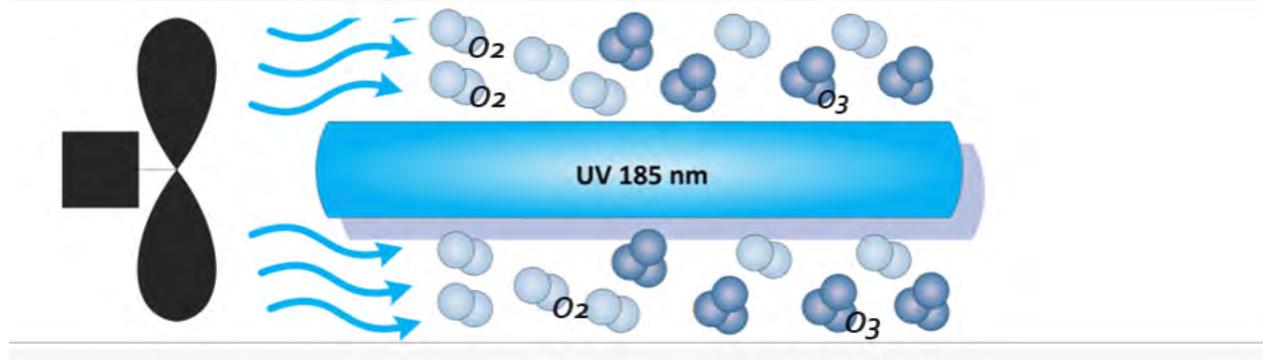
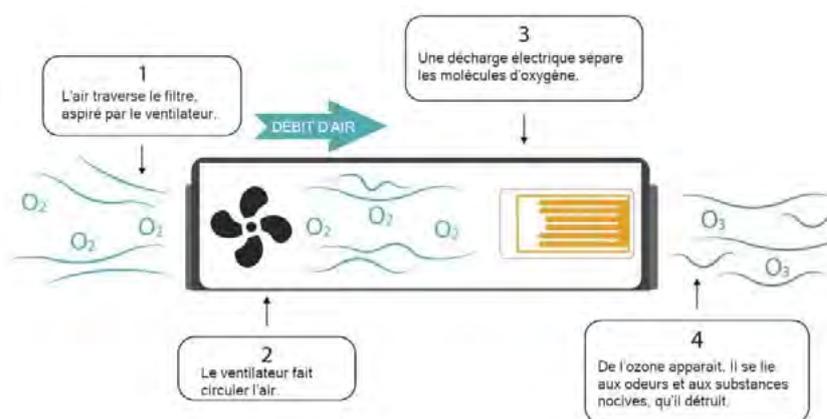
* **Demi-vie** : Temps au bout duquel une grandeur atteint la moitié de sa valeur initiale.

Pour en savoir plus, consultez le site : <https://www.lenntech.com/library/ozone/generation/ozone-generation.htm>

**Pour une application en lavage textile, l'ozone gazeux est mélangé après génération à l'eau du bain de lavage : bullage, injecteur en fond de cuve, ou Venturi.

L'OZONE EN LAVAGE INDUSTRIEL : UNE RÉVOLUTION EN QUESTION ?

*Schéma de principe générateur
d'ozone par décharge corona -
Image récupérée le 04/01/2021,
depuis EXPONDO,
[https://www.expondo.fr/inspirations/
ozonisation-pas-a-pas/](https://www.expondo.fr/inspirations/ozonisation-pas-a-pas/)*



*Schéma de principe générateur d'ozone par système UV - Image récupérée le 04/01/2021, depuis UBO,
<https://ultra-bio-ozone.com/les-4-facteurs-affectant-leffet-de-la-desinfection-de-l-air-a-l-ozone/>*

➤ Résultats des Études sur l'usage de l'Ozone en Lavage Industriel :

Dans les précédentes éditions de la revue ETN (n°317 "Étude : Lavage à l'Ozone" et n°318 – Dossier Spécial "GAROTÉK : Evaluation des Performances Lavage à l'Ozone"), des évaluations de l'utilisation de l'ozone en laveuses-essoreuses ont été relatées, apportant ainsi un éclairage sur deux applications différentes issues de cette technologie.

Il faut donc souligner que, contrairement aux générateurs d'ozone de haute puissance décrits précédemment, les études ont été menées avec des équipements proposés sur le marché pour le lavage textile, en blanchisserie et en pressing. Les laveuses-essoreuses restent des systèmes « ouverts » (boîte à produits, évent, hublot, vidange). Or, les limites d'exposition à l'ozone sont strictement réglementées (cf. VLEP8h et VLCT rappelées ci-avant).

L'OZONE EN LAVAGE INDUSTRIEL : UNE RÉVOLUTION EN QUESTION ?

De plus, l'ozone peut dégrader certains matériaux comme le caoutchouc, le polyamide, le nylon, le polypropylène, le zinc, le cuivre, ...

Afin de respecter ces normes sanitaires et de garantir une utilisation sûre, les générateurs d'ozone utilisés dans ces études avaient des puissances « corona » nettement moindres, variant entre 50 et 400 watts, ce qui représente de l'ordre de 1,3% au maximum, de la capacité des générateurs utilisés pour les essais de génération d'ozone relatés ci-avant.

Ces faibles puissances influencent directement la quantité d'ozone produite, la rendant bien sûre nettement plus sûre pour des environnements ouverts, tels que les laveuses-essoreuses.



➤ Étude du lavage à l'ozone à partir de 2 modes d'injection - ETN n°317



Cette étude a été réalisée à partir de deux méthodes d'injection d'ozone dans les processus de lavage industriel. La première méthode impliquait l'usage d'un injecteur fritté, conçu pour une diffusion homogène et fine de l'ozone dans le bain de lavage, pendant toute la durée du cycle, tandis que la seconde reposait sur un dispositif Venturi, exploitant un effet de vide pour incorporer l'ozone dans l'eau lors des phases de remplissage.

Les paramètres évalués se concentraient sur la capacité de ces systèmes à éliminer efficacement les salissures. Cette approche visait à déterminer si l'introduction de l'ozone pouvait entraîner une amélioration notable du processus de lavage par rapport aux techniques traditionnelles.

Toutefois, bien que l'injection de l'ozone ait parfaitement fonctionné pour ces deux méthodes testées, les résultats ont indiqué une absence d'amélioration significative de l'élimination des salissures, comparativement aux pratiques de lavage habituelles. Il en ressort que, malgré une mise en application efficace de l'ozone, dans des conditions adaptées au lavage textile, l'étude n'a pas mis en évidence d'avantages en termes d'efficacité du lavage, selon les critères couramment employés dans ce domaine.

L'OZONE EN LAVAGE INDUSTRIEL : UNE RÉVOLUTION EN QUESTION ?

↳ Étude partenariale - ETN n°318

Cette étude-là portait sur un procédé élaboré par un industriel, basé sur l'injection d'ozone gazeux directement dans les bains de lavage, par bullage, via un flexible relié à un générateur d'ozone. Il a été testé sur plusieurs aspects du processus de lavage : l'élimination des salissures, la décontamination microbiologique, ainsi que la réduction de la consommation d'énergie et d'eau. Des tests ont été menés sur des tissus contaminés de diverses manières, offrant une comparaison directe avec les méthodes de lavage traditionnelles.

L'analyse des résultats a montré que, bien que l'utilisation de l'ozone soit associée une diminution notable de la consommation d'énergie et d'eau, son impact sur l'élimination des salissures n'était pas significatif.

Ces études mettent en lumière les limites de l'utilisation de l'ozone dans les processus de lavage industriels. Bien que l'ozone contribue à une plus grande efficacité énergétique et à une moindre consommation d'eau, ses avantages en termes d'efficacité de nettoyage et de décontamination ne surpassent pas ceux des méthodes de lavage traditionnelles.

↳ Conclusion

L'examen approfondi de l'utilisation de l'ozone dans le lavage industriel, abordé dans ces études réalisées par le CTTN (**ETN n°317 et ETN n°318 – Dossier spécial**), a mis en lumière une réalité plus que nuancée. Bien que l'ozone possède un potentiel d'oxydation élevé, l'efficacité du lavage à l'ozone n'est pas au rendez-vous.

Les études sur les systèmes d'injection d'ozone, l'injecteur fritté, dispositif Venturi ou injection dans les bains de lavage par bullage, ont amené à conclure que, bien que ces systèmes aient effectivement réduit la consommation d'énergie et d'eau, l'apport d'ozone n'a pas amélioré de manière significative l'élimination des taches, comparativement aux méthodes traditionnelles de lavage, ni entraîné une amélioration de la décontamination microbiologique.

Il est essentiel de souligner que les générateurs d'ozone employés étaient spécifiquement adaptés aux environnements tels que les blanchisseries et les pressings, ils impliquent une capacité à produire de l'ozone à partir de l'oxygène présent dans l'air qui reste limitée.

Ces constatations soulignent la nécessité continue d'une évaluation et d'une adaptation éventuelle des technologies de lavage à l'ozone, en tenant compte des spécificités d'application et des normes de sécurité. Elles mettent aussi en garde face à la tentation de généralisation de l'efficacité de l'ozone, pour certaines applications, qui n'est donc pas transposable à d'autres, comme à celle du lavage textile, en l'état des procédés proposés.

Elles encouragent également de toujours mener une réflexion approfondie sur les bénéfices réels d'une technologie par rapport à ses bénéfices perçus, notamment dans le domaine du lavage industriel ou professionnel d'articles textiles.