

## Livre blanc



## Le paradoxe des électrodes – résolu !

L'« **alimentation en eau intelligente** » permet aux humidificateurs à vapeur à électrodes de fonctionner avec de l'eau déminéralisée.

Jusqu'à présent, le choix d'un humidificateur à vapeur adapté aux systèmes de traitement de l'air intérieur représentait un compromis pour les concepteurs : il fallait choisir entre les avantages classiques de la production de vapeur par électrodes et un fonctionnement ne nécessitant pratiquement aucun entretien. La raison en tient au **traitement de l'eau**.

Bien qu'il soit la clé de la longévité et d'un entretien minimal, il excluait jusqu'à présent, pour des raisons physiques, l'utilisation d'humidificateurs à électrodes. Un procédé innovant résout désormais ce paradoxe des électrodes et réunit pour la première fois le meilleur des deux mondes.

Efficace. Hygiénique. Innovant.



# Contenu

Méthodes de production de vapeur dans les humidificateurs à vapeur .....5

Production de vapeur à l'aide d'électrodes dans les humidificateurs à vapeur . . . .6

Quels sont les avantages des humidificateurs à vapeur à électrodes ? .....6

Comment fonctionne la production de vapeur à l'aide d'électrodes ? .....7

Le paradoxe : le conflit entre la qualité de l'eau et la conductivité .....7

L'innovation : le procédé d'« alimentation en eau intelligente » .....9

Aperçu du fonctionnement .....9

Les avantages pour les planificateurs et les exploitants .....10

Conclusion .....11

N'hésitez pas à nous contacter pour plus d'informations.



HygroMatik GmbH  
Lise-Meitner-Str. 3  
24558 Henstedt-Ulzburg  
Germany  
T +49 4193 895-0  
hy@hygromatik.de  
www.hygromatik.com



## Méthodes de production de vapeur dans les humidificateurs à vapeur.

Dans le domaine de la climatisation et des applications industrielles, on distingue principalement trois méthodes de production de vapeur d'eau pour les humidificateurs à vapeur :

- Électrodes
- Radiateurs à résistance
- Gaz

Ces méthodes produisent une vapeur d'eau hygiénique et stérile, mais elles diffèrent par leur mode de fonctionnement, leurs besoins en entretien et leur précision de régulation.

Dans ce qui suit, l'accent sera mis sur la méthode dite « des électrodes » et son utilisation en combinaison avec un système de traitement de l'eau.



# Production de vapeur à l'aide d'électrodes dans les humidificateurs à vapeur

## Quels sont les avantages des humidificateurs à vapeur à électrodes ?

### Hygiène maximale (absence de germes)

L'eau contenue dans le cylindre étant chauffée à plus de 100 °C, les bactéries, virus et autres micro-organismes sont éliminés de manière fiable. La vapeur produite est absolument stérile et irréprochable sur le plan hygiénique.

### Aucun risque de surchauffe (protection contre le fonctionnement à sec)

Il est physiquement impossible que les éléments chauffants grillent ou surchauffent. Lorsqu'il n'y a plus d'eau dans le cylindre, le circuit électrique est coupé et l'appareil s'éteint automatiquement.

### Régulation précise et rapide

En faisant monter et descendre de manière ciblée le niveau d'eau, il est possible d'adapter très rapidement et avec précision le débit de vapeur aux besoins réels en humidité.

### Faibles coûts d'investissement

Par rapport aux appareils équipés d'éléments chauffants à résistance ou de générateurs de vapeur à gaz, les humidificateurs à vapeur à électrodes sont généralement nettement moins chers à l'achat.

### Plus robuste et plus facile à nettoyer

Comparées aux éléments chauffants à résistance, les électrodes sont plus robustes et nettement plus faciles à nettoyer grâce à la structure de leur surface.

## Comment fonctionne la production de vapeur à l'aide d'électrodes ?

La production de vapeur dans les humidificateurs à vapeur à électrodes repose sur **un principe de fonctionnement à la fois simple et extrêmement efficace**. Un humidificateur à vapeur à électrodes produit de la vapeur stérile en exploitant la conductivité électrique naturelle de l'eau comme résistance. Il se distingue ainsi fondamentalement des humidificateurs à vapeur équipés de résistances chauffantes.

À l'intérieur de l'appareil se trouve un cylindre à vapeur fermé, dans lequel sont encastrées plusieurs électrodes. Le processus de vaporisation peut être décrit comme suit :

### | Alimentation en eau

Le cylindre est rempli d'eau du robinet (eau potable).

### | Courant électrique dans l'eau

Une tension alternative est appliquée aux électrodes. Ce courant électrique circule d'une électrode à l'autre en passant par l'eau. Ce phénomène est possible **car l'eau du robinet contient des minéraux et des sels dissous (agents de dureté) qui lui confèrent une conductivité électrique**.

### | Chauffage et vaporisation

En raison de la résistance électrique inhérente à l'eau, l'énergie électrique est **transformée en chaleur directement dans l'eau, sans aucune perte**. L'eau commence à bouillir et de la vapeur d'eau pure s'élève.

## Le paradoxe : le conflit entre la qualité de l'eau et la conductivité

Pour comprendre pourquoi ce nouveau procédé représente un véritable changement de paradigme dans le secteur, il est utile de se pencher sur les principes physiques de l'humidification isotherme.

**Les humidificateurs à vapeur à électrodes** utilisent l'eau contenue dans le cylindre à vapeur comme résistance électrique. Les ions dissous dans l'eau (sels et minéraux) transportent le courant entre les électrodes immergées. Ce flux de courant chauffe directement l'eau et la porte à ébullition.

**Le problème** : si l'on utilise pour cela de l'eau potable normale, riche en minéraux, les sels restent dans le cylindre lors de la vaporisation. Ils se déposent pendant le fonctionnement sous forme d'épaisses croûtes de calcaire sur les électrodes. Les processus de nettoyage automatisés tels que SuperFlush, HighFlush ou le rinçage des conduites de dérivation prolongent certes les cycles de maintenance et protègent efficacement le système contre les dommages, mais ils ne rendent pas pour autant superflue une maintenance régulière effectuée par du personnel qualifié.

Les tentatives précédentes visant à résoudre ce problème par l'utilisation d'eau déminéralisée (eau osmosée) se sont heurtées à des limites physiques, car l'eau déminéralisée pure ne contient pratiquement plus d'ions libres. La résistance électrique est donc extrêmement élevée, ce qui empêche le passage du courant. Les concepteurs étaient donc jusqu'à présent contraints de se tourner vers des humidificateurs à vapeur à résistances, nettement plus coûteux, lorsqu'un fonctionnement nécessitant peu d'entretien avec de l'eau déminéralisée était requis.

## L'innovation : le procédé d'« alimentation en eau intelligente »

Un procédé développé et breveté par HygroMatik permet désormais de résoudre cette contradiction. Au lieu de remplir le cylindre **soit** avec de l'eau du robinet contenant des minéraux, **soit** avec de l'eau déminéralisée, le système régule l'équilibre entre ces deux qualités d'eau en fonction de la conductivité à l'intérieur du cylindre.

Au cœur de ce système se trouve un **système intelligent de gestion du remplissage qui commande deux électrovannes**. Il surveille en permanence les données de courant nominal ainsi que les mesures du niveau d'eau et du courant, et détermine de manière autonome quel type d'eau d'alimentation – eau du robinet ou eau déminéralisée – est le plus adapté à ce moment-là.

### Aperçu du fonctionnement

#### Validation automatique des valeurs mesurées

Le système analyse en permanence si la conductivité actuelle est suffisante ou s'il est nécessaire d'augmenter la concentration à l'aide d'eau du robinet.

#### Décisions d'optimisation autonomes

La source d'eau appropriée est sélectionnée automatiquement en fonction des conditions de fonctionnement.

#### Une qualité d'eau constante

Un mélange optimal garantit une sollicitation minimale des électrodes et réduit les dépôts de substances responsables de la dureté de l'eau.

#### Sécurité de fonctionnement accrue

L'erreur « Cylindre plein » n'est déclenchée que lorsque le capteur de niveau d'eau confirme correctement le niveau de remplissage – sans que l'humidificateur ne passe prématurément en mode d'arrêt de production.

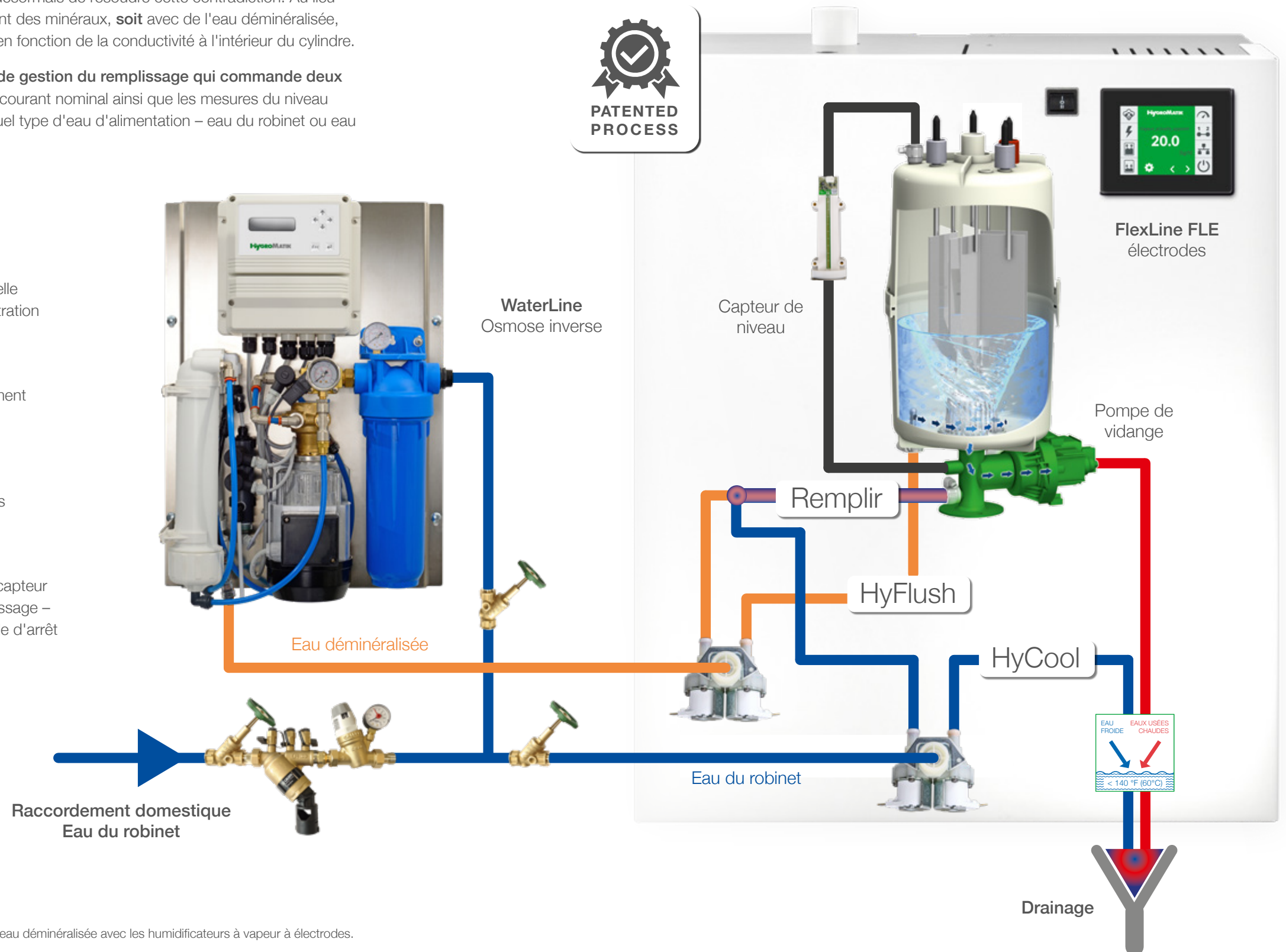


Figure 1.

L'option FlexLine « Alimentation en eau intelligente » permet d'utiliser de l'eau déminéralisée avec les humidificateurs à vapeur à électrodes.

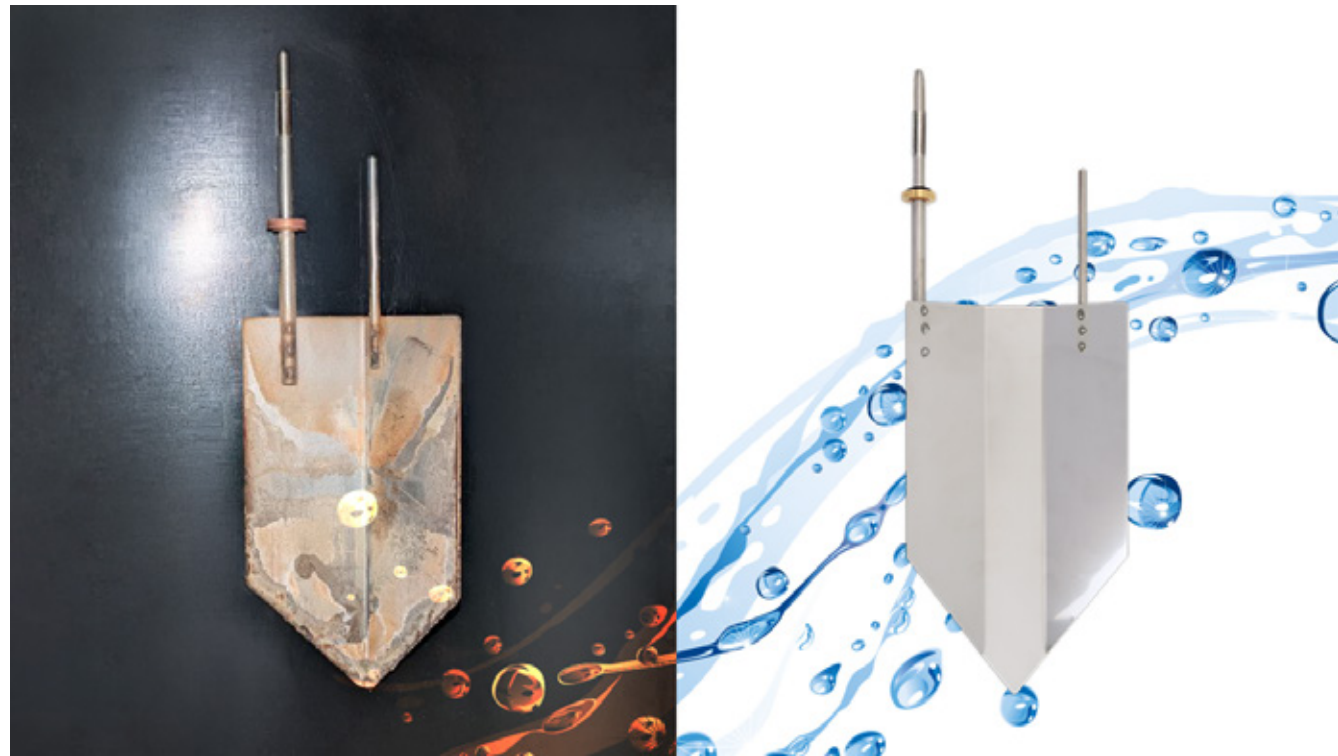


Figure 2. Électrode recouverte d'une croûte minérale vs. conservation d'un état quasi neuf grâce à l'utilisation d'eau déminéralisée

## Les avantages pour les planificateurs et les exploitants

Les électrodes restent en permanence exemptes de dépôts significatifs de calcaire et de salissures, car seules de très faibles quantités de substances responsables de la dureté sont introduites dans le système. Le système fonctionne de manière aussi propre et nécessite aussi peu d'entretien qu'un humidificateur à vapeur à résistances, tout en utilisant la technologie à électrodes, à la fois économique et robuste. Il en résulte des avantages significatifs pour les concepteurs et les exploitants d'installations de traitement de l'air.

### Sécurité maximale en matière de planification et de fonctionnement

#### Pas de pannes du système dues à l'entartrage

L'eau déminéralisée garantit que les dépôts de calcaire dans le cylindre à vapeur restent minimes. Il n'est donc plus nécessaire de prévoir des temps d'arrêt imprévus ni des pertes d'efficacité dues à des électrodes brûlées ou usées.

#### Véritable résistance intrinsèque au fonctionnement à sec

Jusqu'à présent, les concepteurs devaient se rabattre sur des humidificateurs à vapeur à résistances lorsqu'ils devaient répondre à des exigences élevées en matière d'absence d'entretien. Ceux-ci comportent toutefois un risque de surchauffe en cas de manque d'eau. Des thermostats de sécurité empêchent toute surchauffe : en cas de déclenchement, l'appareil passe en mode défaut jusqu'à ce que le problème soit résolu manuellement. Les humidificateurs à vapeur à électrodes, en revanche, possèdent une sécurité intrinsèque contre le fonctionnement à sec, due à des principes physiques (pas d'eau = pas de passage de courant = pas de surchauffe). Ils offrent ainsi une sécurité de fonctionnement sans interruption, sans nécessiter de composants supplémentaires.

## Rentabilité et avantage financier

### Coûts d'investissement (CAPEX) réduits

Les concepteurs peuvent proposer dans leurs appels d'offres des humidificateurs à vapeur à électrodes, nettement moins coûteux que les systèmes à résistances, sans pour autant devoir faire de compromis sur la fréquence d'entretien. Cela permet de ménager le budget de l'exploitant.

### Réduction des coûts d'exploitation (OPEX)

Grâce à la suppression des nettoyages réguliers des cylindres ainsi que des pièces de rechange coûteuses et des interventions de maintenance par du personnel qualifié, le concepteur peut proposer à l'exploitant une installation dont le coût total de possession (TCO) est extrêmement faible.

### Économies d'énergie grâce à la suppression du dessalement

Lorsqu'on utilise l'eau du robinet, il faut continuellement purger (dessaler) l'eau chaude riche en minéraux et la remplacer par de l'eau froide. Cela consomme de l'énergie. En revanche, l'utilisation d'eau traitée permet de réduire de près de moitié cette perte thermique grâce au doublement des temps de fonctionnement, ce qui améliore l'efficacité énergétique de l'ensemble de l'installation (un critère important pour les certifications « Green Building »).

## Flexibilité dans la conception du système

### Utilisation des infrastructures existantes

Si le bâtiment est déjà équipé d'un système central d'osmose inverse (par exemple pour des laboratoires, des hôpitaux ou d'autres processus), le concepteur peut intégrer les humidificateurs à électrodes de manière systématique.

### Puissance de sortie constante

Comme la résistance électrique dans le cylindre ne varie plus en raison d'une calcification progressive, les caractéristiques de régulation de l'humidification restent absolument précises et constantes pendant toute la durée de fonctionnement. Cela facilite la conception des systèmes de commande et de régulation (conception MSR).

## Respect plus aisé des normes d'hygiène

### Sécurité sanitaire selon la norme VDI 6022

Bien que l'eau soit traitée, le principe de fonctionnement de l'ébullition est conservé. Le système répond sans difficulté aux exigences strictes de la norme VDI 6022, car une vapeur pure, absolument exempte de germes, d'aérosols et de minéraux, est injectée dans le conduit d'air. Il n'y a aucun risque d'introduction de particules (poussière de calcaire) dans l'air soufflé.

## Conclusion

Le procédé breveté d'« alimentation intelligente en eau » constitue une avancée durable vers une **efficacité et une sécurité de fonctionnement accrues**. Grâce à une régulation automatisée, à une qualité d'eau optimisée et à une réduction significative de l'encrassement de la surface des électrodes, les exploitants bénéficient d'intervalles de maintenance plus espacés et d'un fonctionnement plus fiable de leurs systèmes d'humidification.

**Autre avantage :** la mise en œuvre technique de ce procédé permet, dans la plupart des cas, **de moderniser a posteriori** un humidificateur à vapeur à électrodes HygroMatik FlexLine déjà installé.



## Literaturverzeichnis

1. <https://luftbefeuchtung.bgetem.de>
2. <https://planerfibel.hygromatik.com/en/overview-procedures-and-methods> „What procedures and methods are there for air humidification?“
3. <https://www.hygromatik.com/fr/flexline>

## Notre service pour une satisfaction client optimale

- Une grande disponibilité des pièces de rechange
- Assistance technique +49 4193 895-293  
ou [hotline@hygromatik.com](mailto:hotline@hygromatik.com)
- HygroMatik distribue ses produits dans plus de 45 pays
- Modes d'emploi, données de planification  
et offre de formations en ligne sur  
[www.hygromatik.com](http://www.hygromatik.com)



### HygroMatik GmbH

Lise-Meitner-Str. 3  
24558 Henstedt-Ulzburg  
Germany

T +49 4193 895-0  
[hy@hygromatik.de](mailto:hy@hygromatik.de)  
[www.hygromatik.com](http://www.hygromatik.com)



Suivez-nous sur

**LinkedIn**

