

Chapitre III: Evaluation et réduction des émissions de polluants.

III.1. Evaluation des émissions de polluants :

III.1.a) Définitions :

Les émissions de polluants font l'objet d'évaluation et d'inventaires, ayant pour but d'évaluer les rejets dans l'air de substances telles que le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les monoxyde et dioxyde de carbone, le méthane, les composés organiques volatils, les métaux lourds, etc....

Pour chacun des polluants, les niveaux atteints et évalués sont comparés aux références disponibles. Celles-ci peuvent être des valeurs limites qui doivent obligatoirement être respectées, et dont le dépassement implique l'élaboration de plans de réduction visant à diminuer la pollution. Il existe également des valeurs cibles, aussi appelées valeurs guides, qui sont indicatives, ainsi que des seuils d'alerte, et seuils de protection de la végétation. Pour cela les définitions relatives aux polluants et données ci-dessous sont utilisées.

- **Niveau** : concentration d'un polluant dans l'air ambiant ou son dépôt sur les surfaces, en un temps donné.
- **Valeur limite** : niveau fixé sur la base de connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble.
- **Valeur cible (valeur guide)** : niveau fixé dans le but d'éviter à long terme les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, et qui est à atteindre sur une période donnée.
- **Seuil d'alerte** : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine.
- **Seuil de protection de la végétation** : niveau au-delà duquel la végétation peut être affectée.

III.1.b) Les différentes mesures de polluants dans l'air :

Il existe plusieurs types de mesures de polluants dans l'air, suivant les endroits où le prélèvement s'effectue. Chaque domaine possède ses propres méthodes de mesures et de prélèvements. Les gammes de mesures sont parfois très différentes et nécessitent des appareillages spécifiques. On distingue en général les mesures suivantes :

Mesure à l'émission: Le prélèvement s'effectue directement à l'endroit où le polluant est rejeté dans l'atmosphère. Ce type de mesure est utile pour vérifier si les différentes normes de rejet sont respectées.

Mesure de la qualité de l'air : Il s'agit de l'air extérieur que nous respirons tous. Il semble évident que ce type de mesure est de loin le plus important car il touche toute la population sans aucune exception; c'est pourquoi, la qualité de l'air fait l'objet de normes pour protéger le citoyen et l'environnement.

Hygiène industrielle : Cette catégorie se situe entre les deux précédentes. Il s'agit de mesurer l'air dans les milieux professionnels. Historiquement, ce domaine est plus ancien que les mesures de qualité de l'air. Il est aussi mieux connu d'un point de vue toxicologique, car les gammes de concentrations sont plus importantes et il est souvent possible de trouver un groupe de travailleurs soumis à un polluant bien particulier, alors que dans l'environnement la population subit les effets d'un mélange de polluants.

Pollution intérieure : Ce domaine d'application est relativement récent, mais se développe de plus en plus, car nous passons une large partie de notre vie à l'intérieur des bâtiments. Dans nos sociétés modernes, nous sommes toujours plus sédentaires et de moins en moins de gens travaillent en extérieur. Il serait faux de croire que la pollution intérieure n'est qu'une extension de la pollution extérieure. En effet, les polluants peuvent avoir des comportements différents :

- Polluants dont les concentrations sont plus élevées à l'intérieur. Il existe parfois des sources domestiques de pollution. Les oxydes d'azote sont un bon exemple; on mesure des concentrations bien plus élevées à l'intérieur des bâtiments dans lesquels on utilise des cuisinières ou des convecteurs au gaz.
- Polluants spécifiques à la pollution intérieure. Il s'agit de polluants tels que l'amiante. On retrouve également beaucoup de COVs utilisés dans la construction (couleurs, produits de protection du bois, ...).

Enfin, la source principale de pollution intérieure reste l'usage du tabac. Le moyen le plus efficace pour lutter contre cette pollution consiste à bien ventiler les bâtiments. Malheureusement, la tendance actuelle est plutôt d'isoler au maximum pour économiser l'énergie. Il faut donc trouver un compromis entre ventilation et isolation.

III.1.c) Indice de la qualité de l'air :

La définition d'un indice de qualité de l'air résulte de la volonté de rendre l'information accessible au plus grand nombre sans entrer dans des considérations scientifiques parfois complexes. Il existe plusieurs façons de définir ces indices. Ces indices sont basés sur les teneurs en dioxyde d'azote, dioxyde de soufre et les particules (PM10). Ils ne tiennent donc pas compte des composés en métaux lourds ou organiques dont les effets résultent plutôt (mais pas toujours) d'une exposition à long terme.

Tableau III. 1.: Définition des indices de pollution.

Polluant		(µg/m ³)									
NO ₂	Max. horaire	0 → 30	→ 60	→ 80	→ 105	→ 135	→ 155	→ 180	→ 270	→ 400	>400
SO ₂	Moy. 24 h	0 → 15	→ 30	→ 60	→ 85	→ 110	→ 150	→ 210	→ 270	→ 350	>350
PM10	Moy. 24 h	0 → 15	→ 30	→ 60	→ 85	→ 110	→ 150	→ 210	→ 270	→ 350	>350
Indice		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Appréciation		Excellent	Très bon	Bon	Assez bon	Moyen	Médiocre	Très médiocre	Mauvais	Très mauvais	Exécrable

III.2. Réduction des émissions de polluants :

III.2.a) Introduction :

Quel que soit le polluant, les paramètres à prendre en compte pour le choix d'un dispositif ou d'une technique de réduction de polluants sont:

- le niveau de réduction souhaité,
- les caractéristiques de l'effluent (débit, flux de polluant, température, humidité, etc...),
- la place nécessaire à la mise en place du dispositif de traitement,
- la nature des produits formés (gaz, liquides ou solides),
- la génération de déchets valorisables ou non,
- les coûts d'investissement et de fonctionnement.

Dans certains cas, pour une installation donnée, plusieurs solutions seront techniquement possibles à mettre en œuvre pour la réduction d'un même polluant; dans d'autres, une seule technique pourra permettre de respecter le niveau d'émission souhaité. Quelques dispositifs utilisés pour réduire les émissions des oxydes de soufre, oxydes d'azote, poussières et des composés organiques volatils sont décrits ci-dessous.

III.2.b) Les oxydes de soufre (SO₂) :

Les oxydes de soufre émis dans l'atmosphère proviennent principalement de la combustion des combustibles fossiles contenant des proportions variables de soufre. Le gaz naturel ne contient pratiquement pas de soufre.

Les techniques de désulfuration peuvent intervenir à trois niveaux: avant, pendant ou après la combustion.

i. Action avant la combustion (action sur le combustible) :

Comme l'émission de SO₂ est directement liée à la teneur en soufre du combustible utilisé, la première solution reste, lorsque cela est possible, l'utilisation de combustible moins soufré. Par exemple, il est maintenant possible de trouver des combustibles avec des teneurs inférieures à 0,5 % de soufre. Cependant ces combustibles moins soufrés sont plus chers et au vu de l'abaissement des niveaux d'émissions imposés par la réglementation, ces mesures ne sont pas toujours suffisantes.

ii. Action pendant la combustion (dans le foyer de combustion) :

Celle-ci repose sur une mise en suspension du charbon pendant la combustion et l'injection de produit alcalin dans le même temps pour assurer une réduction des oxydes de soufre par une réaction de neutralisation. Certaines installations utilisent une recirculation du combustible et du réactif assurant ainsi un gain sur les rendements de réaction. Efficacité : 80-90%. Cette technique permet également de réduire la formation de Nox dans des proportions de 40-50% grâce à la diminution de température obtenue par la mise en fluidisation du combustible.

iii. Action pendant et après la combustion :

Ce type de désulfuration repose sur l'injection d'un produit alcalin pour réduire les oxydes de soufre formés pendant la combustion. Les paramètres qui interviennent de manière prépondérante dans la maîtrise de ce type de traitement sont principalement:

- la nature du produit alcalin,
- la température.

iv. Action après la combustion (sur les gaz de combustion) :

Ce type de traitements repose notamment sur des réactions de neutralisation entre le SO₂ et des substances basiques. On distingue trois types de traitements. Les procédés humides, semi-secs et secs.

- ***Procédés humides:*** Après un dépoussiérage des gaz de combustion, ceux-ci sont mis en contact avec une solution contenant le réactif (la base). Celle-ci est pulvérisée afin d'augmenter l'efficacité de la réaction de neutralisation. Efficacité: 95 %.

- ***Procédés semi-secs:*** La solution neutralisante (base) est atomisée dans les rejets gazeux. Les fumées chaudes évaporant l'eau de la solution, on obtient un produit de réaction sec sous forme de poussières. Efficacité : 80-90%.

- *Procédés secs*: Le réactif de neutralisation (la base) est directement injecté dans le courant de rejet. Les produits de la réaction sont séparés sur un filtre à manches. Lors de cette filtration la réaction de neutralisation continue. Efficacité: 40-60 %.

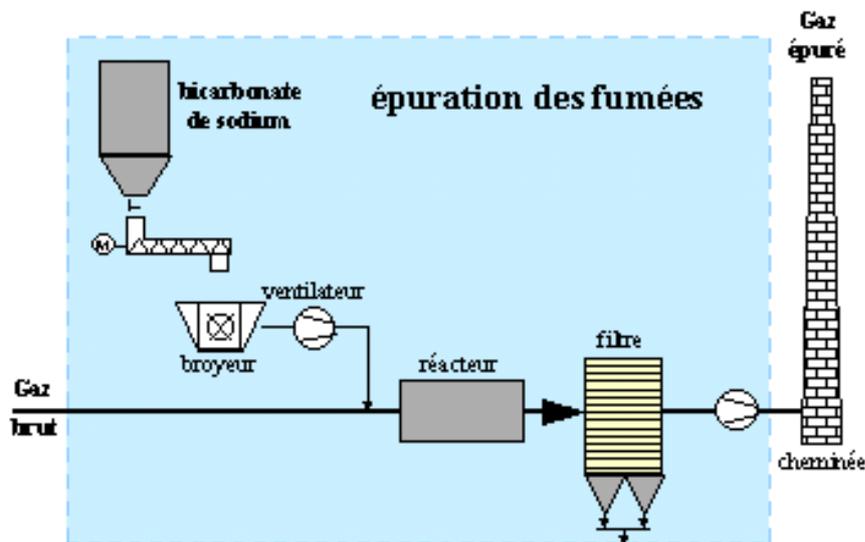


Figure III.1. Exemple de dispositif de réduction des oxydes de soufre.

III.2.c) Les oxydes d'azote (NOx) :

Toute combustion à l'air (chaudière, moteur de véhicule automobile, etc...) émet des NOx. Les oxydes d'azote proviennent de réactions entre l'azote (de l'air ou du combustible) et l'oxygène de l'air.

Les deux grandes sources de NOx sont la combustion dans les moteurs des véhicules automobiles et les sources fixes que sont les installations de combustion.

Les pots catalytiques limitent la production de NOx des véhicules équipés. Pour ce qui est des installations de combustion, deux types de techniques existent : les techniques dites primaires (action sur la combustion) et les techniques dites secondaires (action sur l'effluent gazeux).

i. Les techniques primaires :

Elles limitent les émissions en intervenant sur la combustion. On citera les brûleurs bas-NOx, la recirculation des gaz de combustion. L'efficacité de ces techniques s'échelonne entre 20 et 60% (dans le cas où l'on combinerait plusieurs techniques primaires).

ii. Les techniques secondaires :

Elles permettent d'obtenir des taux de réduction beaucoup plus importants. Nous n'évoquons ici que les deux procédés qui se sont réellement imposés sur le marché.

- **La réduction sélective non catalytique (SNCR):** Les NO_x sont réduits par l'action d'ammoniac qui est injecté dans le foyer sans catalyseur. Dans ce cas, la réaction se produit à haute température (850-1050 °C). L'efficacité est de l'ordre de 50 à 70% avec un rapport ammoniac/NO_x = 2,5.

- **La réduction catalytique sélective (SCR):** Celle-ci s'opère sur les gaz de combustion par l'action réductrice de l'ammoniac à 280-400°C en présence d'un catalyseur. Ce type de procédé permet de réduire jusqu'à 90% la teneur des fumées en NO_x avec un rapport ammoniac /NO_x = 0,7-1.

Dans la figure ci-dessous on compare les coûts des techniques primaires et celles secondaires avec les taux de réduction pouvant être atteints par les différentes techniques.

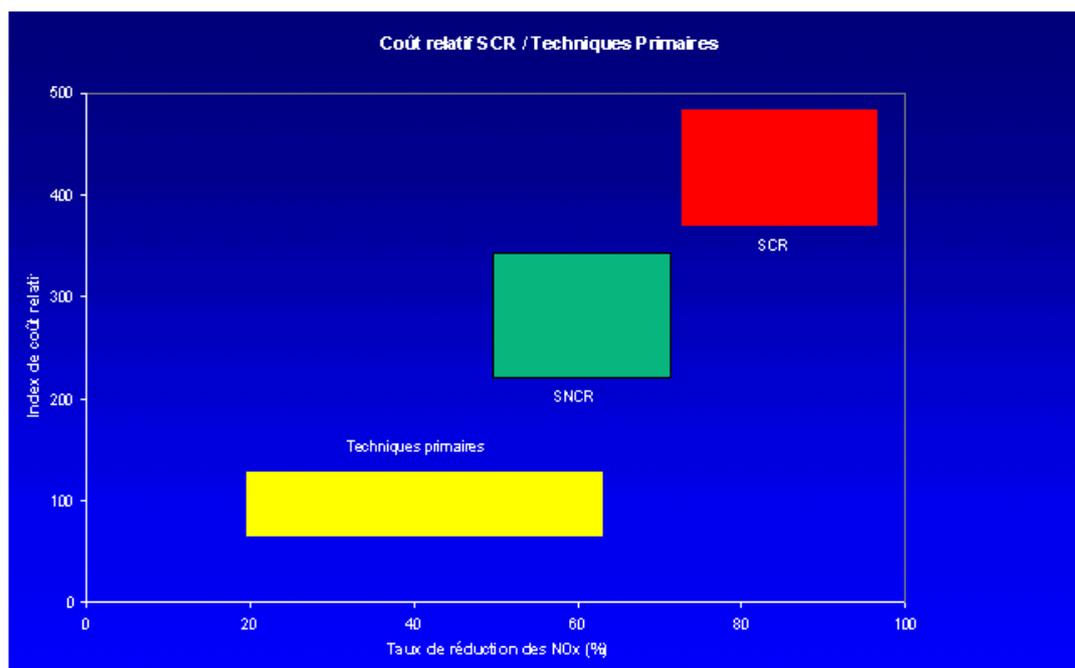


Figure III.2. Comparaison des coûts techniques primaires/secondaires

III.2.d) Les poussières :

Quatre grandes familles de dispositifs permettent de limiter les émissions de particules solides à la sortie des cheminées: Les cyclones, les filtres, les électro-filtres et les laveurs.

i. Les Cyclones :

Ils sont efficaces sur les grosses particules (>15 µm). Ce type de dispositif met en jeu une force mécanique (pesanteur, inertie ou force centrifuge) pour faire migrer les poussières hors du courant du gaz porteur et assurer leur séparation. En effet, la masse volumique des poussières est environ 1000 fois supérieure à celle des gaz. Ce dispositif peut garantir des rejets avec des poussières avec de 250 à 120 mg de poussières/m³ de gaz éjecté et il est souvent utilisé en pré-dépoussièrage.

ii. Les filtres :

Le flux gazeux à traiter traverse un milieu filtrant qui retient les poussières. Celles-ci obstruent progressivement les pores du filtre et celui-ci doit être régulièrement régénéré par évacuation des poussières accumulées. Ce type de filtre permet de garantir des rejets de 10 à 5 mg de poussières /m³ de gaz éjecté et présente une excellente efficacité pour toutes les poussières mêmes très fines. Le coût d'exploitation de ce matériel est lié au renouvellement nécessaire et périodique des milieux filtrants. De plus, sa forte sensibilité aux hautes températures (> 250°C) nécessite parfois un système de refroidissement des gaz à l'entrée.

iii. Les électro-filtres :

Les poussières présentes dans l'effluent gazeux sont ionisées puis piégées par l'action d'un champ électrique élevé créé entre une électrode collectrice et une électrode émettrice. L'électrode collectrice est régulièrement mise en vibration pour récolter les poussières accumulées. Cette technologie présente une très bonne efficacité pour toutes les particules et permet de respecter 50 mg/m³ de poussières en rejet, voire 30 mg/m³.

iv. Les laveurs :

Les laveurs s'avèrent parfois indispensables pour le dépolluage lorsque les gaz à traiter sont proches de la saturation en eau. Les laveurs ont l'inconvénient de transférer la pollution gazeuse vers une phase liquide. Un dépollueur humide (laveur) produit une boue qu'il faut traiter ou au moins décanter.

III.2.e) Les composés organiques volatils (COV) :

L'utilisation de substances organiques dans l'industrie, pour les procédés de fabrication, produit des émissions de composés organiques volatils de différentes natures qui peuvent être nuisibles pour la santé humaine ou causer des dommages sérieux à l'environnement.

Les technologies utilisées pour les réduire sont les suivantes:

- * Epuration Catalytique.
- * Epuration Thermique.
- * Oxydation Thermique Régénérative (Thermo-réacteur).

Les dispositifs incorporent des unités de récupération de chaleur pour valoriser les composés organiques volatils détruits, et des dispositifs d'abattement de substances secondaires grâce à l'utilisation de laveurs, de filtres et d'autres dispositifs de réduction de NOx.

i. Epuration catalytique :

L'oxydation de composés organiques volatils, à l'aide de catalyseurs, se fait à des températures plutôt basses (entre 190 et 320 °C). De cette façon on réduit considérablement la consommation de combustible additionnel ainsi que la formation d'oxyde d'azote. Le catalyseur, fait d'un mélange d'oxydes métalliques ou d'un métal noble, est monté sur un matériel inerte (céramique ou alumine) et n'éprouve presque aucune usure pendant la réaction d'oxydation.

Les gaz à épurer doivent être chauffés jusqu'à la température d'oxydation catalytique. Un brûleur à gaz ou un chauffeur électrique apportent la chaleur nécessaire. Pour réduire la consommation énergétique, on peut installer un pré-chauffeur qui réutilise la chaleur des gaz déjà épurés. Les pré-chauffeurs les plus utilisés sont des Echangeurs de chaleur à carcasse et tubes.

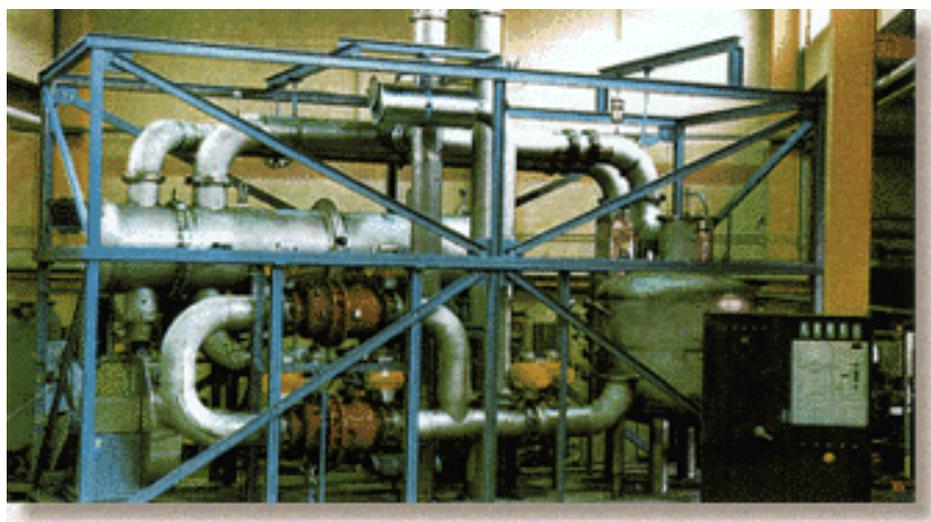


Figure III.3. Installation d'épuration catalytique.

ii. Epuration thermique :

Les installations de réduction de composés organiques volatils par oxydation thermique, assurent la plus haute efficacité grâce à un choix parfait des matériaux, du temps de séjour et de la turbulence du mélange. Les installations d'oxydation thermique peuvent inclure:

- Pré-chauffeurs des gaz à épurer.
- Réchauffeurs d'air.
- Générateurs de vapeur ou d'eau chaude.

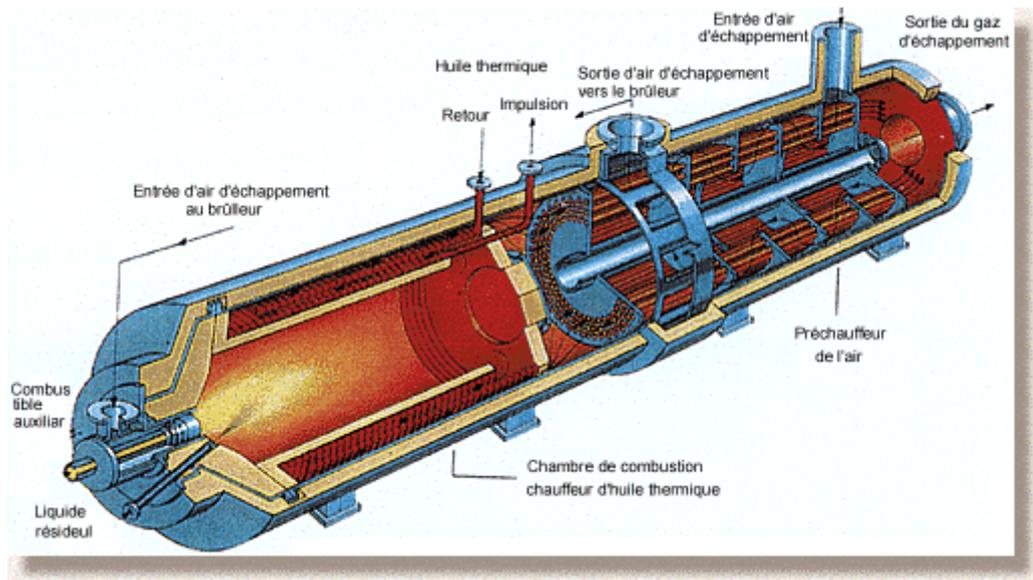


Figure III. 4. Schéma d'une chambre d'oxydation thermique avec récupération de chaleur et préchauffage de l'air.



Figure III.5. Installation d'épuration thermique d'air contaminé avec des solvants

iii. Oxydation thermique régénérative (thermo-réacteur) :

Le Thermo-réacteur est un système d'épuration des gaz avec préchauffage de l'air à épurer. Il est essentiellement composé d'une chambre d'oxydation avec trois ou plusieurs échangeurs thermiques. Des masses cumulatives en matériel céramique chauffent l'air jusqu'à atteindre la température de réaction. L'énergie supplémentaire requise pour garantir l'oxydation est fournie par un combustible auxiliaire.



Figure III.6. Installation d'oxydation thermique régénérative.