

Référent : Service SEET – Direction DPED
ADEME (Angers)

TRAITEMENT PAR ADSORPTION

Juillet 2014

1. Qu'est-ce que l'adsorption ?

L'adsorption repose sur la propriété qu'ont les surfaces solides de fixer certaines molécules de manière réversible, par des liaisons faibles de type VAN DER WAALS. Cette propriété est liée à la structure même du solide où subsistent, en surface, des forces non équilibrées par suite des dissymétries dans la répartition des atomes : la formation d'une couche de molécules adsorbées compense en partie ce déséquilibre.

Dans la pratique, l'adsorption est réalisée en dynamique : le flux de gaz à traiter traverse une colonne d'adsorbant dans laquelle s'établit un front d'adsorption. La phase d'adsorption s'arrête lorsque le matériau est saturé et que le polluant n'est plus retenu en quantité suffisante.

Le phénomène d'adsorption, qui est exothermique, dépend de la température et du couple adsorbant / polluant à traiter. En effet l'adsorbant doit fixer préférentiellement le ou les polluants par rapport à d'autres espèces adsorbables comme la vapeur d'eau et être insensible aux gaz permanents constituant l'effluent (N_2 , O_2 , $CO...$).

La technique d'adsorption peut être utilisée entre autre dans le but de récupérer et régénérer des solvants.

2. Cas des composés organiques volatils (COV) et de l' H_2S

Les composés concernés par la technique de traitement par adsorption sont les Composés Organiques Volatils (COV) non odorants et les composés odorants.

2.1. Quelles sont les différentes configurations d'adsorption ?

On distingue différents types de mise en œuvre :

2.1.1. Adsorption en lits fixe

Le nombre de lits dépend du débit à traiter. On alterne dans ce cas les phases d'adsorption et de désorption. Dans la configuration un lit la phase de désorption se produit après la phase d'adsorption une fois que le charbon actif est saturé. Dans la configuration multi lits, un ou des lits sont en phase adsorption pendant que le ou les autres sont en phase de désorption.

2.1.2. - Adsorption en lit fluidisé

Le lit est constitué d'une couche de charbon actif maintenu en état de fluidisation et alimenté en permanence par un élévateur. L'adsorption et la désorption sont réalisées en continu sur la même installation.

2.1.3. - Adsorption sur concentrateur à roue

Elle peut se décrire comme un lit fixe tournant sur son axe, horizontal ou vertical. A chaque rotation il y a successivement adsorption du polluant puis désorption à contre-courant par un gaz chaud.

Dans la pratique c'est l'adsorption en lit fixe qui est la technique la plus couramment utilisée.

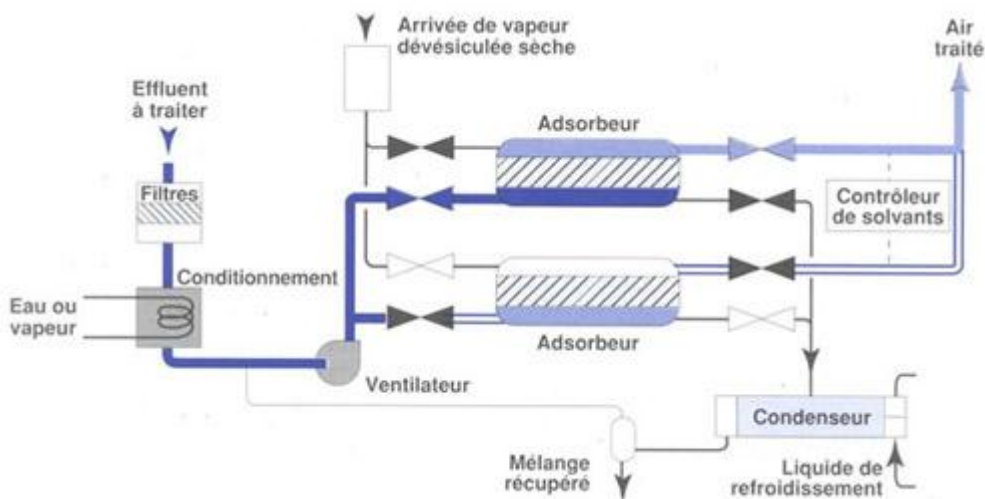


Figure 1 : Exemple de réacteur en lit fixe.

2.2. Quels sont les principaux matériaux adsorbants ?

Les principaux matériaux adsorbants que l'on trouve sur le marché sont :

- les charbons actifs, à base de bois ou de noix de coco, qui sont les adsorbants les plus couramment utilisés et depuis très longtemps pour le traitement des COV, en raison de leur affinité particulière pour les molécules organiques,
- les zéolithes,
- le gel de silice,
- les adsorbants synthétiques (résines, macromolécules), ...

Pour le traitement des COV les principaux adsorbants utilisés sont les charbons actifs et à un deuxième niveau les zéolithes.

Les zéolithes sont des adsorbants de squelette cristallin alumino-silicaté tridimensionnel constitué de tétraèdres SiO_4 et AlO_4 . Ils ont une structure microporeuse faite de cavités et de canaux qui leur confère des propriétés adsorbantes.

2.3. Quelles sont les conditions opératoires et les performances ?

Débits : 1 000 à 100 000 Nm³/h

Concentrations de l'effluent à traiter : 1 à 50 g/Nm³

Performances en terme de rejets :

On peut atteindre des rendements d'épuration de plus de 95 % permettant dans la majorité des cas de répondre aux exigences réglementaires pour les COV.

Contraintes d'utilisation :

Lors de la phase d'adsorption on peut rencontrer des problèmes avec certains composés polymérisables qui réduisent progressivement la capacité d'adsorption. Les particules et aérosols peuvent également colmater les pores de l'adsorbant.

Lorsque la désorption se fait à la vapeur d'eau on peut rencontrer les difficultés suivantes :

- séparation complexe entre la vapeur d'eau et les solvants régénérés,
- production d'effluents liquide à traiter,
- hydrolyse de certains solvants,
- dégradation de certains composés.

3. Cas des composés dioxines/furannes

3.1. Quelles sont les principaux matériaux adsorbants ?

Les matériaux adsorbants utilisés pour capter les dioxines / furannes sont des adsorbants carbonés :

- Coke de lignite : cet adsorbant est obtenu par cokéfaction du lignite à une température de 950°C. Sa surface spécifique est de quelques centaines de m²/g.
- Charbon actif : cet adsorbant est obtenu à partir de diverses matières carbonées (charbon, bois, coque de noix de coco...) et présente une surface spécifique pouvant dépasser 1000 m²/g. Son efficacité de captation est ainsi supérieure à celle du coke de lignite, son prix aussi.

Certains producteurs proposent aussi sur le marché des adsorbants à base de mélange de charbon actif et de chaux hydratée.

3.2. Quelles configurations d'adsorption ?

3.2.1. Réacteur de transport

Ce type de traitement par adsorption vient en finition d'un dispositif de dépoussiérage. L'adsorbant est injecté dans la veine gazeuse en amont d'un dépoussiéreur (préférentiellement un filtre à manches - température de l'ordre de 150°C). Les dioxines / furannes sont ainsi adsorbés dans la veine gazeuse mais aussi et surtout à la surface du dépoussiéreur où l'adsorbant se dépose.

Dans le cas d'un traitement des gaz acides par voie sèche, l'adsorbant peut être injecté en amont du réacteur. Dans les autres cas de figure, l'adsorbant est généralement injecté en aval du réacteur ou du laveur.

Cette configuration présente une mise en œuvre aisée et des coûts d'investissement faibles (stockage de réactif et points d'injection), de sorte que celle-ci représente le choix le plus courant en incinération d'ordures ménagères. Dans le cas des UIOMs, la consommation d'adsorbant est faible et est inférieure à 1 kg/t de déchets ménagers.

Les résidus solides correspondant à cette injection d'adsorbant sont généralement mélangés aux autres résidus solides (produits de captation des polluants acides et cendres volantes) puis enfouis en CET de classe 1. En UIOM, les résidus solides issus de l'adsorption de dioxines représentent de l'ordre de 2-4 % (en masse) du total des résidus d'épuration des fumées.

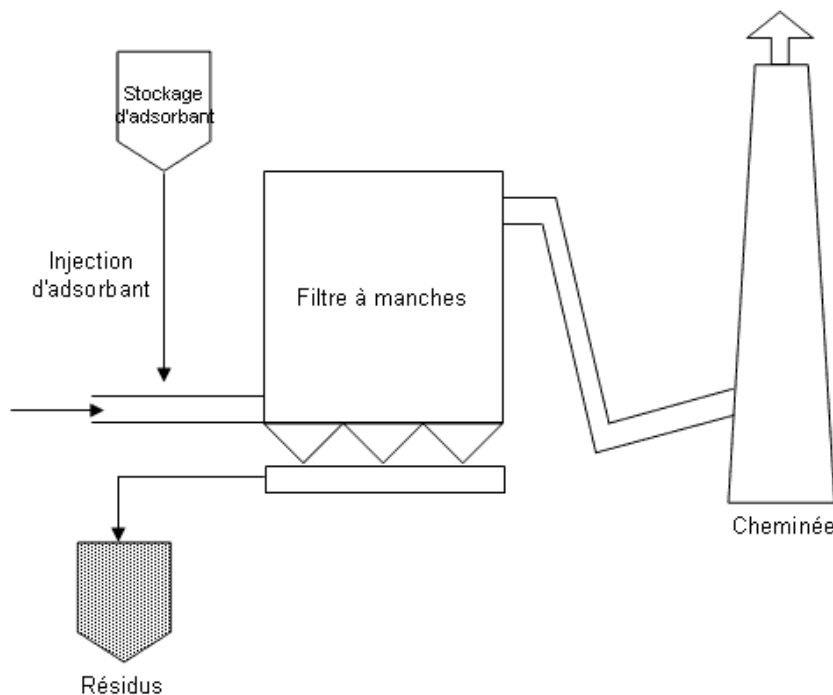


Figure 2 : Exemple de configuration de traitement de dioxines par injection d'adsorbant.

3.2.2. Réacteur en lit fixe

Le nombre de lits dépend du débit à traiter. On alterne dans ce cas les phases d'adsorption et de désorption. Dans la configuration un lit la phase de désorption se produit après la phase d'adsorption une fois que le charbon actif est saturé. Dans la configuration multi lits, un ou des lits sont en phase adsorption pendant que le ou les autres sont en phase de désorption.

3.2.3. Quelles sont les performances ?

En association avec un dépoussiéreur efficace, le traitement des dioxines par adsorption permet d'atteindre le niveau de $0,1 \text{ ng I-TEQ} / \text{Nm}^3$.

En outre, l'adsorption sur matériau carboné permet de parfaire la captation des métaux volatils et en particulier du mercure. Pour le mercure, les rendements de captation peuvent être de l'ordre de 80 % en UIOM. Des rendements inférieurs ont été mesurés en centrale charbon.

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr