

1

PRÉSENTATION DU GÉNÉRATEUR D'OZONE LINDA

► L'OZONE : UN DÉSINFECTANT RECONNU

L'ozone est utilisé avec succès dans le domaine dentaire et médical **depuis plus de 20 ans** :

- comme alternative naturelle aux procédés chimiques traditionnels de désinfection et d'assainissement ;
- comme thérapie : l'oxygène-ozone permet de traiter les patients atteints de diverses maladies.

Depuis le 26 juin 2001, l'ozone est également reconnu par la FDA (Food & Drug Administration) américaine. Grâce à son pouvoir d'oxydation, l'ozone tue les bactéries en attaquant leurs membranes protectrices.

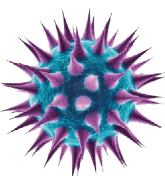
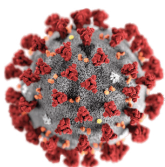
L'ozone peut également pénétrer les structures internes des virus, empêchant leur répllication.

La contamination croisée est un problème important notamment en dentisterie. L'infection croisée du personnel dentaire et médical est fréquente en raison de la présence de micro-organismes provenant du sang et de la salive du patient sur les instruments de soin ainsi que des résidus buccaux du patient.

► EFFICACE POUR L'AIR, L'EAU ET LES SURFACES

LINDA, le nouveau générateur d'ozone distribué par BIOMED, peut être utilisé **contre la contamination microbienne de l'eau et de l'air**.

LINDA désinfecte les instruments en aérosol, les espaces médicaux, les surfaces horizontales et verticales, y compris les meubles et l'ameublement (par exemple les bouteilles d'eau des unités dentaires), les salles d'attente, etc.



Efficace contre tous les organismes pathogènes (par exemple, légionelle, coronavirus et E. Coli), l'ozone est particulièrement recommandé pour assainir l'eau, assurant une **désinfection réelle, naturelle et totale**. L'ozone a une forte action bactéricide, **30 fois supérieure à celle du chlore**. L'action désinfectante de ce gaz répond aux exigences établies par les normes d'hygiène, car il empêche la formation d'un biofilm, d'incrustations et de moisissures, ainsi que la formation de souches bactériennes. En tant que molécule triatomique d'oxygène, l'ozone, contrairement à d'autres substances, se transforme en oxygène en peu de temps, sans résidus. C'est pourquoi, c'est le moyen de désinfection idéal pour répondre aux dernières exigences en matière d'assainissement de l'air et de traitement de l'eau.



ÉTUDE COMPARATIVE DE 3 GÉNÉRATEURS D'OZONE

► LES DIFFÉRENTS TYPES DE GÉNÉRATEURS D'OZONE

Il existe 3 types de générateurs d'ozone sur le marché :

1. **à lampes ultraviolettes (borosilicate)** : la lumière UV divise la molécule de O_2 en O_3 ;
2. **avec un système de cellules céramiques** (qui n'ont pas de séchoir à air) provoque des décharges électriques qui divisent le charbon moléculaire de O_2 en O_3 ;
3. **avec un système à couronne** (LINDA de BIOMED) : tuyau étanche où l'air est déjà sec et ozonisé. De cette façon, il n'y a pas de perte et la quantité d'air entrante est la même que la quantité d'air ozonisé sortante.

Les systèmes 1 et 2 fonctionnent bien à un niveau superficiel et dans les environs du générateur, mais ils perdent leur efficacité quand on s'en éloigne. Ce n'est pas par hasard qu'ils disposent de ventilateurs afin de renforcer la propulsion de l'air ozonisé.

Le système 3 (couronne) présente l'avantage de **traiter la totalité de l'air entrant** (aucune dispersion) :
concentration élevée = plus de MCS (Multiple Chemical Sensitivity) traités dans le même temps.

► LE GÉNÉRATEUR AIR & EAU LINDA

- LINDA est un générateur d'ozone en couronne.
- Il est capable de produire de l'ozone concentré qui **désinfecte à la fois l'air et l'eau** (2 fonctions dans un seul appareil)
- Les commandes de l'appareil pour ces 2 usages différents sont séparées (2 cartes électroniques).
- À l'intérieur du tuyau (sans air extérieur, seulement avec l'air présent dans le tuyau), 1 g d'ozone est produit ; à partir de la pompe à oxygène, ce sont 10 g/heure d'ozone: la quantité d'ozone produite dépend de la quantité d'oxygène présente dans le tuyau.
- Pour un suivi précis et complet des opérations, LINDA dispose d'une minuterie numérique.
- Afin d'optimiser la production d'ozone, LINDA est munie d'un système de déshumidification interne: ainsi, l'air qui atteint le tube du générateur d'ozone est dépourvu d'eau et de saleté.
- L'air ozonisé sort par un embout de 6 mm, de sorte que la concentration en ozone de l'air expulsé est maximale et continue.

► LE CANON À OZONE PROFESSIONNEL (SIMILAIRE AUX GÉNÉRATEURS AVEC VENTILATEUR)

- Le canon à ozone ne produit de l'ozone que pour **assainir l'air et non pour traiter l'eau**.
- Il utilise un système de production d'ozone qui à partir de **lampes en borosilicate**.
- L'ozone obtenu est produit par une décharge interstitielle à basse température appelée plasma (plasma froid) au cours de laquelle la production d'oxyde d'azote appelé (NO_x) est extrêmement faible.
NB : c'est le cas des générateurs (couronne de décharge avec plaque de surface) qui fonctionnent avec de l'air ambiant non traité.
- Ces générateurs produisent une **quantité correcte d'ozone** mais seulement sur la surface externe du générateur : par conséquent, le **pourcentage d'ozone rejeté dans l'air est faible**, c'est pourquoi ils font circuler beaucoup d'air

avec les ventilateurs. Pour avoir une efficacité même minimale, ces générateurs doivent donc faire circuler beaucoup d'air.

En fait, dans la fiche technique, le terme « débit » indique la quantité d'air qui traverse le générateur **mais pas la quantité d'ozone présente dans le volume d'air traité** ou dans le local à traiter. La quantité d'air traité indiquée est la quantité d'air que les ventilateurs déplacent et non celle qui est réellement traitée.

- Ce type d'appareil est utilisé pour **débarrasser l'air des odeurs et des bactéries** (par exemple en présence d'animaux).
- L'air ozonisé sort du générateur par les ouvertures de sorte que seule une partie de l'air passant dans l'appareil a une concentration d'ozone convenable.
- Les **commandes sont analogiques** et la minuterie est une sorte de régulateur à potentiomètre (faible précision).
- Ce type de générateurs est normalement utilisé pour un **usage domestique**.

► LE KING OZONO (ET AUTRES APPAREILS DE FAIBLE PUISSANCE)

- Le King Ozono est un dispositif de faible puissance (12 ou 220 V) qui fonctionne avec un **tube stérile** au lieu du « canon » classique.
- Sa puissance permet d'assainir l'intérieur des voitures par exemple. Il peut seulement **réduire la charge bactérienne** ambiante et **éliminer les odeurs**, la fumée ou les parfums présents.
- Le générateur produit 10 g d'ozone par heure mais la concentration dans l'air ne dépasse pas les 5-10 %, car la majorité de l'air expulsée n'est pas ozonisé.
- La concentration en ozone n'est pas constante, et King Ozono ne possède pas de déshumificateur pour garantir la qualité d'air mais seulement un **filtre**. Ce type de générateur n'éliminant pas l'humidité, la concentration d'ozone produite n'est jamais celle déclarée, et l'**ozone généré est de mauvaise qualité**. De plus, il consomme beaucoup d'énergie.

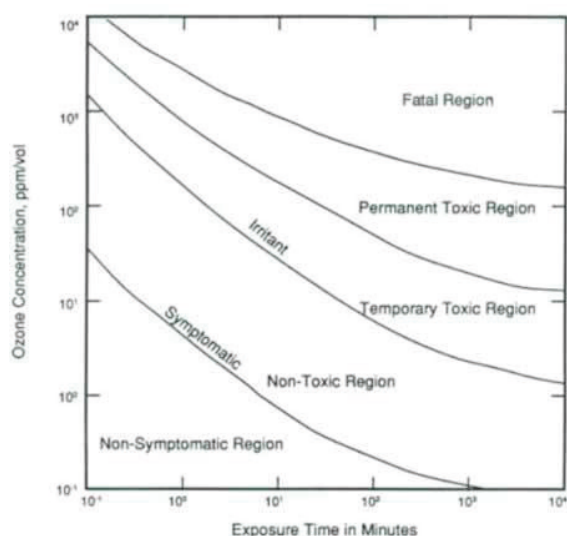
LINDA : LA QUALITÉ MADE IN ITALY

- Linda possède une **minuterie numérique**, en revanche elle est manuelle sur les autres appareils (type minuterie de four).
- Linda est fabriqué **en acier et possède un design exigeant et professionnel**, quand les autres appareils sont de qualité standard (fabrication chinoise).
- Les appareils qui fonctionnent avec des ventilateurs gagneraient à être mobiles (pour favoriser la diffusion de l'air ozonisé).
- Linda est un **appareil sûr** alors que dans les autres appareils, il peut y avoir un court-circuit si de l'eau s'introduit par le ventilateur.

ANALYSE DES PERFORMANCES DU GÉNÉRATEUR D'OZONE LINDA

▶ AVANT-PROPOS

Le graphique suivant illustre les effets de l'ozone sur la santé en fonction de sa concentration et du temps d'exposition.



Nous présentons ici les valeurs fonctionnelles d'un échantillon d'ozone produit par le générateur d'ozone LINDA de Biomed, avec :

- une capacité de production nominale de 1 g/heure ;
- un système de production d'ozone en couronne ;
- un système d'air pulsé d'environ 5 lt.

Dans un environnement possédant les caractéristiques suivantes* :

- dans un caisson de 1 m³ presque totalement étanche (afin de favoriser les flux d'air et de recréer les conditions réelles d'un assainissement de pièce)
- situé à l'intérieur d'une pièce ;
- avec les conditions climatiques suivantes : 22 °C, taux d'humidité moyen de 65-70 %, en amenant le volume du caisson à saturation en 5 minutes.

*Le test a été effectué par Consulenze Ambientali Spa, un laboratoire accrédité par Accredia le 08/05/2020.

NB : La production d'ozone des générateurs varie en fonction des paramètres environnementaux et de la température ; de la pression atmosphérique ; du taux d'humidité présent dans l'air ; de l'altitude ; des composés azotés présents dans l'air, etc. En conséquence, le nombre de particules PPM présentes dans varie également. C'est pourquoi, les données présentées ici et le nombre de particules PPM doivent être considérés comme indicatives.

▶ RÉSULTATS

Voici les valeurs collectées* dans les conditions environnementales indiquées plus haut :

- Production d'ozone : 0,7-1 g/heure
- Prélèvement après 5 min : 180-250 mg/heure
- Échantillonnage résiduel après 30 min. : 16 mg/m³
- Pourcentage de décroissance : plus de 93
- Résidu analysé au centre de la pièce : 39 ppb

* Mesures effectuées avec l'appareil de mesure continue API DANI 400.

► CONCLUSIONS

En utilisant les valeurs de référence mesurées ; en évaluant les volumes indiqués dans le tableau (temps indiqué en fonction du volume à traiter) ; en tenant compte des variables environnementales et en supposant un volume à assainir de 30 m³ (première valeur du tableau de référence placée sur l'appareil), on obtient les résultats suivants avec un prélèvement aléatoire instantané :

La mesure de la décroissance a été effectuée dans une pièce d'environ 27 m³ à une distance de 3,5 mètres et à une hauteur de 1,5 mètre. Elle montre une concentration résiduelle de 39 ppb.

Concentration : 180–250 mg / c = 0,18–0,25 g/m³
Résidu : 0,211–0,196 ppm

Ci-dessous, les valeurs limites autorisées sur le lieu de travail selon le TLW-TVA d'ozone résiduel après 8 heures (ACGHI) :

- activité importante : 50 ppb ;
- activité moyenne : 80 ppb ;
- activité faible : 100 ppb ;
- exposition dans les zones de travail de moins de deux heures : 200 ppb.

Les analyses de laboratoire ont montré que la valeur résiduelle observée était bien inférieure aux limites imposées.

Les évaluations numériques et les données obtenues lors des tests en laboratoire confirment que le dispositif LINDA produit une quantité d'ozone suffisante pour qu'on puisse **valider le pouvoir assainissant de l'ozone produit** (qualité et quantité) si on respecte :

- les temps d'utilisation indiqués dans le guide d'utilisation ;
- les indications contenues dans les lignes directrices.

ANALYSE COMPARATIVE DES DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT DE L'EAU ET DE L'AIR PAR L'OZONE ET LES DÉTERGENTS-ASSAINISSEURS

► PRÉSENTATION DES PRODUITS : L'OZONE

L'ozone sous forme gazeuse est un **désinfectant puissant**.

Pour effectuer une désinfection efficace, il est nécessaire de suivre un protocole précis ou de disposer d'un générateur d'ozone professionnel capable de produire une concentration adéquate (le système ayant le pourcentage de production le plus élevé est le système couronne), d'évaluer le volume de l'espace ou du récipient à traiter et de respecter la durée de l'opération.

Selon le Ministère de la santé italien, la concentration maximale d'ozone gazeux dans un environnement de travail temporaire (durée inférieure à 2 heures) s'élève à 0,2 ppm ou 0,4 mg/m³ ; et, pour une durée supérieure à 2 heures, la concentration maximale va de 0,05 à 0,1 ppm ou de 0,1 à 0,2 mg/m³.

Selon le SSICA (Stazione Sperimentale Industria Conserve Alimentari), un organisme italien de référence en matière de désinfection, de stérilisation, d'assainissement et de décontamination des aliments et des surfaces par les virus et les bactéries dans l'air et l'eau, les lignes directrices pour l'utiliser l'ozone gazeux dans la désinfection des environnements de travail sont les suivantes :

Niveau d'activité	Durée < 2 heures	Durée > 2 heures
Activité intense	TLV-TWA = 0,2 ppm soit 0,39 mg/m ³	TLV-TWA = 0,05 ppm soit 0,1 mg/m ³
Activité modérée		TLV-TWA = 0,08 ppm soit 0,16 mg/m ³
Activité faible		TLV-TWA = 0,1 ppm soit 0,2 mg/m ³

Le Ministère de la santé italien, par 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 comme un **moyen naturel de stérilisation des espaces contaminés par des bactéries, des virus, des spores, des moisissures et des acariens**.

Il peut être utilisé sous forme de gaz pour la désinfection des espaces et sous forme d'eau ozonée pour la désinfection des surfaces et des matériaux. L'ozone ne laisse aucun résidu et a une persistance dans l'air et sur les surfaces faible ; l'ozone est considéré comme actif contre le SRAS-CoV-2.

L'Association nationale des entreprises de lutte contre les parasites italienne (ANID) a quant à elle effectué une étude sur l'utilisation de l'ozone (chap. 3.4.) pour désinfecter les espaces dont le taux d'humidité est fort, dans lesquels le stationnement est prolongé et/ou la densité de fréquentation est importante.

Par espaces et zones confinées à forte fréquentation, nous entendons : salles de sport, prisons, écoles, aéroports et gares, centres d'accueil, cantines, cliniques, bars et restaurants, magasins, transports publics, salles de traitement à forte humidité, hôtels, etc., ainsi que les pièces où le stationnement est prolongé pendant la nuit et les surfaces sont en contact continu avec les goutelettes de respiration humaine. Les mesures de désinfection doivent viser principalement les surfaces qui sont les plus exposées au contact avec les personnes, comme les surfaces horizontales situées au niveau du visage et du torse, et les surfaces les plus manipulées, comme les poignées, les panneaux de boutons, les photocopieuses, les claviers, les souris, etc., car la probabilité de présence et de persistance du virus y est plus élevée.

Par rapport aux autres désinfectants, **l'ozone est 1,5 fois plus oxydant** (principe d'élimination des bactéries) **que le chlore** et 3000 fois plus que l'acide hypochloreux (Suslow, 1998).

Il est **très efficace, même à faible concentration**, contre un large éventail de micro-organismes (Khadre et Yousef, 2001), y compris les virus (Kekez et Sattar, 1997), et **ne laisse aucun résidu toxique** contrairement à d'autres désinfectants (Fan et al., 2007).

Plusieurs études ont mis en évidence l'**efficacité antibactérienne et antifongique** de l'ozone gazeux comme agent de désinfection dans les environnements de transformation des aliments (Moore, Griffith et Peters 2000 ; Robbins, Fisher, Moltz et Martin 2004, Tapp et Sopher, 2002 ; Campos et al., 2005). **L'utilisation de l'ozone est économiquement avantageuse**, les coûts d'achat et d'entretien des unités d'approvisionnement en ozone étant plus faibles que ceux des produits désinfectants (Greene, Few et Serafini, 1993).

En avril 2008, l'Union européenne a adopté une nouvelle directive (2008/50/CE) qui fixe des seuils relatifs à la qualité de l'air, et concerne notamment la concentration d'ozone.

Lors de la désinfection, la **concentration d'ozone dans les pièces traitées n'atteint jamais le seuil d'alarme** : après le processus d'assainissement, le temps de dissolution est extrêmement court. Il est conseillé de ventiler la pièce après un traitement afin de toujours avoir une concentration proche de zéro.

Les données de Legambiente (société italienne) indiquent que « l'ozone nocif est celui produit par les rayons solaires (UV). Ces derniers créent de l'ozone par le processus d'ozonation à partir de l'air, qui est pollué par les gaz d'échappement et les particules fines. Mais l'ozone n'est pas seulement toxique pour les microbes : l'interaction avec les tissus biologiques, y compris les muqueuses respiratoires, fait de l'ozone un puissant agent toxique pour les organismes vivants, y compris les humains.

Étant donné que le déclencheur des réactions à l'origine de la formation de l'ozone est le rayonnement ultraviolet du soleil, l'accumulation de ce gaz se produit en présence des polluants primaires qui agissent comme précurseurs, à la saison de l'année où les rayons du soleil sont les plus intenses (en été, avec un maximum en juin-juillet). »

Le fait d'éliminer les particules d'eau contenues dans l'air qui, en se liant aux substances polluantes deviennent porteuses d'éléments nocifs pour la respiration, permet de produire une quantité et une qualité d'ozone supérieure.

► PRÉSENTATION DES PRODUITS : LES DÉTERGENTS

Un détergent-désinfectant reconnu (validé par une instance médicale) contient généralement des substances chimiques capables d'inhiber rapidement les charges microbiennes présentes sur les différentes surfaces à traiter, ce qui entraîne plusieurs problèmes.

Le premier est que souvent, il n'y a pas d'évaluation de la toxicité des substances inhalées. Afin d'être pulvérisés et d'avoir une efficacité sur les surfactants présents, ils contiennent des solutions alcooliques ou aqueuses.

Un autre problème rencontré est le résidu de surfactants (très polluants). Pour l'éliminer, il est nécessaire d'utiliser d'autres composants chimiques. La méthode retenue est celle de l'oxydation radicale des substances organiques, dite « réaction de Fenton », au cours de laquelle du sel de fer bivalent (sulfate ou chlorure ferreux) est combiné à du peroxyde d'hydrogène (peroxyde d'hydrogène). Lorsque le peroxyde oxyde le fer bivalent en fer trivalent, il produit des radicaux libres (oxydants extrêmement puissants) qui détruisent les substances organiques, les dégradant dans certains cas jusqu'à l'eau et le dioxyde de carbone. De cette façon, les surfactants sont chimiquement dégradés jusqu'à 90 %, résolvant le problème initial.

► ANALYSE COMPARATIVE

Les détergents-désinfectants ne sont donc pas des solutions chimiques naturelles produites en laboratoire.

La première conclusion est que la présence de tensioactifs et de réactifs chimiques rend le détergent-antiseptique-désinfectant-virucide très dangereux tant pour la peau en contact que pour les voies respiratoires, car il s'agit de produits hautement corrosifs (soude caustique). L'utilisation de substances telles que l'alcool, le chlore, le peroxyde d'hydrogène amplifie sa dangerosité.

La composition de ces produits montre la présence d'alcool, de dérivés chlorés, de chlorhexidine, de dérivés iodés, de peroxydes, d'acide peracétique.

Selon les déclarations des fabricants, certains détergents-assainisseurs ont une action antibactérienne extrêmement longue (1 à 3 jours), car ils créent une « patine », sur la surface traitée donc l'action corrosive sur les différents matériaux se poursuit après une application.

Cela se traduit par la décoloration progressive des surfaces peintes et l'oxydation des surfaces métalliques (c'est pourquoi, en environnement hospitalier, les matériaux utilisés pour la production de dispositifs et d'équipements médicaux sont le Corian et l'acier inoxydable).

Les particules alcooliques ou aqueuses contenues dans les composés ont une inflammabilité et une conduction électrique élevées, c'est pourquoi il faut les définir comme extrêmement dangereuses si elles sont mises en contact avec des composants ou des dispositifs électroniques (composants discrets ou cartes).

Dans certains cas, il est même recommandé d'utiliser des gants et des lunettes pour les appliquer sous forme liquide ou les pulvériser.

Leur persistance est très élevée : la présence de ces substances sur les surfaces est détectée même une fois que leur action antibactérienne/antivirale est terminée. Pour les éliminer complètement, un traitement supplémentaire des surfaces avec un produit détergent différent est nécessaire.

À l'inverse, l'ozone est une substance naturelle qui est produite à partir d'un élément naturel présent dans l'air ou de l'oxygène.

Sa persistance sur les surfaces est très courte, de sorte qu'il est possible d'utiliser les environnements traités dans

un délai limité (de 15 minutes à deux heures selon le volume à assainir).

L'ozone est une substance très oxydante, mais son action sur les métaux n'est dangereuse pour l'homme qu'à des concentrations élevées (de l'ordre de quelques ppm), en cas d'exposition directe et pendant une durée importante. Pour confirmer cette déclaration, il suffit de penser que des systèmes de sécurité particuliers pour les composants électroniques ne sont appliqués que dans les processus de traitement des eaux industrielles, d'assainissement des conduits alimentaires, de traitement des produits cosmétiques et dans les textiles où la concentration d'ozone dans l'air et l'eau elle varie de quelques hg/heure à quelques kg/heure.

L'utilisation d'ozone à faible concentration, en revanche, ne met en évidence aucun problème pour les appareils électroniques.

► CONDITIONS LIÉES À L'UTILISATION DE L'OZONE

La génération d'ozone qui se produit à l'aide de l'air ambiant produit des réactions, avec la présence d'azote, qui conduisent à la production de substances toxiques telles que le dioxyde d'azote (NO_2), le nitrate (NO_3), le trioxyde d'azote (N_2O_3) et le pentoxyde d'azote (N_2O_5). Sans système de filtrage adapté, de nombreuses substances toxiques et cancérogènes sont générées par la réaction des particules PM10, PM2,5, COV, hydrocarbures, etc. De plus, en l'absence de sècheurs sophistiqués, l'eau contenue dans l'air (humidité) en réaction avec les oxydes d'azote, produit des quantités importantes d'acide nitrique qui, par le passage du flux d'air et l'évaporation due à la chaleur de la cellule, est dispersé dans l'environnement. Pour cette raison, **il est très important que l'air utilisé dans le processus de production d'ozone soit sec** : le point de rosée ne doit pas être supérieur à -50°C (extrait de plusieurs sources accréditées dont l'Université de Padoue – Faculté d'Ingénierie – Département des procédés de génie chimique).

Pour obtenir une bonne pureté de l'air sans humidité, des appareils de filtrage coûteux sont nécessaires, c'est pourquoi les « générateurs d'ozone bon marché » n'en ont pas : par conséquent, de nombreux ozoneurs produisent plus de substances toxiques et cancérogènes que d'ozone. Ces substances polluent l'environnement et peuvent nuire à la santé des personnes.

L'effet d'oxydation sur les circuits électriques doit être considéré comme influent car les concentrations pour obtenir une oxydation significative sont de l'ordre d'unités de ppm dissoutes dans l'air, avec une exposition constante, donc dans le cas de la désinfection, ces niveaux de concentration ne sont pas nécessaires et sont jamais atteints.

► CONCLUSION

Grâce à l'expérience de Galbiati, partenaire de Biomed, dans la production de dispositifs médicaux, le purificateur LINDA **possède toutes les qualités d'un instrument professionnel « médical »**. En effet, tous les aspects techniques ont été pris en compte dans la phase de conception afin de produire un dispositif de classe I disposant des mêmes caractéristiques qu'un dispositif de classe II (classe médicale) en conformité avec les normes de sécurité en cours.

Ainsi, l'air est traité et déshumidifié efficacement avant d'atteindre le cœur du générateur afin d'obtenir une **concentration élevée d'ozone (jusqu'à 90 %) sans production de substances nocives**.

Le dispositif LINDA a été conçu avec des matériaux de qualité (acier) et dispose d'un design fonctionnel : c'est **une alliance réussie de l'esthétique et la fonctionnalité au service de l'exigence médicale**.