Biodiv'airsanté

**Rapport d'expérimentation**

# Efficacité du purificateur d'air Teqoya sur les spores de moisissures en conditions réelles

*Essais réalisés du 20/08 au 18/09/2025*

*dans les locaux du laboratoire IAGE à Montpellier (34)*

IAGE
ONE HEALTH EXPLORER®

Version : Novembre 2025

Bruno TUDAL, le 24/11/2025

TEQOYA

Biodiv'airsanté

Biodiv'airsanté

**Plan du rapport**

Résumé

Introduction

Matériels et méthodes

Résultats

Discussion

Conclusion

Annexes

Biodiv'airsanté


## Résumé

Dans cette expérimentation inédite, il s'agissait de mesurer l'efficacité de la technologie Teqoya sur les spores de moisissures en suspension dans l'air, pouvant être responsables de nombreuses pathologies respiratoires. Nous avons voulu mobiliser au mieux les ressources disponibles afin de pouvoir travailler sur des conditions différentes et représentatives, tout en utilisant des méthodes déjà validées et en réalisant des essais reproductibles.

Pour cela nous avons donc réutilisé un prototype du nouveau modèle de filtre de Teqoya, prévu pour être intégré dans une CTA de bâtiment tertiaire par exemple. Il a été testé dans le laboratoire IAGE à Montpellier (34), spécialisé sur l'analyse par dPCR de mico-organismes dont les moisissures et ayant déjà réalisés des prélèvements préalables dans ses locaux. Le protocole a été établi conjointement entre Teqoya, IAGE et Biodiv'airsanté.

Il a été prévu de comparer les moisissures présentes à l'entrée et à la sortie de l'épurateur, avant et après passage de l'air dans le filtre électrostatique. Afin d'être représentatifs, les prélèvements ont été réalisés à échéance d'une et deux semaines d'utilisation. Le test a été reproduit dans deux espaces distincts dans lesquels des analyses préalables avaient déjà permis de vérifier la présence de moisissures : l'open-space d'analyse microbiologique (« Labo », considéré comme contaminé) et l'Accueil du bâtiment (considéré comme sain, comparable à l'air extérieur).

Les résultats ont démontré l'efficacité élevée du filtre électrostatique dans la partie Labo, mais ne sont pas aussi significatifs dans la partie Accueil. On observe en effet une faible contamination générale sur la 1ère semaine, mais sur 2 semaines si l'abattement est très net dans la partie Labo, il l'est beaucoup moins sur la partie Accueil où l'on retrouve une concentration plus élevée en sortie qu'en entrée du filtre.

Cela peut s'expliquer par différentes hypothèses, mais la plus probable est que dans l'Accueil le flux d'air est moins bien maîtrisé que dans le Labo, où il n'y a pas d'entrée directe d'air extérieur et moins de passage. Les perturbations liées à l'ouverture répétée de la porte d'entrée et au passage du personnel ont certainement contribué à la sédimentation de spores sur les lingettes situées au-dessus du filtre. Les différents taxons concernés (*Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum* et Pan-*Aspergillus*) étant présents en air extérieur sur la période considérée, cela tend à confirmer ce phénomène.

Cette expérimentation a donc permis de conclure à la fois sur l'efficacité de la technologie Teqoya, mais également sur le protocole en conditions réelles qui était inédit sur ce modèle et avec cette méthode. Ces informations seront utiles pour d'éventuelles études complémentaires, mais aussi en vue d'un déploiement commercial de la technologie testée : l'emplacement et la maîtrise du flux d'air auront un impact majeur sur l'efficacité réelle de traitement de l'air sur les sites d'utilisation.

## Introduction

A la demande du fabricant de purificateurs d'air Teqoya, Biodiv'airsanté France a développé une expérimentation en partenariat avec le laboratoire IAGE afin d'évaluer l'efficacité de la technologie sur les spores de moisissures dans l'air en conditions réelles.

Historiquement positionné sur le traitement de l'air par ionisation sans production d'ozone, Teqoya développe ces dernières années de nouveaux modèles d'électro-filtres, intégrables dans des supports divers : entrées d'air (avec ALDES), purificateur d'air domestique ou Centrale de Traitement d'Air.

C'est sur ce dernier modèle que nous avons choisi de réaliser une expérimentation. Après avoir validé l'efficacité en conditions réelles sur l'abattement de particules en suspension, il était intéressant d'aller plus loin en évaluant l'efficacité sur les spores de moisissures.

Les moisissures représentent un risque sanitaire majeur, par inhalation ou par contamination des aliments en milieu industriel par exemple. Nous avons donc exploré cette voie en unissant nos compétences en vue d'améliorer la connaissance de cette technologie et d'envisager de nouveaux marchés en France et à l'international.

## Matériels et méthodes

### a. Purificateur d'air

Le modèle choisi est la dernière création de Teqoya, capable de s'intégrer directement dans un bâtiment comme un filtre de CTA. Le prototype, installé dans un caisson vertical et associé à un ventilateur, a déjà prouvé son efficacité sur les particules (PM10 et inférieures) dans des grands volumes au sein des locaux Teqoya. Cette expérimentation était donc l'occasion de vérifier son efficacité sur les spores fongiques, qui font naturellement partie des particules en suspension dans l'air.

*Photo 1. Installation du purificateur d'air Teqoya à l'Accueil des bureaux d'IAGE.*

### b. Analyse des moisissures

Le choix de la méthode de prélèvements des moisissures a été l'étape la plus complexe de cette expérimentation. Le laboratoire IAGE a développé une méthode d'analyse des moisissures pathogènes par PCR digitale (dPCR), mais les prélèvements de surface sont habituellement réalisés par un écouvillon, ce qui ne semblait pas adapté à l'objectif visé ni à l'appareil concerné.

L'écouvillon sert plutôt à prélever sur un support tel qu'un mur, un plafond, un meuble... Il n'est pas possible de faire un prélèvement représentatif au niveau de l'entrée ni à la sortie de l'appareil. La lingette a donc été envisagée, mais avec une limite également sur le prélèvement actif. En effet, il est difficile de reproduire exactement les mêmes prélèvements sur une surface non plane, que ce soit avec un écouvillon ou une lingette, les résultats n'auraient donc pas été exploitables.

Il a donc finalement été décidé de procéder à des prélèvements passifs en fixant des lingettes sur l'appareil, avant et après passage dans le filtre. Deux lingettes ont été fixées à chaque extrémité afin de pouvoir retirer la première au bout de 7 jours et la seconde au bout de 14 jours.

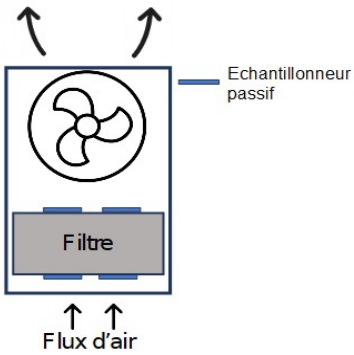


*Figure 1 : Schéma du positionnement des lingettes (échantillonneur passif).*

**c. Conditions de température et d'humidité**

Tout au long de l'expérimentation, les conditions de température et d'humidité ont été mesurées avec un capteur Monit'air (N° de série 866760051448126), qui mesure également le CO2 afin d'évaluer la qualité du renouvellement d'air dans une pièce occupée. Cela nous a permis de suivre les paramètres pouvant influencer le développement des moisissures dans les locaux concernés, avec un pas de temps de 10 minutes.

La batterie n'ayant pas été rechargée durant cette période, les mesures ont cessé le 15/09 ; il manque donc les 2 derniers jours de l'expérimentation à l'Accueil. Cela n'affecte a priori que peu la moyenne sur 12 jours au lieu de 14.

*Photo 2. Capteur Monit'air.*

Biodiv'airsanté

# Résultats

## 1. Analyses de moisissures

L'ensemble des résultats a été fourni dans un tableau récapitulatif (cf Annexe 1), ce qui permet de comparer directement les valeurs d'un point de prélèvement à l'autre, mais aussi entre la 1ère et la 2ème semaine sur chaque point.

| Nom de l'échantillon (IC) | Description de l'échantillon (IC) | Alternaria alternata | Toxine Alternaria alternata pksH pksJ | Stachybotrys chartarum - Stachybotrys echinata | Aspergillus spp. (1) | Talaromyces marneffei | Cladosporium herbarum | Penicillium chrysogenum | Pan-Aspergillus (2) | Pan-fongique | Pan-bacterien |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zone labo ventilation C14 | Ecouvillon | 2,50E+02 | ND | 4,75E+02 | ND | ND | 1,26E+03 | ND | 1,94E+03 | NA | NA |
| Zone labo ventilation C13 | Ecouvillon | ND | ND | 3,05E+04 | ND | ND | 6,22E+05 | ND | 2,40E+06 | NA | NA |
| Zone labo ventilation C16 | Ecouvillon | ND | ND | 1,28E+03 | ND | ND | 3,34E+03 | ND | 1,21E+04 | NA | NA |
| Hall accueil ventilation gauche | Ecouvillon | ND | ND | ND | ND | ND | 7,73E+02 | ND | 1,01E+03 | NA | NA |
| Hall accueil ventilation droite | Ecouvillon | ND | ND | 2,52E+02 | ND | ND | 1,03E+03 | ND | 3,27E+03 | NA | NA |
| Labo lingette entree T1 | Chiffonnette | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 3,45E+04 | NA | NA |
| Labo-lingette-sortie-T1 | Chiffonnette | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | NA | NA |
| Labo lingette entree T2 | Chiffonnette | ND | ND | 4,58E+03 | ND | ND | ND | ND | 2,08E+04 | 6,23E+04 | 8,74E+04 |
| Labo lingette sortie T2 | Chiffonnette | ND | ND | ND | ND | ND | 4,59E+03 | ND | 1,90E+02 | ND | ND |
| Accueil-lingette-entree-T1 | Chiffonnette | ND | ND | ND | ND | ND | 1,57E+04 | ND | 6,23E+04 | NA | NA |
| Accueil-lingette-sortie-T1 | Chiffonnette | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | NA | NA |
| Accueil-lingette-entree-T2 | Chiffonnette | ND | ND | ND | ND | ND | 2,43E+04 | ND | 2,01E+05 | 3,75E+05 | 7,37E+07 |
| Accueil-lingette-sortie-T2 | Chiffonnette | 4,74E+03 | ND | ND | ND | ND | 1,18E+05 | ND | 4,32E+05 | 7,46E+05 | 6,36E+07 |
| Lingette T0 | Chiffonnette | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 8,81E+03 | NA | NA |

*Tableau 1. Résultats complets avec les résultats notables à T0 (en jaune), les améliorations apportées par le filtre (en vert), les résultats sans amélioration (en rouge) et le témoin (en bleu).*

Tout d'abord, on retrouve les prélèvements de surface réalisés à l'écouvillon sur les bouches de ventilation en 3 points du Labo et 2 points à l'Accueil au début de l'expérimentation (T0).

On y retrouve des moisissures habituelles de l'air ambiant, telles que *Cladosporium herbarum* (omniprésent) ou certaines Aspergillacées (Pan-Aspergillus, autres que les 4 espèces pathogènes ciblées : *Aspergillus flavus, Aspergillus fumigatus, Aspergillus niger, Aspergillus terreus*), ou encore un peu d'Alternaria alternata sur l'un de points du Labo (attendue à cette période de l'année).

En revanche, on peut noter la contamination anormale à *Stachybotrys (chartarum et echinata)* dans 4 points sur 5, surtout au Labo. Cette moisissure toxique est habituellement retrouvée après une fuite ou un dégât des eaux, ce qui ne semble pas être le cas ici. Elle a donc certainement été apportée par des échantillons contaminés, manipulés au Labo.

Les analyses de l'efficacité de l'épurateur commencent ensuite, à l'aide de prélèvements réalisées par les lingettes disposées sur l'appareil, avant et après le filtre.

**Dans le Labo**, on ne retrouve pratiquement rien la 1ère semaine (T1), en dehors de quelques Pan-Aspergillus à l'entrée du filtre. En sortie, on repasse en-dessous du seuil de détection pour ce taxon et on ne retrouve pas les autres, ce qui tend déjà à montrer un amélioration.

Sur 2 semaines (T2), cette tendance se confirme. On retrouve un peu moins de Pan-Aspergillus en entrée, ce qui indique que le niveau de précision de la mesure est tellement faible qu'il faut appréhender ces résultats avec prudence. Cependant, la tendance à l'amélioration se retrouve en sortie de filtre sur ce taxon avec une concentration à peine supérieure à la limite de détection, indiquant une efficacité supérieure à 99%. Ce niveau de performance se retrouve d'ailleurs sur les Stachybotrys, ainsi qu'en flore totale (Pan-bactérien) et fonge totale (Pan-fongique), mais pas sur le *Cladosporium herbarum* sur lequel on observe le phénomène inverse. Cette dernière espèce étant très fréquente dans l'air ambiant, on peut supposer ici qu'il s'agit d'une contamination directe sur la lingette « Labo sortie T2 », et donc d'une exception dans ces résultats. **On peut donc conclure ici à une efficacité globale de la technologie de filtration Teqoya de l'ordre de 99% ou plus sur les moisissures et les bactéries.**

Les analyses comparatives réalisées ensuite **à l'Accueil** ne sont malheureusement pas aussi nettes et font ressortir une problématique typique des expérimentations en conditions réelles : l'environnement n'est pas maîtrisé.

La 1ère semaine (T1), on retrouve la même efficacité qu'au Labo sur les moisissures du groupe Pan-Aspergillus (très présentes), mais aussi sur *Cladosporium* herbarum qui n'est détecté qu'en entrée de filtre, ce qui est un nouveau point positif qui va dans le sens de la tendance précédente.

L'interprétation se complique sur les résultats de la deuxième semaine (T2), où l'on retrouve plus de moisissures en sortie de filtre qu'en entrée, et seulement une faible amélioration sur le Pan-bactérien. En outre, on y retrouve aussi de l'Alternaria alternata, qui n'était détectée sur aucune autre lingette. Les moisissures n'ayant pas pu se développer à l'interieur de l'appareil (entre le prélèvement d'entrée et le prélèvement de sortie), l'hypothèse la plus probable est donc une contamination de l'appareil par le dessus en 2ème semaine. Cela pourrait être lié à l'usage de l'Accueil et la difficulté d'y maîtriser les flux d'air.

Enfin, on retrouve une lingette témoin T0, qui présente uniquement une contamination aux Aspergillacées non-pathogènes, à une concentration plus faible que les autres résultats des prélèvements effectués à l'entrée du filtre dans chaque configuration.

## 2. Conditions de prélèvement

Les conditions de concentration en CO2, température et humidité relative ont été mesurées en continu durant les 2 phases d'expérimentation, au Labo et à l'Accueil, à l'aide d'un capteur Monit'air (N° de série 8667600514488126, *cf.* **Annexe 2**).

| Measured@ | CO2 (ppm) | Temp (°C) | Humidity (%) |
|---|---|---|---|
| **Moyenne Labo** | 684,58 | 19,68 | 69,15 |
| **Moyenne Accueil** | 889,76 | 21,37 | 60,54 |
| Mini Labo | 367 | 18,3 | 55 |
| Maxi Labo | 1880 | 20,9 | 90 |
| Mini Accueil | 410 | 19,8 | 50 |
| Maxi Accueil | 1672 | 22,4 | 83 |

*Tableau 2. Synthèse des mesures des conditions de prélèvements*

On observe des conditions relativement similaires dans les 2 espaces, mais quelques différences permettent de les distinguer :

- Labo : des conditions plus variables, avec un renouvellement d'air maîtrisé mais une humidité plus élevée.
- Accueil : un confinement moins important mais un taux d'occupation globalement plus élevé en moyenne, une température légèrement plus haute et une hygrométrie légèrement plus faible.

## Discussion

Les résultats dans la partie Labo sont globalement conformes aux attentes et confirment l'efficacité recherchée de la technologie Teqoya sur les spores de moisissures en suspension dans l'air, ce qui est toujours délicat en conditions réelles.

On remarque d'ailleurs que si l'expérimentation a bien fonctionné dans la partie Labo, elle n'est pas vraiment exploitable dans la partie Accueil.

Cela est probablement dû à deux raisons qui n'avaient pas été identifiées au préalables :

- l'installation de l'épurateur à l'accueil a trop été soumise aux flux d'air non maîtrisés.
- la position verticale à hauteur des personnes a favorisé le dépôt de moisissures sur l'appareil par le dessus, sans passer par le filtre.

On peut donc en tirer un enseignement à la fois pour les prochaines expérimentations, mais aussi pour l'intégration de l'épurateur sur site dans le cadre d'un déploiement commercial.

## Conclusion

Cette expérimentation visait à évaluer l'efficacité de la technologie de filtration électrostatique développée par Teqoya sur les spores de moisissures en suspension dans l'air intérieur.

Il a été démontré que lorsque les conditions sont contrôlées, un abattement important (au moins égal à 99%) s'applique lors de la traversée du filtre par l'air chargé en spores. Cependant, il est pour cela indispensable que ce flux d'air ne soit pas perturbé.

Cela a permis également de démontrer que l'intégration de ce prototype dans un bâtiment était une étape cruciale, qui influençait fortement les résultats. Afin d'optimiser les performances de l'appareil (en expérimentation ou en utilisation), il serait plus judicieux de l'utiliser moins près des personnes.

Biodiv'airsanté

**Annexes**

- Annexe 1 : rapport d'analyses IAGE
- Annexe 2 : mesures du capteur Monit'air