

# TECHNOLOGIE DE DECONTAMINATION : OZONE GAZEUX



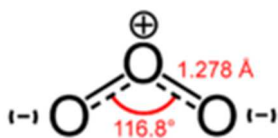
## 1. PRINCIPE DE LA TECHNOLOGIE

La décontamination de surface à l'aide de substances biocides chimiques consiste à exposer l'aliment par contact direct à une substance chimique ayant des propriétés antimicrobiennes pour réduire la contamination de surface après une courte durée de contact, suivie d'une phase d'élimination du biocide.

Il existe deux types de technologie : les biocides gazeux utilisés principalement pour décontaminer les solides secs divisés, et Les biocides liquides, utilisés en général en solution aqueuse.

Les biocides gazeux sont des gaz à température ambiante, ils ne sont pas obtenus par la vaporisation de liquides : l'air ozoné, obtenu par décharge électrique dans un courant d'air ou d'air enrichi en oxygène.

Parmi les substances actives, on trouve principalement des biocides oxydants : ces molécules chimiquement très réactives s'attaquent assez indifféremment à toute matière organique, et donc aussi aux microorganismes.



L'**ozone** est un gaz présent à l'état naturel dans la haute atmosphère. C'est une forme allotropique de l'oxygène, il est représenté par le symbole O<sub>3</sub>.

L'ozone (O<sub>3</sub>) est produit en brisant la molécule d'oxygène présente dans l'air (O<sub>2</sub>) : l'oxygène sous forme atomique unitaire est instable et cherche à se recombinaison en O<sub>3</sub>.

La production d'ozone se fait par l'enrichissement d'un courant de gaz riche en oxygène (oxygène pur ou air) en soumettant celui-ci à une décharge électrique (décharge corona), des UV ou par réaction d'électrolyse.

L'ozone se décompose en oxygène. Son taux de décomposition varie en fonction des conditions environnementales. Sa demi-vie est respectivement de 20 et 30 minutes dans l'eau et dans l'air.

**Du fait de sa toxicité et surtout de son instabilité, l'ozone ne peut pas se stocker. Il est donc produit en continu sur le lieu d'application grâce à un générateur.**

- **Caractéristiques techniques**

L'ozone est un **oxydant puissant**. Il peut oxyder les composés organiques et agit également sur les bactéries et les particules virales. Du fait de sa décomposition rapide, l'ozone n'a pas de rémanence.

La décontamination chimique agit uniquement en surface, ce qui réduit l'impact sur la matrice alimentaire, sauf pour les aliments secs poreux. En revanche, si la contamination est présente uniquement en surface, l'efficacité peut être remarquable.

Quelques paramètres de traitement doivent faire l'objet de mises au point et de validation :

- la **concentration** de l'agent biocide dans le milieu au moment de la mise en contact avec l'aliment
- la **température** lors du traitement
- la **durée de contact** avant élimination
- **les paramètres physicochimiques dans le milieu** lors du contact, et en particulier pour les biocides en solution dans l'eau : le pH, la présence d'ions métalliques.

## 2. APPLICATIONS de L'OZONE GAZEUX

L'ozone O<sub>3</sub> et plus précisément l'air ozoné, obtenu par décharge électrique dans un courant d'air, ou d'air enrichi en oxygène, est un biocide oxydant qui détruit les microorganismes en surface mais aussi certains contaminants chimiques comme les mycotoxines.

Les applications utilisant l'ozone gazeux sont :

- Le traitement des coquilles d'œufs,
- La décontamination des produits secs (poivre, pistaches avec coque, céréales, épices...) afin de réduire la contamination en spores de bactéries et de moisissures. L'efficacité de la technologie va dépendre de l'**Aw (activité de l'eau, propriété de l'aliment en rapport avec sa teneur en eau et sa disponibilité pour les microorganismes)**, et de la composition des produits, des conditions environnementales (humidité, température). En effet, les taux de décontamination obtenus sont meilleurs quand on traite des grains de céréales et de poivres entiers que lorsqu'on traite les poudres.
- La décontamination de l'ambiance et des surfaces des ateliers. Le traitement à l'ozone gazeux nécessite un plus long temps de contact qu'avec l'ozone en solution aqueuse pour atteindre le même niveau de décontamination à la surface des équipements. Pour obtenir une décontamination efficace de l'air et des surfaces d'un atelier il faut compter une concentration d'ozone de 20 ppm avec un temps de contact de 30 minutes à 1 heure.
- L'ozone gazeux peut également être utilisé dans les zones de stockage de fruits avec toutefois une efficacité limitée.
- OXYGREEN™ est un procédé autorisé en France pour la décontamination à l'ozone des céréales.



Le procédé utilise un réacteur vertical agité, les grains sont balayés par un courant d'air ozoné. Ce procédé permet l'obtention de céréales très bien décontaminées pour la fabrication de farines de haute qualité microbiologiques.

Il réduit le taux de bactéries d'un facteur 10000, de champignons d'un facteur 1000, induit la mortalité de 99 % des insectes et élimine 60 à 90 % des mycotoxines.

Dans le cas du procédé Oxygreen développé par la société GOEMAR, le frein réglementaire est important. L'autorisation d'utilisation du procédé Oxygreen est restreinte aux farines de blé, et le procédé devrait faire l'objet d'une certification Novel Food.

- **Impacts microorganismes**

L'ozone a une efficacité antimicrobienne sur un large spectre de microorganismes. Des études ont démontré l'efficacité de l'ozone sur les bactéries Gram négative et Gram positive, des spores de bactéries, moisissures, des virus. Il est actif contre les microorganismes à de faible concentration.

Il détruit les microorganismes en surface mais aussi certains contaminants chimiques comme les mycotoxines.

L'action antimicrobienne de l'ozone suit un procédé complexe. Il a été mis en évidence que l'ozone réagissait avec les lipides insaturés ou les composés protéiques de la paroi cellulaire provoquant une modification structurelle de la membrane menant à la lyse cellulaire. L'ozone réagit également avec l'ADN, provoquant une perte de structure et de capacité métabolique et de reproduction.

L'action de l'ozone sur les virus se fait au niveau des protéines de la capsid, des composés lipidiques de l'enveloppe ainsi qu'au niveau des molécules d'ADN et d'ARN.

Pour les spores de bactéries, l'ozone agit au niveau du manteau facilitant ainsi la pénétration des produits réactifs issus de la décomposition de l'ozone à l'intérieur de la spore.

Par rapport aux autres techniques de décontamination disponible, l'utilisation de l'ozone ne permet pas de gain supplémentaire en terme durée de vie des produits transformés.

Certaines études ont cependant démontré la synergie d'action entre un traitement à l'ozone (aqueux ou gaz) associé à une conservation sous atmosphère contrôlée permettant d'augmenter la durée de conservation de certains fruits et légumes frais.

- **Impacts produits**

En fonction de la sévérité du traitement appliqué, le fort pouvoir oxydant de l'ozone peut avoir un impact sur les propriétés organoleptiques (changement de couleur, apparition de mauvaises odeurs ou saveurs...) et nutritionnelles (réduction de la teneur en vitamines, enzymes, acides aminés et acides gras) des produits traités.

Le traitement d'ozone peut également provoquer des dommages au niveau des tissus des fruits et légumes ou une modification de la composition des produits.

Des études ont permis d'observer qu'un traitement à l'ozone induisait une diminution du taux d'acide ascorbique dans des brocolis et céleris mais également l'oxydation des caroténoïdes contenus dans des brocolis, concombres, champignons et carottes.

### 3. IMPACTS ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

- **Données économiques**

Peu de données disponibles. Cette technologie nécessite une étude technique complète pour définir le coût en fonction des installations et de leurs contraintes.

- **Environnement**

Le frein majeur concernant les applications utilisant l’ozone gazeux pour le traitement d’air ou de produits vient de la toxicité du gaz, même à faible concentration.

L’autre point pouvant rendre difficile l’utilisation de l’ozone pour la décontamination est le risque de corrosion des équipements dans certaines conditions de traitement.

En France, l’ozone est classé comme agent chimique dangereux et des mesures de prévention des risques chimiques sont associés à son utilisation (Circulaire DRT n°12 du 24 mai 2006), voir fiche INRS.

<b>Consommation eau</b>	Oui, si rinçage
<b>Consommation énergie</b>	Faible
<b>Rejets</b>	Comme tout procédé utilisant des substances chimiques actives, la décontamination par biocide génère des effluents. Toutefois, dans le cas des biocides oxydants, très réactifs, la demi-vie des substances actives est généralement courte (quelques heures maximum) et certaines substances se décomposent spontanément en résidus non toxiques pour l’environnement
<b>Risques liés à l’installation</b>	<p>Risque pour le personnel : l’ozone est un puissant oxydant induisant des radicaux libres oxygénés cytotoxiques. La VME (valeur moyenne d’exposition sur une durée de 8 h) de l’ozone est de 0,1 ppm. Les premiers signes irritatifs apparaissent entre 0,1 et 0,3 ppm, une dyspnée survient au-delà de 1 ppm et un œdème pulmonaire lésionnel est possible dès 5 ppm.</p> <p>Dans l’industrie agroalimentaire, des concentrations de 2 ppm sont généralement mises en œuvre, avec des temps de contact de quelques minutes. Selon les spécialistes, une teneur de 0,5 ppm dans l’eau est suffisante pour produire des concentrations dépassant la VME. La mesure de l’ozone dans l’air doit être pratiquée avec un appareil de type capteur à semi-conducteur, susceptible de détecter au moins 0,05 ppm. En l’absence de détection d’ozone dans l’atmosphère de travail et de toute plainte du personnel, le risque sanitaire n’est pas significatif.</p>

	De plus en raison de son instabilité, l’ozone ne peut être stocké (produit sur le lieu d’utilisation et dans des installations sécurisées).
--	---

## 4. CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

- **En France**

L’utilisation des biocides pour la décontamination de surface des aliments (autres que d’origine animale) est strictement encadrée en France par la réglementation sur les Auxiliaires Technologiques. Les applications autorisées font l’objet de listes positives et toute nouvelle application doit faire l’objet d’autorisations administratives préalables, accordées par le DGCCRF après instruction du dossier par l’Anses.

L’ozonation sous forme de gaz est un procédé autorisé pour la décontamination des céréales (procédé OXYGREEN™).

Cette technologie n’est pas autorisée pour d’autres applications sur aliments, et pas non plus pour la décontamination des surfaces et matériels en contact avec aliments.

=> La réglementation portant sur les Auxiliaires Technologiques est gérée par l’UE pour seulement certaines substances ou usages (décontamination des surfaces des produits d’origine animale, traitement des jus de fruits, traitement des caséines et caséinates, traitements œnologiques, etc.)

Dans tous les cas, il convient d’éliminer les traces de biocides résiduelles, les produits de dégradation des molécules actives, et les produits de dégradation de la matière organique et éventuels produits néoformés, par une étape spécifique d’élimination : rinçage, ventilation, etc..).

- **En Italie**

En Italie, le Ministère de la Santé, avec le protocole du 31 juillet 1996 n°24482, a reconnu l'utilisation de l'ozone dans le traitement de l'air et de l'eau, en tant que protection naturelle pour la stérilisation des environnements contaminés par les bactéries, virus, spores, moisissures et acariens.

**C'est un biocide appartenant à la classe 4 : désinfectant des équipements et matériaux en contact avec les aliments.**

**L'ozone ne laissant pas de résidu, son utilisation est donc permise dans le respect des normes HACCP et du décret n°626/94 qui limite les concentrations utilisées pour protéger la santé des opérateurs**

Conformément aux normes HACCP et au décret n°626/94, l'utilisateur ne doit donc pas être exposé à plus

de 0,1 ppm d'ozone en 8 heures ou plus de 0,3 ppm deux fois par jour pendant 15 minutes.

DECRETO LEGISLATIVO DEL 19 SETTEMBRE 1994 N. 626 con modifiche ed integrazioni del Decreto Legislativo 19 marzo 1996 n. 242

<http://www.pg.infn.it/sez/sicurezza/626-7.html>

## 5. IMPACT PRODUCTION BIOLOGIQUE

Selon le règlement (CE) N°889/2008 de la COMMISSION du 5 septembre 2008 modifié en Mai 2011, portant modalités d'application du règlement (CE) N°834/2007 du CONSEIL relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques en ce qui concerne la production biologique, l'étiquetage et les contrôles (JOUE du 18/09/2008), **seuls certains additifs et auxiliaires sont autorisés en agriculture biologique** (liste positive figurant à l'annexe VIII parties A et B du règlement (CE) n°889/2008).

ANNEXE VIII « Produits et substances visés à l'article 27, paragraphe 1, point a) et à l'article 27 bis, point a), utilisés dans la production de denrées alimentaires biologiques transformées, de levures et de produits à base de levures biologiques »

PARTIE B – AUXILIAIRES TECHNOLOGIQUES ET AUTRES PRODUITS POUVANT ÊTRE UTILISÉS POUR LA TRANSFORMATION D'INGRÉDIENTS D'ORIGINE AGRICOLE PRODUITS SELON LE MODE DE PRODUCTION BIOLOGIQUE

Version consolidée de mai 2017

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R0889-20170521&from=EN>

**L'ozone ne fait pas partie de la liste des produits autorisés comme auxiliaire biologique.**

Il est seulement autorisé pour certaines applications en aquaculture.

## 6. ÉQUIPEMENTS, CONSTRUCTEURS, MATURITE...

- **Maturité de la technologie**



C'est le **procédé par décharge corona** qui présente le meilleur rendement de production, c'est donc le procédé le plus couramment utilisé de nos jours.

Les freins majeurs concernant le développement de la technologie sont d'ordre réglementaire et sécurité des opérateurs, l'ozone étant un gaz toxique.

- **Equipements**

Une **unité de production d'ozone** avec une décharge-corona est composée :

- d'une **source d'oxygène (de bouteille)**, ou de l'air fourni par un compresseur
- de **filtres** à poussières pour le conditionnement du flux d'air
- de **sécheurs de gaz** afin de maîtriser l'humidité de l'air. En effet, si l'air contient trop d'humidité celle-ci va réagir avec l'ozone. Ceci conduit à la réduction du rendement de l'ozone.
- d'un **générateur d'ozone** et d'unités de contact qui permettent de mettre en contact l'ozone avec l'eau à décontaminer ou avec l'air dans le cas d'une décontamination d'ambiance
- d'un **destructeur d'ozone** utilisé pour détruire l'excès de gaz. L'ozone est un gaz très nocif pour l'homme même à faible concentration, c'est pour cette raison qu'une unité de destruction d'ozone doit être utilisée afin de réduire la concentration d'ozone à 0.1 ppm. Le mécanisme de destruction d'ozone peut être basé sur différents principes.



Source : système ozone gazeux - OZOMAX

- **Quelques fournisseurs d'équipements :**

**OMEGA ENVIRONNEMENTAL** – viroforce système pour la décontamination de l'ambiance en milieu hospitalier - <http://omegaenv.com/services/viroforce-disinfection-deodorizing/>

**Mecaprocess** - <http://www.mecaprocess.fr/desinfection-ozone.php>

**Ozone Service** - <http://www.ozone-service.fr/desinfection-eau-lavage-arrosage-e-coli-ozone.html>  
<http://www.ozone-service.fr/index.html>



LENNTECH - <http://www.lenntech.fr/>

OZOMAX - <http://www.ozomax.com/fr/>

ETIA - OZOSTERIL - <http://www.ozosteril.com/index.html>

SUEZ – OZONIA - <http://www.ozonia.com/ozone.php>

- Plateforme d'essai

### Institut LaSalle à Beauvais

Le 13 janvier 2017, l'école d'ingénieurs UniLaSalle inaugure sa nouvelle plateforme de recherche dédiée à l'ozone, LASALLE O3.

<https://www.unilasalle.fr/dossier/lozone-solution-optimale-de-decontamination/>

Domaines de recherche : désinfection et stabilisation des produits d'origine biologique (désinfection des produits frais et/ou secs) ;

Génération d'ozone : plusieurs ozoneurs à décharge OZONIA de capacités de production maximales différentes (de 10g à 1,5 kg d'O3/h)

Pilotes d'ozonation : plusieurs dispositifs pilotes instrumentés permettant les réactions suivantes :

- gaz/liquide pour fluide newtonien (2,0 m3 max) ou non (20 L max)
- gaz/solide divisé (50 kg max) et gaz/solide grossier (80 kg max)

<https://www.unilasalle.fr/recherche/recherche-service-de-nos-ambitions/lasalle-o3/>

Produits	ozone	Paramètres	Articles
oregano, thyme, mountain tea, lemon verbena and chamomile	4 ppm for 30 min		Kazi, 2017
Dried oregano	120 min ozone 2.8 and 5.3 mg/L.	Salmonella	Torlak, E 2013
Parsley	950 µL/l 20 min		Karaca, H (2013)
Peppermint Summer savory (Indian valerian, Meliss Iranian thyme	0.3, 0.6 and 0.9 ml/L at times of 10 and 30		VALI ASILL (2013)
Whole and fresh-cut Thomas tomatoes	4 µL-1 of O3 for 30 min every 3 h	metabolic behaviour and sensorial and microbial quality	Aguayo, E (2006)

Fresh-cut papaya	9.2 ± 0.2 µl/L at 10, 20 and 30 min	phytochemicals and microbial load (coliforms and mesophilic bacteria)	Aguayo, E (2006)
Flaked red peppers	0.1, 0.5 and 1.0 ppm 360 min 1.0, 5.0, 7.0 and 9.0 ppm 360 min (spores)	<i>Escherichia coli</i> , <i>Bacillus cereus</i> <i>B. cereus</i> spores	Akbas (2008)

<https://www.unilasalle.fr/?s=ozone>

## 7. BIBLIOGRAPHIE UTILE

Kazi M, Parlapani FF, Boziaris IS, Vellios EK, Lykas C . **Effect of ozone on the microbiological status of five dried aromatic plants.** J Sci Food Agric. Jul 31. (2017)

Wani, S, Maker, KM, Thompson, JR. **Effect of Ozone Treatment on Inactivation of Escherichia coli and Listeria sp. on Spinach** Agriculture, 5, 155-169; (2015)  
[https://www.researchgate.net/publication/277586967\\_Effect\\_of\\_Ozone\\_Treatment\\_on\\_Inactivation\\_of\\_Escherichia\\_coli\\_and\\_Listeria\\_sp\\_on\\_Spinach](https://www.researchgate.net/publication/277586967_Effect_of_Ozone_Treatment_on_Inactivation_of_Escherichia_coli_and_Listeria_sp_on_Spinach)

Alwi, N.A.; Ali, A. **Reduction of Escherichia coli O157, Listeria monocytogenes and Salmonella enterica sv. Typhimurium populations on fresh-cut bell pepper using gaseous ozone.** Food Control 46, 304–311. (2014)

VALI ASILL, AZIZI, BAHREINI, AROUIEE **The Investigation of Decontamination Effects of Ozone Gas on Microbial Load and Essential Oil of Several Medicinal Plants** Notulae Scientia Biologicae, , No 1 (2013)  
<https://notulaebiologicae.ro/index.php/nsb/article/view/8297>

Torlak, E; Sert, D; Ulca, P. **Efficacy of gaseous ozone against Salmonella and microbial population on dried oregano.** International Journal of Food Microbiology 165.3: 276-280. (2013)

Karaca, H; Velioglu, Y S. **Effects of ozone treatments on microbial quality and some chemical properties of lettuce, spinach, and parsley** Postharvest Biology and Technology 88: 46-53. (2013)

Akbas, MY Ozdemir , **Effect of gaseous ozone on microbial inactivation and sensory of flaked red peppers,** International journal of food science and technology, Volume 43, Issue 9 Pages 1657–1662 (2008)

Aguayo, E; Escalona, V H; Artes, F. **Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes** Postharvest Biology and Technology 39.2: 169-177. (2006)

Warriner, K; Ibrahim, F; Dickinson, M; Wright, C; Waites, W **Seed decontamination as an intervention step for eliminating Escherichia coli on salad vegetables and herbs .** Journal of the Science of Food and Agriculture 85.13: 2307-2313. (2005)

Toxicité de l'eau ozonée - F. Testud  
Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement, 2008, Vol.69, N°4, pages 632-633

PIPAME Les innovations technologiques, leviers de réduction du gaspillage dans le secteur agroalimentaire  
3.7 DECONTAMINATION CHIMIQUE DE SURFACE DES ALIMENTS, pp. 215-225