



ETUDE N° 03-0808//0809/1A

SYNTHESE DE L'ETUDE

FRANÇAIS / ANGLAIS

**POLLUTION OLFACTIVE, SOURCES D'ODEURS,
CADRE REGLEMENTAIRE, TECHNIQUES DE MESURE
ET PROCEDES DE TRAITEMENT**

ÉTAT DE L'ART

mars 2006

J-L. FANLO – LGEI - Ecole des Mines d'Alès [03-0808/1A]
J. CARRE – LACE - UCBL1 [03-0809/1A]

Synthèse

1. Perception et caractéristiques des odeurs

L'odorat, système de détection très puissant, est paradoxalement souvent considéré comme un sens mineur : sa perte n'est pas considérée comme grave par rapport à celle de l'ouïe ou de la vue. Pourtant, l'importance des sensations olfactives n'est plus à démontrer à l'heure actuelle. Les odeurs sont en effet, avec les poussières et le bruit, l'une des nuisances les plus fortement ressenties par les riverains d'installations industrielles. Les odeurs représentent un réel problème pour l'industriel confronté à cette problématique. Prévenir leur formation et leur émanation est une priorité pour ceux qui désirent améliorer leur image de marque et leurs relations avec le voisinage.

L'odeur est une perception. La sensation d'odeur provient de l'interaction entre des molécules chimiques (les composés odorants) et la muqueuse olfactive située dans les fosses nasales. Cette interaction génère un message nerveux qui est transmis au bulbe olfactif puis dans les autres zones du cerveau qui régulent, modulent et interprètent le message olfactif. Globalement, la réponse à un stimulus olfactif dépend du nombre de molécules qui vont être adsorbées dans le mucus, de la distribution aléatoire des molécules odorantes sur les différentes protéines réceptrices et du rythme des stimuli auxquels la muqueuse

neurosensorielle est soumise. Chez l'être humain, les fonctions cognitives - c'est-à-dire notre capacité de tirer des informations de notre environnement, de les organiser et de les analyser instantanément - joue un rôle très important dans le processus de l'olfaction. De très nombreux facteurs sont susceptibles d'affecter la façon dont nous percevons les odeurs, tant du point de vue de leur intensité que de leur qualité : notre état physiologique, notre culture, les habitudes de vie, la vision, le moment de la perception, les propriétés physico-chimiques des odorants et les mécanismes de transport aérien. Il convient également de noter que l'apprentissage des odeurs s'acquiert au travers des diverses expériences de la vie. Aussi, la multiplicité de ces facteurs explique-t-elle pourquoi la résolution des problèmes posés par les mauvaises odeurs impose une approche transdisciplinaire. Sur un plan général, on peut distinguer trois paramètres caractéristiques du sens olfactif : la sensibilité, la finesse correspondant à la capacité à individualiser les odeurs ou les mélanges d'odeurs et l'évaluation de l'intensité.

Par conséquent, une odeur peut se définir par sa nature spécifique (qualité de l'odeur), la sensation agréable ou désagréable qu'elle provoque (caractère hédoniste) et par son intensité. En matière de prévention des nuisances olfactives industrielles, c'est l'intensité de l'odeur plutôt que son acceptabilité qui sera retenue comme paramètre.

Les mauvaises odeurs sont systématiquement à l'origine d'une inquiétude de la population quant à la qualité de l'air qu'elle respire. Les polluants odorants sont pourtant bien plus souvent gênants que toxiques ou nocifs, la plupart des composés odorants ayant un seuil olfactif nettement inférieur à leur seuil de toxicité. Les composés odorants connus pour avoir un effet nocif sur la santé ou des conséquences néfastes autres qu'une simple gêne sont gérés selon les critères relatifs à la qualité de l'air ambiant.

Les composés chimiques à l'origine des odeurs appartiennent majoritairement à la famille des composés organiques volatils (COV), exception faite toutefois de l'ammoniac et de l'hydrogène sulfuré, composés inorganiques très fréquemment rencontrés dans les gaz malodorants. Par conséquent, les principales familles chimiques des composés odorants sont : les alcools et phénols, les aldéhydes et cétones, les acides organiques, les esters, les terpènes, les amines, les composés benzéniques, les hydrocarbures non cycliques, les mercaptans et soufrés réduits. A l'intérieur de chaque famille chimique, le pouvoir odorant dépend des propriétés intrinsèques de la molécule, mais aussi de sa volatilité.

2. Sources de composés odorants dans le secteur des déchets

Dans le secteur des déchets, les trois sources principales sont les Centres de Stockage des Déchets (CSD), les stations de compostage et les Stations d'Épuration des eaux usées.

- Dans les décharges d'Ordures Ménagères, les sources principales d'odeurs sont : le biogaz, le déchet frais et le lixiviat. Il a été recensé plus de 500 composés présents dans les gaz issus de décharges d'ordures ménagères, leurs type et concentration dépendant de la nature et de la composition du déchet déposé à la décharge et pouvant se modifier suite à des processus chimiques et biologiques qui ont lieu à l'intérieur de la décharge. Ces composés peuvent provenir (i) de la dégradation anaérobie des déchets avec les composés contenant de l'oxygène (alcools, cétones, esters, acides carboxyliques et furanes), ceux contenant du soufre et les hydrocarbures (terpènes); (ii) de la volatilisation des composés qui sont essentiellement les hydrocarbures aromatiques et chlorés qui se trouvent dans les déchets stockés (traces anthropogéniques). Les principaux composés ayant un impact odorant important sont les soufrés réduits, les aldéhydes et les acides carboxyliques formés dans les premières étapes de dégradation du déchet, les composés chlorés avec le Chlorobenzène et le 1,1,1-Trichloroéthane.

- Dans le secteur du compostage, les composés émis sont essentiellement de l'ammoniac et des amines ainsi que des COV tels que le xylène, des alcanes et des terpènes.
- Les eaux usées du réseau d'égout sont polluées souvent à partir des mêmes déchets solides que ceux rencontrés dans les CSD. Les composés émis sont majoritairement des soufrés réduits avec l'hydrogène sulfuré et le méthyl mercaptan et les composés azotés (ammoniac, amines, indole scatole). Les eaux résiduaires urbaines et industrielles (usées) chargées en matières organiques, en composés azotés, soufrés et phosphorés, peuvent induire la formation d'odeurs désagréables suivant un processus biologique de fermentation qui se déclenche en milieu réducteur. Les principaux composés soufrés sont les suivants : mercaptans, sulfures et disulfures organiques et hydrogène sulfuré. Les composés azotés proviennent de l'urine et de la dégradation biologique en anaérobiose des protéines et des acides aminés ; ce sont l'ammoniac, les amines, l'indole et le scatole. D'autres composés odorants des familles des acides gras volatils (AGV), aldéhydes, alcools ou cétones peuvent être responsables de nuisances olfactives.

3. Méthodologie d'approche d'un problème d'odeurs

Dans le cas des odeurs, la problématique n'est pas obligatoirement et simplement une réduction des émissions, mais une réduction de la nuisance subie par la population riveraine des émetteurs. Par conséquent, si un effluent gazeux malodorant est généralement constitué d'un mélange complexe de composés soufrés, azotés, oxygénés et des hydrocarbures, la réduction de la concentration globale des composés odorants dans l'air n'est pas forcément corrélée avec une réduction de la nuisance. De plus, il a été montré que les propriétés odorantes des composés présents en mélange dans l'effluent gazeux ne sont pas additives et que le pouvoir odorant d'un composé n'est pas en relation avec sa concentration.

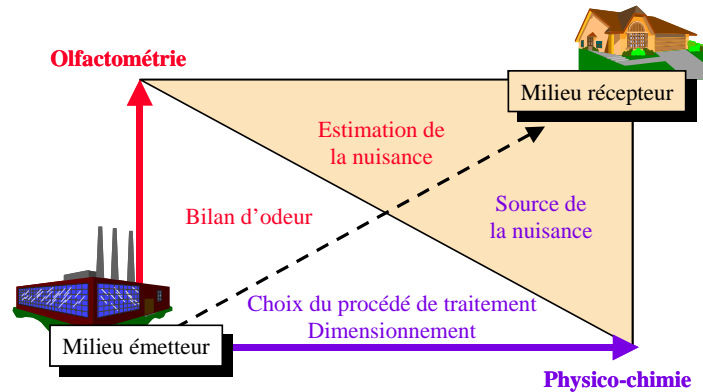
Ainsi, la méthodologie d'approche d'un problème d'odeurs doit envisager la mise en œuvre de méthodes d'analyse physico-chimique et sensorielle. La caractérisation analytique qualitative et quantitative d'un effluent gazeux malodorant fournit les éléments nécessaires aux choix et dimensionnement d'une installation de traitement et permet de réaliser le suivi des performances du traitement mis en œuvre. Le contrôle de la réduction de la nuisance nécessite la connaissance de l'abattement d'odeurs mesuré au moyen d'une approche sensorielle.

Il convient également de noter qu'il n'existe pas de réelles passerelles entre les deux approches du fait de la complexité de la relation chimie-odeur et de la difficulté à caractériser une telle relation.

4. Métrologie des odeurs et évaluation de l'impact des odeurs et des composés odorants

Les méthodes de mesures sont complémentaires et leur mise en œuvre dépend en grande partie du type de résultat souhaité. Les approches physico-chimiques, sensorielles ou par le biais de capteurs peuvent toutes trouver des applications dans le secteur déchets. Toutefois, certains développements restent à faire comme l'amélioration des prélèvements surfaciques sur les déchets solides ou la mise en place de réseaux de nez électroniques sur de plus nombreux sites.

Si l'utilisation des capteurs (nez électroniques) est clairement établie en tant que méthode de surveillance d'une atmosphère odorante, les méthodes d'analyse physico-chimique et olfactométrique sont liées respectivement à la connaissance des molécules présentes (odorantes ou non) et à l'odeur (intensité et éventuellement qualité). Afin de bien repérer les points forts de ces deux méthodes, la figure ci-dessous illustre la complémentarité de ces deux approches analytiques avec leur utilisation sur le site émetteur ou dans le proche



environnement (milieu récepteur).

Figure 1 : Approche globale d'un problème d'odeurs

Cette figure montre qu'une approche globale d'un problème d'émission malodorante ne pourra être convenablement suivie qu'avec la mise en place d'analyses complémentaires. Indépendamment des techniques sélectionnées pour la mesure, tous les aspects évoqués sur la partie prélèvement (nombre de points, position de ces points, durée d'un prélèvement, fréquence...) sont primordiaux pour la qualité du résultat et la possibilité d'en tirer des conclusions. Un prélèvement mal maîtrisé conduira à des résultats non fiables et par conséquent inexploitable. En matière de mesure (hors prélèvement), les appareils correctement étalonnés fourniront des résultats convenables. Il convient également de gérer rigoureusement les mesures olfactométriques (sélection d'un jury homogène) car les variations peuvent être grandes et rendre tout écart-type entre différentes non significatif par rapport à la seule variation du jury.

Comme la figure précédente sur la complémentarité des techniques l'a montré, les mesures vont pouvoir se décliner à l'émission et dans l'air ambiant : Milieux émetteur et récepteur.

Afin d'effectuer une campagne de mesure efficace et faire le choix technique approprié, les objectifs doivent être clairement définis. Les mesures pourront être réalisées à l'émission pour connaître le niveau des rejets (concentration en polluants), leur conformité, le niveau d'odeur... De tels suivis seront adaptés en fonction des phénomènes de variabilité possible de l'émission elle-même. Des mesures dans l'environnement (voisinage des sites émetteurs) pourront être également envisagées pour estimer l'impact sanitaire et environnemental ou bien encore la gêne causée par le caractère odorant.

A ce jour, la plupart des actions de mesure restent ponctuelle. En effet, les analyses physico-chimiques sont coûteuses dès que celles-ci se doivent d'être précises et l'aspect financier pénalise également le suivi sensoriel auquel il convient de rajouter le problème de disponibilité du jury de nez. Dans un tel contexte, la place des capteurs présente un intérêt puisque la notion d'empreinte en composés odorants peut être suffisante pour un suivi.

5. Les solutions de traitement et de réduction de la nuisance olfactive

Les sources d'émission localisées, l'industriel doit rechercher la solution la plus adaptée pour réduire les nuisances qu'elles provoquent. Dans un premier temps, une action à la source peut être envisagée. Néanmoins, même si une conception rigoureuse ou une action sur le process a préalablement permis de réduire le volume des émissions gazeuses odorantes, la mise en place d'un traitement s'avère nécessaire.

Le tableau 1 présente les principes, les avantages et les inconvénients des techniques de traitement d'odeurs les plus courantes.

Il convient cependant de noter que l'évolution de la réglementation fait qu'il devient de plus en plus difficile de satisfaire aux normes de rejet par la mise en œuvre d'un procédé unique de traitement. Il devient donc de plus en plus nécessaire de prendre en compte les problèmes de traitement d'effluents gazeux sous l'angle de la mise en œuvre de filières de traitement, c'est à dire de couplage de procédés.

Technologie	Principe	Avantages	Inconvénients
Incinération thermique (IT) ou catalytique (IC)	Oxydation thermique Températures élevées : 700-1400°C (IT) 370-480°C (IC) Temps de résidence faible : 0,2-2s	Technique destructive Possibilité de récupération d'énergie.	Opération en continu Coûts d'investissement et d'exploitation élevés Peu rentable pour des effluents dilués <1g/m ³
Adsorption	Transfert des COV par adsorption physique ou chimique Imprégnation chimique possible du garnissage	Simplicité de mise en oeuvre Adaptée à une large gamme de débits Possibilité de traiter des débits intermittents (respirations de bacs de stockage)	Difficile pour composés de faible poids moléculaire (imprégnations nécessaires) Génération de déchets : adsorbants usagés
Lavage	Transfert sélectif des contaminants de la phase gazeuse vers une solution de lavage	Très grande efficacité Adapté aux composés odorants (soufrés, azotés)	Utilisation de réactifs (stockage, coût) Déchets liquides Coûts d'opération élevés
Procédés biologiques	Transfert de polluants et de l'oxygène de la phase gazeuse vers le biofilm Dégradation des contaminants par des micro-organismes	Faible coût d'opération Peu de déchets secondaires	Large superficie parfois requise (biofiltres) Périodes d'arrêt prolongées mal tolérées
Plasmas froids	Création d'une décharge électrique dans le gaz	Coûts de fonctionnement réduits Faible encombrement	Formation de sous-produits pouvant présenter une toxicité
Photo-catalyse	Excitation d'un semi-conducteur par rayonnement UV	Adaptée aux composés odorants Faible encombrement	Formation de sous-produits Nécessité de régénérer périodiquement les catalyseurs

Tableau 1 : Technologies de traitement des odeurs

L'examen du tableau 1 permet de rendre compte que certaines techniques de traitement génèrent la formation de polluants secondaires. C'est le cas des procédés récupératifs qui entraînent des rejets solides ou liquides résultant du transfert de phase. Parmi les technologies présentées, les procédés biologiques sont ceux qui engendrent le moins de pollution secondaire.

Suivant les caractéristiques de l'effluent à traiter, certains procédés sont particulièrement indiqués. Ainsi, le choix d'une technique de traitement est motivé par à la fois l'abattement désiré en polluant et les aspects économiques, et nécessite, en toute rigueur, une connaissance de l'effluent à traiter, et en particulier l'obtention des données suivantes :

- l'abattement désiré,
- le débit de gaz à traiter,
- la composition et les concentrations en polluants,
- les fluctuations dans la composition en polluants et en débit de gaz,
- le mode d'opération (continu ou intermittent),
- la température et l'humidité relative du gaz à traiter,
- la teneur en poussières et huiles du gaz à traiter,
- la biodégradabilité des polluants présents.

L'orientation vers un procédé de traitement donné se fait donc au cas par cas. Néanmoins, des indications permettent de mieux cerner les domaines d'applicabilité des différentes techniques (figure 2).

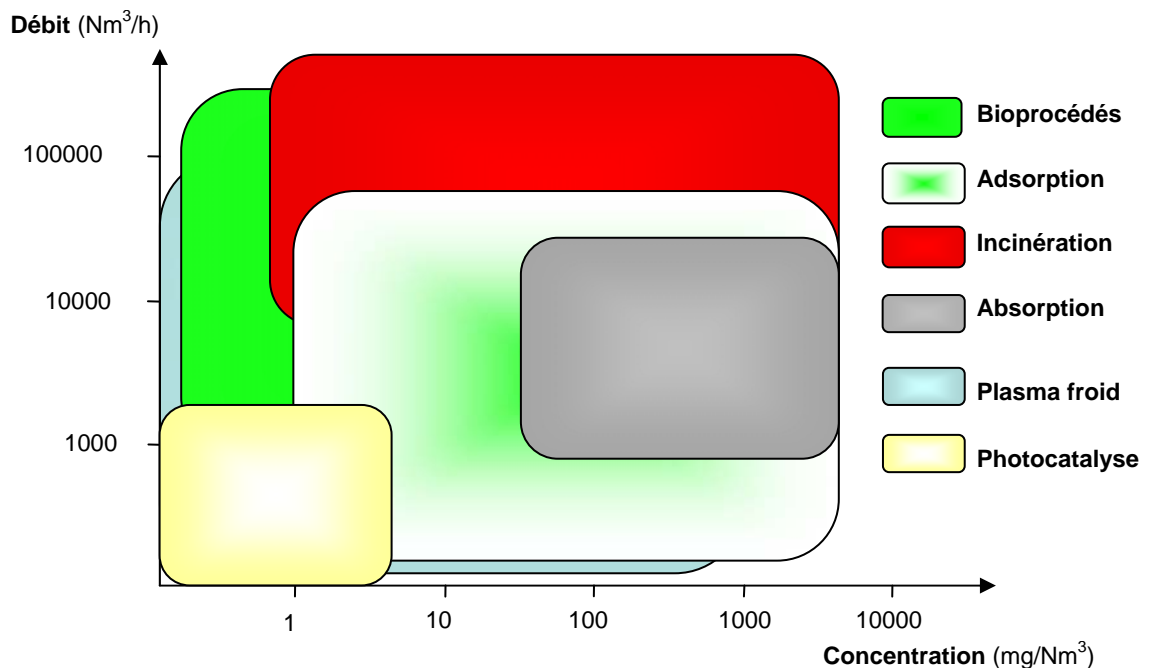


Figure 2 : Domaines d'application des techniques de traitement d'odeurs

Les domaines d'applicabilité indiqués sur la figure 2 ne sont donnés qu'à titre indicatif, et il est bien évident que suivant les conditions opératoires (nature du polluant en particulier), les délimitations de ces derniers ne sont pas clairement définies. Néanmoins, la figure 2 permet de rendre compte de plusieurs points :

En premier lieu, les procédés de traitement sont plus complémentaires qu'antagonistes. En effet, pour une gamme de débits et une teneur donnée en polluants, toutes les techniques ne sont pas applicables, pour des questions de coût et de faisabilité. La méthode qui peut traiter les plus fortes concentrations aux plus forts débits est la technique d'incinération.

D'autre part, les méthodes biologiques sont plus appropriées que les méthodes physico-chimiques pour les gaz à faible teneur en polluant. De plus, ces méthodes biologiques demeurent appropriées au traitement de forts débits de gaz pollué.

Concernant les coûts des traitements, il a été montré que, pour un débit de gaz constant de 40 000 m³/h, le coût des procédés biologiques est très compétitif pour des concentrations inférieures à 1 g C/m³. Lorsque le procédé de biofiltration est applicable, son utilisation est souvent la solution la plus économique. Pour une même gamme de concentrations, le coût relatif des procédés d'adsorption est intermédiaire, et peut devenir, lors de l'augmentation de la concentration, plus élevé que l'incinération catalytique.

Il faut souligner que si des améliorations constantes sont apportées à l'ensemble des ces techniques (nouvelle conception d'incinérateurs, mise en œuvre de nouveaux matériaux adsorbants, ...), les procédés biologiques, comme les procédés émergents tels que les plasmas froids ou la photocatalyse font l'objet, ces dernières années, d'une recherche particulièrement active visant à élargir leur champ d'application au domaine particulier du traitement des odeurs et des COV. Les procédés biologiques ont en particulier déjà fait preuve de leurs capacités à traiter des débits élevés de gaz contenant des composés odorants avec une efficacité et à un coût d'investissement et de fonctionnement intéressants.

6. La Réglementation

En France, les odeurs d'origine industrielle ou agricole sont généralement émises par des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), soumises à déclaration (ICPE-D) ou à autorisation (ICPE-A). La réglementation relative aux ICPE, développée dans le livre V, titre I du Code de l'Environnement, s'articule autour i) de la prévention : une étude d'impact destinée au dossier d'autorisation est établie par l'exploitant d'une ICPE-A en réponse à la demande du préfet (décret 77-1133 de septembre 1977) et prend en compte la problématique des odeurs ; ii) de la limitation des rejets gazeux odorants au niveau des sources : les prescriptions applicables par les exploitants sont définies, au niveau national par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) comme sur le plan local par les préfets.

L'application de la réglementation en vigueur, ou la préparation de textes nouveaux, se traduit par la nécessité de disposer de méthodes et de moyens de mesures adéquats : ceux-ci sont décrits dans les normes, qu'elles soient françaises (normes AFNOR), européennes (normes CEN) ou internationales (normes ISO). En Europe, l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, l'Italie, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et la Suisse participent au groupe de travail « WG2 » chargé de l'élaboration des normes européennes sur les odeurs. De plus, il est clair que le législateur est appelé à prendre en compte les évolutions de la technique et de la métrologie.

Par conséquent, la synthèse des approches législatives appliquées dans certains pays de l'Union Européenne tels la France, mais aussi l'Allemagne, les Pays-Bas et la Belgique et au Québec, montre que la législation sur les odeurs s'articule autour des quatre axes principaux suivants :

- le contrôle des émissions à la source ;
- le contrôle des immissions dans le milieu récepteur ; les immissions (concentrations mesurées de polluants dans l'air) sont le résultat des émissions (activités humaines) et des processus de dispersion, transformation chimique et dépôts, contrôlés par la météorologie.
- le contrôle des distances minimales de voisinage entre la source d'odeur et les riverains. L'objectif est de faire en sorte que les odeurs perçues ne soient pas considérées comme une nuisance.
- L'évaluation de la nuisance subie par la population ;
- La gestion de la nuisance.

Il convient également de noter que, pour une bonne application de la législation, les différents intervenants doivent veiller au choix d'une stratégie d'étude appropriée aux objectifs fixés et à la réalisation de mesures de qualité. Concernant la stratégie d'étude, une attention particulière doit être portée sur les points de mesures et les conditions de fonctionnement de l'installation.

Synthesis

1. Perception and Characteristics of Odours

The sense of smell, a very powerful detection system, is paradoxically often considered as a minor sense. Its loss is not considered to be as serious as a loss of hearing or sight. Yet the case for the importance of olfactory sensations no longer needs to be made. Odours, together with dust and noise, are one of the forms of pollution most strongly sensed by people living close to industrial plants. Odours represent a real problem for the industrialist. Preventing their formation and emanation is a priority for those who wish to improve their brand image and relations with their neighbourhood.

An odour is a perception. The sensation of smell comes from the interaction between chemical molecules (the odorous compounds) and the olfactory mucous membrane situated in the nasal fossae. This interaction generates a nerve message which is transmitted to the olfactory bulb then to other areas of the brain that regulate, modulate and interpret the olfactory message. Globally speaking, the response to an olfactory stimulus depends on the number of molecules adsorbed by the mucus, the random distribution of odorous molecules on the various receptor proteins, and the rhythm of the stimuli to which the neurosensory mucous membrane is subjected. In human beings, cognitive functions – in other words our ability to obtain information from our environment, and instantaneously organise and analyse it – play a very important role in the olfactory process. There are very many factors that can affect the way we perceive odours, in terms of both their intensity and their quality: our physiological state, our culture, life habits, vision, the moment of perception, the physico-chemical properties of the odorous substances, and the mechanisms transporting them through the air. It is also important to note that odours are learnt through the diverse experiences of life. The multiplicity of these factors explains why resolving the problems posed by bad smells requires a trans-disciplinary approach. On a general level, we can distinguish three parameters that characterise the sense of smell: sensitivity, the capacity to individualise odours or mixtures of odours, and the evaluation of intensity.

Consequently, an odour can be defined by its specific nature (characteristics of the odour), the pleasant or unpleasant sensation that it produces (hedonistic characteristics), and by its intensity. Concerning the prevention of industrial olfactory nuisances, the predominant parameter is the intensity of the odour rather than its acceptability.

Bad smells are invariably a source of concern for the population with regard to the quality of the air they breathe. However, odorous pollutants are much more likely to be annoying rather than actually toxic or noxious, since most odorous compounds have an olfactory threshold that is considerably lower than their toxicity threshold. Odorous compounds known to have a noxious effect on health or undesirable consequences other than simply being annoying are managed according to the criteria relating to the quality of ambient air.

The majority of chemical compounds that cause odours belong to the family of volatile organic compounds (VOCs), with the exception, however, of ammonia and hydrogen sulphide, inorganic compounds very frequently found in malodorous gases. Consequently, the principal chemical families of odorous compounds are: alcohols and phenols, aldehydes and ketones, organic acids, esters, terpenes, amines, benzenic compounds, non-cyclic hydrocarbons, mercaptans and reduced sulphurated compounds. Within each chemical family, odorousness depends on the intrinsic properties of the molecule, and also its volatility.

2. Sources of Odorous Compounds in the Waste Sector

In the waste sector, the three principal sources of odours are waste storage sites, composting sites and wastewater treatment plants.

- In domestic garbage disposal sites, the principal sources of odours are: biogas, fresh waste and leachates. More than 500 compounds have been listed in the gases produced by domestic garbage disposal sites, with their type and concentration dependent on the nature and composition of the waste deposited at the disposal site and which can be modified by the chemical and biological processes that take place inside the site. These compounds can be produced by: (i) anaerobic degradation of waste with oxygen-containing compounds (alcohols, ketones esters, carboxylic acids and furans), sulphur-containing compounds and hydrocarbons (terpenes); (ii) volatilisation, essentially of the aromatic hydrocarbons and chlorinated compounds that are found in stored waste (anthropogenic traces). The principal compounds that have a major odorous impact are reduced sulphurated compounds, aldehydes, the carboxylic acids formed during the first stages of waste degradation, and chlorinated compounds such as Chlorobenzene and 1,1,1-Trichloroethane.
- In the composting sector, the compounds emitted are essentially ammonia and amines together with VOCs such as xylene, alkanes and terpenes.
- The wastewater of the sewage network is often polluted by the same solid waste as is found in garbage disposal sites. The compounds emitted are mainly reduced sulphurated compounds such as hydrogen sulphide and methyl mercaptan, and nitrogenous compounds (ammonia, amines, indole and skatole). Urban and industrial residual water (wastewater) containing organic matter and nitrogenous, sulphurated and phosphorated compounds can lead to the formation of unpleasant odours by means of a biological fermentation process triggered by a reducing medium. The principal sulphurated compounds are as follows: mercaptans, organic sulphides and disulphides, and hydrogen sulphide. The nitrogenous compounds - ammonia, amines, indole and skatole - come from urine and the anaerobic biological degradation of proteins and amino-acids. Other odorous compounds from the volatile fatty acid (VFA), aldehyde, alcohol or ketone families can also be responsible for olfactory nuisances.

3. Methodology for an Approach to Odour Problems

In the case of odours, the issue is not necessarily and simply reducing emissions, but rather reducing the nuisance factor suffered by the population living close to the emitters of odorous substances. Consequently, while a malodorous gaseous effluent generally consists of a complex mixture of sulphurated, nitrogenous and oxygenated compounds and hydrocarbons, reducing the global concentration of the odorous compounds in the air does not necessarily correlate to a reduction in the nuisance factor. In addition, it has been shown that the odorous properties of the mixed compounds present in the gaseous effluent are not additive, and that the odorous impact of a compound is not proportional to its concentration.

The methodology of an approach to odour problems must therefore plan for the implementation of physico-chemical analysis and sensory methods. The qualitative and quantitative analytical characterisation of a malodorous gaseous effluent provides the information necessary for choosing and scaling a treatment plant and enables the performances of the implemented treatment to be monitored. Verifying the reduction in the nuisance factor requires knowledge of the level of odour abatement measured by means of a sensory approach.

It should also be noted that there are no real ways of connecting the two approaches because of the complexity of the chemical-odour relationship and the difficulty of characterising such a relationship.

4. Metrology of Odours and Evaluation of the Impact of Odours and Odorous Compounds

Measurement methods are complementary and their implementation largely depends on the type of result desired. Physico-chemical approaches, whether sensory or using artificial sensors, can all be applied to the waste sector. Nonetheless, certain developments still need to be made, such as improving the surface sampling of solid waste or setting up electronic nose networks on more numerous sites.

While the utilisation of sensors (electronic noses) has clearly become established as a surveillance method for odorous atmospheres, the methods of physico-chemical and olfactometric analysis are respectively linked to knowledge of the molecules present (whether odorous or not) and to the odour itself (intensity and perhaps quality). In order to visualise the main points of these two methods, the figure below illustrates the complementarity of the two analytical approaches, showing their utilisation at the emission site and in its close environment (reception medium).

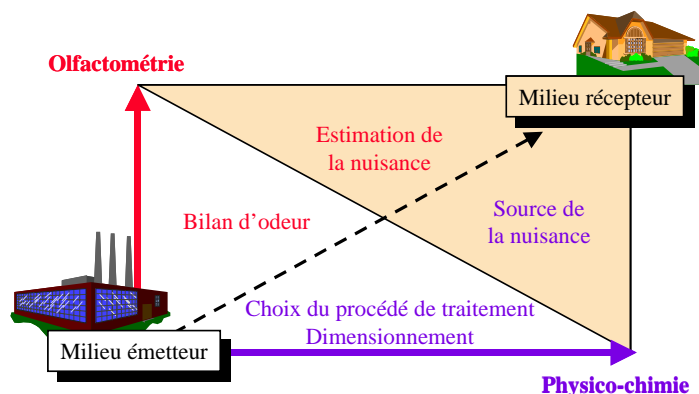


Figure 1: Global Approach to an Odour Problem

This figure shows that a global approach to a malodorous emission problem can only be properly monitored by setting up complementary analysis methods. Quite apart from the measurement techniques selected, all the aspects mentioned concerning sampling (number of

points, positions of those points, sampling period, frequency, etc.) are of essential importance for the quality of the results and the possibility of drawing conclusions from them. An inappropriate sampling set-up will lead to unreliable, and consequently unusable, results. With regard to measurement (aside from sampling set-up), only correctly calibrated apparatus will provide suitable results. It is also important to manage the olfactometric measurements rigorously (selection of a homogenous jury), since variability can be considerable and make any standard deviation between different measurements insignificant compared to variations within the jury.

As shown in the above figure concerning the complementary of techniques, measurements can take place at the emission point or in the surrounding air: emission or reception medium.

In order to carry out an effective measurement campaign and make the appropriate technical choices, the objectives must be clearly defined. Measurements can be carried out at the emission point in order to find out the level of effluent (pollutant concentrations), their conformity, level of odour, etc. Such monitoring methods should be adapted in function of possible variability in phenomena concerning the emission itself. Measurements in the environment (vicinity of the emission sites) can also be planned in order to estimate the sanitary and environmental impact or indeed the nuisance factor caused by the odour.

Currently, most measurement set-ups are still limited to isolated points. Accurate physico-chemical analysis is costly and the financial aspect is also a difficulty for sensory monitoring, together with the problem of the availability of the jury. In this context, the placing of sensors is of interest since a "fingerprint" of odorous compounds can be sufficient for monitoring purposes.

5. Solutions for the Treatment and Reduction of Olfactory Nuisances

Once emission sources have been localised, the industrialist must seek the most appropriate solution for reducing the nuisances caused. At first, measures at the emission source can be envisaged. Nonetheless, even if a rigorous design or set of measures has initially reduced the volume of odorous gas emissions, the setting up of a treatment system still proves necessary.

Table 1 presents the principles, advantages and disadvantages of the most common odour treatment techniques.

It should nonetheless be noted that developments in the rules and regulations make it more and more difficult to satisfy emission standards by implementing a single treatment process. It is therefore becoming more and more necessary to deal with the problems of gaseous effluent treatment in terms of implementing treatment channels, in other words combined processes.

Technology	Principle	Advantages	disadvantages
Thermal incineration (TI) Or catalytic incineration	Thermal oxidation High temperatures: 700-1400°C (TI) 370-480°C (CI) Low retention time 0,2-2s	Destructive technique Possibility of energy recovery	Continuous operation High investment and operating costs Low cost effectiveness for dilute effluents <math><1\text{g}/\text{m}^3</math>
Adsorption	Transfer of VOCs by physical or chemical adsorption Possible chemical impregnation of the packing	Simple to implement Suitable for a wide range of flow rates Possible to process intermittent flows (breathing of storage containers)	Difficult for compounds of low molecular weight (impregnation necessary) Generates waste: spent adsorbents
washing	Selective transfer of contaminants from the gaseous phase to a washing solution	Very high efficiency Suitable for odorous compounds (sulphurated, nitrogenous)	Utilisation of reagents (storage, cost) Liquid waste High operating costs
Biological Procedures	Transfer of pollutants and oxygen from the gaseous phase to the biofilm Degradation of contaminants by microorganisms	Low operating costs Little secondary waste	Large surface area sometimes required (biofilters) Low tolerance of long stoppage times
Plasma cold	Creation of an electrical discharge in the gas	Low operating costs Not bulky	Possible formation of toxic by-products
Photo-catalysis	Excitation of a semi-conductor by UV radiation	Appropriate for odorous compounds Not bulky	Formation of by-products Periodic regeneration of catalysts required

Table 1: Odour Treatment Technologies

Examination of Table 1 shows that certain treatment techniques lead to the formation of secondary pollutants. This is the case of recovery processes that generate solid or liquid waste resulting from the phase transfer. Of the technologies listed, it is the biological processes that cause the least secondary pollution.

In function of the characteristics of the effluent to be treated, certain processes are particularly recommended. The choice of a treatment technique is thus motivated both by the desired pollutant abatement and by economic aspects, and requires rigorous consideration of the exact nature of the effluent to be treated, in particular the following data:

- the abatement desired,
- the gas flow to be treated,
- the composition and concentrations of pollutants,
- fluctuations in pollutant composition and gas flow,
- the operating mode (continuous or intermittent),

- the temperature and relative humidity of the gas to be treated,
- the dust and oil content of the gas to be treated,
- the biodegradability of the pollutants present.

The choosing of a treatment process is therefore carried out on a case by case basis. Nonetheless, there are indications that suggest the fields of applicability of the various techniques (Figure 2).

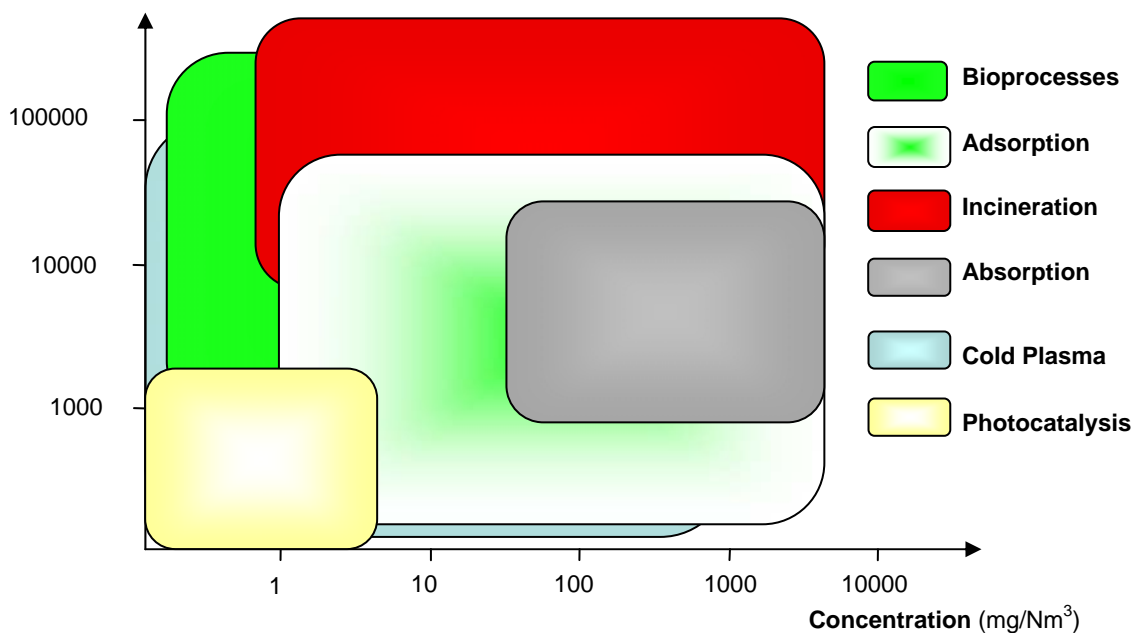


Figure 2: Fields of Application of Odour Treatment Techniques

The fields of applicability indicated in figure 2 are given on a purely indicative basis, and it is obvious, according to operating conditions (in particular the nature of the pollutant), that the delimitations of these fields are not clearly defined. Nonetheless, Figure 2 does illustrate several points:

First of all, treatment processes are more complementary than antagonistic. In effect, not all the techniques are applicable to a given range of flow rates and level of pollutants for reasons of cost and feasibility. The method that can treat the highest concentrations at the highest flow rates is the incineration technique.

In addition, biological methods are more appropriate than physico-chemical methods for gases containing low pollutant levels. Furthermore, these biological methods remain appropriate for treating high flow rates of polluted gas.

Concerning treatment costs, it has been shown, for a constant gas flow rate of 40,000 m³/h, that the cost of biological processes is very competitive for concentrations less than 1 g C/m³. When the biofiltration process is applicable, it is often the most economical solution. For the same concentration range, the relative cost of adsorption processes is intermediate and, with increased concentrations, can become higher than catalytic incineration.

It should be underlined that all these techniques are continually being improved (new incinerator designs, implementation of new adsorbent materials, etc.) In recent years, biological processes and emerging processes such as cold plasma or photocatalysis have been the subject of particularly active research aimed at widening their fields of application, especially for the treatment of odours and VOCs. Biological processes in particular have already proved their ability to treat high flow rates of gases containing odorous compounds, with competitive efficiency levels and investment and operating costs.

6. Rules and Regulations

In France, odours of industrial or agricultural origin are generally emitted by classified facilities called "Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)", which are subject to declaration (ICPE-D) or authorisation (ICPE-A). The rules and regulations with regard to ICPEs, laid out in Book V, Title I of the French Code for the Environment covers i) prevention: an impact study to be included in the authorisation file must be set up by the operator of an ICPE-A at the request of the Prefect (Decree 77-1133, September 1977) and must take into account the issue of odours; ii) the limitation of odorous gaseous emissions at source: the prescriptions applicable to operators are defined at national level by the French Development and Environment Ministry (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE)) and at local level by the Prefects.

The application of the rules and regulations in force, or the preparation of new texts, is expressed by the need for appropriate methods and measurement techniques: these are described in the standards, whether French (AFNOR standards), European (CEN standards) or international (ISO standards). In Europe, Germany, Austria, Belgium, Denmark, Spain, Italy, the Netherlands, the UK and Switzerland participate in the "WG2" working group, responsible for drawing up the European standards on odours. In addition, legislation must obviously take into account developments in technology and metrology.

Consequently, to summarise the legislative approaches applied in some European Union countries such as France, Germany, the Netherlands and Belgium, together with Quebec, legislation concerning odours is centred on the following four principal axes:

- control of emissions at source;
- control of immissions in the receptor environment; immissions (measured concentrations of pollutants in the air) are the result of emissions (human activities) together with dispersion, chemical transformation and deposition processes governed by the weather.

- control of minimum distances between odour sources and people living nearby. The objective is to ensure that perceived odours are not considered as a nuisance.
- evaluation of the nuisance factor experienced by the population;
- management of the nuisance factor.

It should also be noted that, in order to apply the legislation correctly, the various organisations involved must ensure that they choose a monitoring strategy that is appropriate to the objectives fixed and to the achievement of quality control measures. Concerning the monitoring strategy, particular attention must be focused on the measurement points and the operating conditions of the plant.