

Epuration des polluants gazeux de l'air par adsorption sur charbons actifs molécules odorantes et gaz toxiques

Dans le domaine de l'assainissement de l'air des ambiances de travail la technologie d'adsorption sur charbon actif permet de lutter efficacement contre les odeurs et les gaz toxiques.

Après un rappel des éléments clés à connaître sur le fonctionnement de ces systèmes, l'auteur décrit quelques exemples d'application vis-à-vis des odeurs et des gaz toxiques.

Jean-Michel VANHEE
Responsable marketing, Camfil,
Uniclina

Si 2 kg d'eau et 2 kg de nourriture solide suffisent à notre consommation quotidienne, ce sont chaque jour près de 15 kg d'air qui sont indispensables à notre vie ! Autant dire que l'air constitue de loin, notre premier aliment.

Malheureusement, à l'image du cheval de Troie, cet air introduit en douceur dans notre organisme tous les polluants qu'il contient. Nos quelque 300 millions d'alvéoles pulmonaires constituent pour ces polluants gazeux autant de portes grandes ouvertes vers notre circulation sanguine, donc au cœur même de notre organisme tout entier.

Notre exposition au milieu extérieur ne se résume pas aux malheureux 2 m² représentés par notre peau, mais aux 70 à 200 m² (la surface d'un court de tennis !) surface développée de notre appareil respiratoire.

Odeurs, solvants, COV, ozone, H₂S, SO₂, NO_x : comment dans les ambiances de travail lutter efficacement contre tous ces poisons transportés par l'air ?

Deux mots sur les polluants gazeux

Les polluants gazeux sont assimilables à de tous petits objets en suspension dans l'air. Leur dimension se situe autour de quelques Ångström (Å), soit 0,0001 µm (1/10 000^e de µm). Même les plus performants des filtres particuliers "absolus" (filtres HEPA/ULPA), sont incapables d'assurer une quelconque épuration à cette échelle. Rappelons que leur domaine d'action est celui des particules, soit au dessus de 0,01 µm.

Autre caractéristique : en dehors des applications industrielles de récupération de solvants sur un process ou de traitement à la source de rejets, les concentrations visées sont très faibles. C'est en particulier le cas des odeurs pour lesquelles le nez détecte des concentrations bien inférieures aux appareils de métrologie physico-chimique (tableau 1)

		AIVC 11256
Tétrachlorure de carbor		
Ammoniac :		
Chlore :		
Odeurs de cuisine-frites		
Hydrogène sulfuré :	0,2	ppm
Ozone :	0,05	ppm
Sulfures organiques :	0,005	ppm
Essences de vanille :	8.10 ⁻⁵	ppm
Musc :	4.10 ⁻⁶	ppm

Tableau 1. Exemples de seuils de perception olfactive.

Capture des polluants gazeux par adsorption

Les gaz, au contact d'une surface condensent. Ce phénomène est connu sous le nom d'adsorption. Cette propriété est mise au profit pour capturer les gaz en suspension dans l'air. Mais sitôt adsorbés, ils ne demandent qu'à quitter leur support par évaporation. Cet effet inverse s'appelle désorption.

Pour favoriser la capture, la surface disponible pour l'adsorption doit être très importante.

Avec des surfaces utiles supérieures à 1 000 m² par gramme, les charbons actifs grâce à leur structure microporeuse extrêmement développée, constituent des adsorbants idéaux offrant un maximum de surface dans un minimum d'encombrement.

Principales grandeurs caractéristiques des charbons actifs

Surface spécifique

Elle caractérise la surface d'échange d'un adsorbent. Plus elle est grande, plus l'adsorbent est adsorbant.

La surface spécifique du charbon actif s'énonce en m²/g : elle exprime la surface développée des pores d'un gramme de charbon considéré.

C'est l'opération "d'activation" qui rend accessible la surface développée de la structure microporeuse des grains de charbon et transforme un charbon banal en un "charbon actif". Ainsi on passe de 5 m²/g pour un charbon non activé à 600 à 2 000 m²/g pour un charbon activé.

A titre de comparaison, 1 g de média filtrant particulaire HEPA en fibre de verre offre une surface d'échange (surface développée des fibres constitutives du média) de l'ordre de 2,4 m², soit 300 à 900 fois moins.

Capacité d'adsorption (taux de saturation)

Lorsque la concentration d'un produit gazeux donné est la même en aval qu'en amont de l'adsorbent, il est saturé. Il a atteint son "taux de saturation". Le "taux de saturation" correspond à la quantité maximale de ce produit que peut retenir l'adsorbent à la température et à l'humidité relative considérées.

Cette quantité porte aussi le nom de "capacité d'adsorption". Elle s'exprime en grammes adsorbés du produit considéré pour 100 grammes de charbon actif sec (tableau 2).

à charbon actif, il se passe une véritable réaction chimique qui transforme le gaz toxique en un ou plusieurs composés non toxiques et/ou non volatils. Il ne s'agit plus alors d'un simple piégeage réversible, mais d'une réelle élimination du polluant visé.

Ceci est obtenu par l'adjonction d'"imprégnants". Le choix des imprégnants est bien entendu fonction de la nature chimique du polluant dont on veut se débarrasser. Il existe des charbons spécialement traités pour les gaz acides (H_2S , SO_2 , NO_2 ...), pour les gaz alcalins (NH_4), pour l' ICH_3 , pour les vapeurs de mercure, pour le chlore, pour le formol et bien d'autres substances dont les gaz de combat tels que chloropicrine, cyanogènes, etc. !

Le dimensionnement de l'étage d'adsorption est fonction de la nature chimique des polluants, de leurs concentrations et de la durée de vie souhaitée.

Pour traiter les polluants classiques (SO_2 , NO_2 ...) de la pollution urbaine ou de zone industrielle dont les concentrations bien que dommageables pour la santé sont encore dans le registre "modérées", des solutions "légères", 7 kg de charbon actif pour 3600 m^3/h , avec une imprégnation contre les gaz acides s'avèrent en général appropriées. Des cellules à média chargé avec mini-sphères de charbon actif imprégnées offrent ici l'avantage d'une faible perte de charge associée à la compacité sans émission de "fines" (photo 1).

En revanche, pour le traitement d'effluents à fortes concentrations, liés à un processus bien identifié, les solutions d'adsorption "en lit fixe" s'imposent. Elles mettent en œuvre des masses de charbon actif beaucoup plus conséquentes ($> 50 \text{ kg} / 3600 \text{ m}^3/h$).

L'air pollué traverse des épaisseurs de charbon de 15 à 25 mm, avec des temps de contact supérieurs à 0,1 seconde. Le choix du type d'imprégnant est crucial, et l'on peut associer en série dans le flux d'air à traiter plusieurs étages d'adsorption spécialisés.

Une mise en œuvre de granulés de charbon actif en cartouches cylindriques à verrouillage baïonnette sur platine support permet de répondre à un premier niveau d'exigence avec un encombrement réduit et une facilité de maintenance lors de changement des cartouches (photo 2).

Pour des niveaux de sécurité plus élevés, l'emploi de cellule à lit granulaire fixe (photo 3) est recommandé, et pour le traitement de gaz éminemment toxiques, leur installation dans des caissons de montage "à sas étanche" qui permettent la manipulation et l'évacuation des filtres contaminés sous sac plastique étanche (photo 4), est vivement recommandée.

Cas de l'ozone

Le traitement de l'ozone ne nécessite pas d'imprégnation particulière. Au contact du charbon actif, l'ozone se transforme par réaction chimique en gaz carbonique et oxygène. Le charbon actif n'a donc pas vis-à-

vis de l'ozone qu'une simple adsorption passive mais une action d'épuration par destruction du polluant.

Consignes générales

Protection par filtre particulaire

Dans un média fibreux utilisé en filtration particulaire, les particules captées viennent remplir les espaces interfibres et, tout en accroissant l'efficacité du filtre, elles augmentent sa perte de charge. Dans le charbon actif, les molécules diffusent à l'intérieur des pores et leur accumulation n'entrave pas la marche du flux gazeux : il ne se produit donc pratiquement pas d'accroissement de perte de charge à mesure que l'adsorbent à charbon actif se sature.

La forte porosité caractéristique de la surface du charbon actif la rend extrêmement vulnérable à l'obstruction des pores par des particules solides de dimensions similaires ou plus grandes. Il y a donc lieu, pour une bonne exploitation du filtre à charbon (captation de molécules), de le protéger par un filtre particulaire à hautes performances, en particulier sur les particules de petite taille. Une efficacité de 85% opacimétrique (F7 selon EN 779) (85% sur 1 μm filtre propre) constitue un minimum.

Emplacement dans la chaîne de traitement d'air

L'efficacité d'adsorption et de réaction des imprégnants dépend de la température et de l'humidité relative de l'air porteur.

Ainsi, une élévation de température favorise la réaction chimique imprégnant/polluant gazeux mais favorise aussi la désorption ; une augmentation de l'humidité relative défavorise l'adsorption mais favorise la réaction chimique imprégnant/polluant gazeux.

En conclusion, il s'agit de trouver le meilleur équilibre de la balance température/humidité relative. D'une manière concrète, l'optimum se situe à une température ambiante de confort avec une humidité comprise entre 30 et 40 %.

D'une manière générale, il est préférable de placer l'étage d'adsorption sur un air stabilisé (c'est-à-dire qui ne dépend plus des fluctuations atmosphériques), donc après l'unité de conditionnement en température et après l'humidificateur si le point de consigne en humidité relative ne dépasse pas 40%.

Conclusion

Ce qu'il faut avant tout retenir, c'est que l'assainissement des ambiances par adsorption sur charbons actifs est une technologie qui fonctionne et qui est fiable.

Cependant sauf pour les problèmes d'odeurs usuels, il est toujours préférable de consulter un spécialiste pour savoir si, compte tenu des données dont on peut disposer, l'emploi du charbon actif est :

- possible techniquement
- économiquement acceptable.

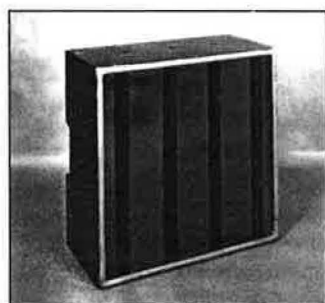


Photo 3. Filtre à charbon actif de type cellule à lit granulaire fixe (Piège à iode 1606-72 / Doc Camfil).

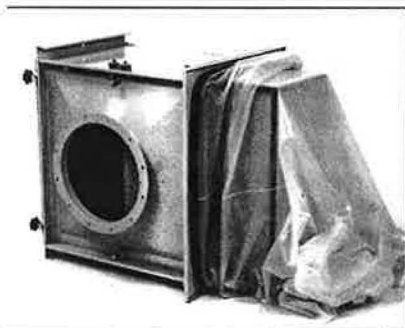


Photo 4. Haute sécurité : installation des filtres dans des caissons "à sas étanche" qui permettent la manipulation et l'évacuation des filtres contaminés sous sac plastique étanche (Doc. Camfil).

BIBLIOGRAPHIE

La Filtration de l'air de J. Y. RAULT (Editions parisiennes)
Les Procédés d'adsorption de P. LE CLOIREC (Conférence IFFI/AFF)