

# Les procédés de traitement

## 1. TRAITEMENT DES GAZ DANGEREUX CAPTÉS SUR LES LIEUX DE TRAVAIL

### 1.1 Polluants gazeux

Procédés et installations industrielles sont susceptibles d'émettre dans l'atmosphère des substances dangereuses pour l'homme, nuisibles à l'environnement et corrosives pour les équipements de production. Les polluants peuvent être de nature particulaire ou gazeuse. Ces derniers sont d'autant plus dangereux qu'ils sont miscibles à l'air, donc facilement transportés, et qu'ils sont parfois invisibles et inodores. Les polluants gazeux les plus courants sont les composés organiques volatils (COV), les oxydes de soufre ( $\text{SO}_2$  et  $\text{SO}_3$ ), les oxydes d'azote ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ...), les oxydes de carbone ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), les vapeurs d'acides ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ...), l'ozone ( $\text{O}_3$ ), dioxines et furanes, et quelques métaux lourds.

### 1.2 Exposition professionnelle

L'émission de vapeurs dangereuses dans l'atmosphère de travail est souvent due à l'utilisation de solvants organiques. La plupart des cas d'exposition professionnelle relève en effet d'opérations transversales comme l'application de peintures, d'encres ou de vernis, le nettoyage ou encore l'encollage, opérations pratiquées dans de nombreux secteurs d'activité : imprimerie, traitement de surface, nettoyage à sec, milieu hospitalier... Les COV sont par ailleurs omniprésents dans les industries chimiques et pharmaceutiques ainsi que dans la mise en œuvre des matériaux composites et du caoutchouc.

Les oxydes de soufre, d'azote et de carbone sont essentiellement générés par les réactions de combustion. Les principales sources d'émission, centrales thermiques, usines d'incinération et moyens de transport, rejettent dans l'environnement. Des risques d'exposition professionnelle existent cependant dans les centres de contrôle technique par exemple, ou dans la transformation des métaux et aux postes de soudage.

Il n'est en fait guère de secteur industriel sans risque d'exposition et l'on citera pour derniers exemples les vapeurs acides en traitement de surface, les brouillards d'huile dans l'industrie mécanique et le mercure dans la récupération des piles.

### 1.3 Valeurs limites d'exposition professionnelle

Les substances citées précédemment ne présentent, bien sûr, pas toutes la même dangerosité. Des valeurs limites d'exposition professionnelle indicatives, réglementaires ou recommandées par les CRAM sont définies pour de nombreuses substances. Si les mesures d'exposition montrent souvent des concentrations inférieures aux valeurs limites, rappelons que les valeurs limites doivent être considérées comme des objectifs minimaux. L'assainissement de l'atmosphère de travail doit donc s'inscrire dans une démarche de progrès continu et d'anticipation sur une probable évolution de la réglementation.

### 1.4 Hiérarchie de la prévention

La démarche première de prévention réside dans le développement et la promotion de techniques et de produits supprimant les émissions polluantes à la source. C'est ainsi que l'on voit apparaître les peintures en poudre ou aqueuses, les encres UV, de nouvelles

formulations dans la production de caoutchouc, les pré-imprégnés dans la mise en œuvre des matériaux composites et des produits lessiviels en remplacement des solvants chlorés dans le dégraissage des métaux.

La substitution de produit et le changement de procédé ne sont cependant pas encore généralisés. Des polluants seront toujours émis ; ils devront être captés et, si possible, retenus.

Le rejet à l'extérieur doit être retenu chaque fois que cela est possible. Le recyclage est cependant parfois adopté car il représente des économies d'énergie ou un investissement réduit sur des postes de travail isolés.

Cependant le recyclage doit répondre à certaines obligations réglementaires qui sont souvent techniquement et économiquement difficiles à remplir, notamment la connaissance de l'efficacité d'épuration pour chaque polluant et la présence d'un système de surveillance.

## 1.5 Hygiène du travail et protection de l'environnement

On constate depuis plusieurs années un renforcement de la réglementation en matière de protection de l'environnement et de la santé publique. Ainsi, une directive européenne en date du 11 mars 1999 vise à réduire les émissions de COV dues à l'utilisation de solvants organiques dans certaines activités. Cette directive prévoit une baisse de 67% des émissions d'ici 2007 et impose des réductions d'émissions à vingt secteurs industriels et artisanaux. Elle a été transcrite en droit français, pour les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation, par la modification du 29 mai 2000 de l'arrêté français du 2 février 1998.

Il n'est pas improbable que les préoccupations et contraintes liées à l'environnement occultent, voire même altèrent, les risques professionnels, d'autant que les valeurs limites de rejet dans l'environnement sont parfois inférieures aux valeurs limites d'exposition professionnelle. La directive fait par ailleurs une distinction entre les gaz résiduels, rejetés par une cheminée ou tout autre équipement de réduction et les émissions diffuses. Elle prescrit de fait trois valeurs limites distinctes, à savoir résiduelle, diffuse et totale. Ce qui n'est pas capté étant diffus, l'interaction environnement/atmosphère de travail est ici évidente.

On assiste aussi depuis peu au plein essor du thème de la désodorisation. C'est au préventeur maintenant de faire en sorte que cette dynamique environnementale et ce souci du confort olfactif s'accompagnent, dans les industries concernées, d'une volonté de progrès raisonné en matière d'hygiène et de sécurité du travail.

# 2. TECHNIQUES D'ÉPURATION

## 2.1 Techniques destructives et techniques récupératives

Il existe deux moyens d'assainir un flux d'air pollué : rendre les polluants inoffensifs ou les extraire. On distingue ainsi les techniques destructives, généralement non sélectives, qui cassent les molécules polluantes, des techniques séparatives qui permettent d'extraire du flux d'air, de manière plus ou moins ciblée, des molécules polluantes en préservant leur intégrité.

Les techniques destructives regroupent les procédés suivants :

- l'oxydation thermique ou catalytique,
- les traitements biologiques,

- la photocatalyse,
- les plasmas.

Pour les procédés séparatifs, on distinguera :

- l'absorption,
- la condensation,
- l'adsorption,
- les techniques membranaires.

Les techniques destructives transforment idéalement les polluants en produits non ou moins polluants. Ce n'est cependant pas toujours le cas. Ainsi, l'incinération qui convertit les composés organiques en eau et dioxyde de carbone est susceptible de produire du monoxyde de carbone si elle est incomplète, ou des vapeurs acides en présence de composés halogénés. Les produits des réactions de décomposition à cinétique lente utilisées en photocatalyse, par exemple, ne sont pas maîtrisés.

Seules les techniques séparatives offrent des solutions propres de traitement puisqu'elles permettent le recyclage de la substance extraite. On parle alors de techniques récupératives. La condensation et la séparation sur membrane en sont les meilleurs exemples car elles permettent la récupération de substances pures sans apport de produit chimique.

Il est à noter cependant que les techniques permettant la récupération ne sont pas toujours choisies dans cette optique. Dans ce cas, elles réalisent un transfert de pollution et posent le problème du devenir du polluant. Ainsi, les adsorbants saturés sont incinérés lorsque la désorption des polluants n'est économiquement ou techniquement pas envisageable. De même, l'absorption peut générer un transfert de pollution vers la phase liquide.

## 2.2 Techniques classiques et techniques émergentes

Les techniques connues et pratiquées de longue date sont les réactions de neutralisation chimique, l'oxydation thermique ou catalytique – plus connue sous le nom d'incinération – l'absorption, la condensation et l'adsorption.

Un certain nombre de techniques sont en phase de développement plus ou moins avancé : les traitements biologiques, les techniques membranaires, la photocatalyse et les plasmas.

## 2.3 Domaines d'application

### Débit

Le débit volumique détermine les sections de passage de la tuyauterie et des épurateurs. La plage de débit n'est donc pas limitée par le principe de la technique mise en œuvre mais par la conception et la faisabilité des équipements. Il est cependant toujours possible d'envisager une installation comprenant plusieurs appareils en parallèle. Une telle configuration représente toutefois des complications de réseau et des surcoûts significatifs.

### Concentration

La majorité des techniques d'épuration courantes sont bi-phases et reposent sur le transfert de matière régi par les lois des équilibres thermodynamiques entre phases. L'écart de concentration représentant la force motrice du transfert, plus la concentration des effluents sera élevée, mieux se fera le transfert.

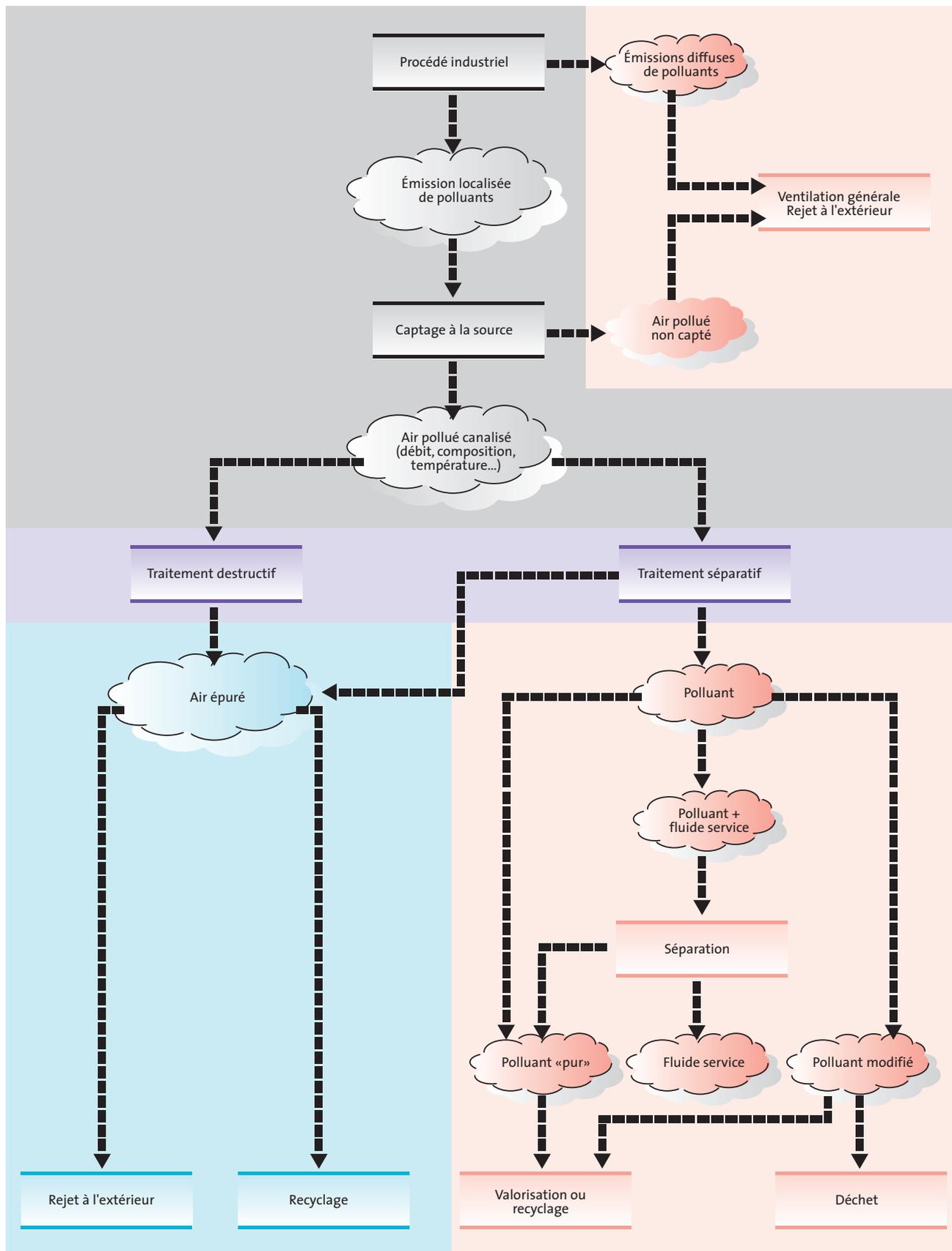
Certains procédés exothermiques comme l'incinération ou l'adsorption impliquent une limite supérieure pour éviter les risques d'emballement.

Dans tous les cas, les limites inférieures d'explosivité devront être respectées.

**Note :** le débit volumique et la concentration ont une influence prépondérante sur les coûts d'investissement et de fonctionnement d'un système de traitement d'air. Ils sont la conséquence directe des conditions de captage. On a vu que l'on avait intérêt à traiter des effluents concentrés à faible débit, d'où l'intérêt du captage au plus près de la source d'émission. On consultera à ce sujet les guides pratiques de ventilation de l'INRS.

### Autres limitations

Chaque procédé présente par ailleurs des contraintes qui lui sont propres (voir schéma ci-dessous).



### 3. ÉLÉMENTS DE CHOIX ET DIMENSIONNEMENT

#### 3.1 Récupération ou destruction ?

La récupération est techniquement envisageable lorsque le nombre de polluants est limité. Un procédé récupératif représente par ailleurs des coûts d'investissement supérieurs. Il devient économiquement viable lorsque la substance récupérée est valorisable.

#### 3.2 Cahier des charges

Avant toute chose, les effluents doivent être caractérisés après captage. Ces caractéristiques conditionnent en effet le choix de la technique d'épuration, le dimensionnement de l'installation et enfin le bon fonctionnement de cette dernière. Débits et composition sont les données de base. Les débits sont généralement exprimés en  $\text{Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$ , les concentrations en pourcentage volumique ou ppm (parties par millions), parfois en  $\text{g}\cdot\text{Nm}^{-3}$ . La température peut avoir une influence sur le choix de la technique et sur le dimensionnement mais aussi sur le choix des matériaux de construction.

##### › Caractérisation des effluents

- débit nominal
- composition
- température
- fluctuations

##### › Efficacité

- contrainte réglementaire
- objectif de récupération

Les derniers ppm de polluants sont les plus difficiles et donc les plus coûteux à séparer du fait de la baisse de concentration de l'effluent. Une efficacité doit donc être définie : elle peut résulter d'une contrainte réglementaire ou d'un objectif de récupération.

#### 3.3 Contraintes

Les données précédentes sont nécessaires au dimensionnement de l'installation. Certaines contraintes liées aux installations existantes, sans parler des contraintes économiques, peuvent jouer un rôle décisif sur la définition de la solution d'épuration.

##### › Contraintes

- perte de charge admissible
- encombrement
- budget

La faisabilité économique et technique des différents procédés d'épuration, en fonction des domaines de débit et de concentration à traiter, est illustrée dans le schéma suivant.

