

**SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT**  
FRANÇAIS / ENGLISH

**METROLOGIE DES EMISSIONS DIFFUSES DE POUSSIÈRES  
ET DE GAZ - FLUX ET COMPOSITION - DES CENTRES  
DE TRAITEMENT OU STOCKAGE DE DÉCHETS  
ET DES SITES POLLUÉS  
ÉTAT DES CONNAISSANCES**

**MEASUREMENT OF DUST AND GAZ FUGITIVES EMISSIONS  
- FLOW AND COMPOSITION - FROM WASTE TREATMENT OR  
STORAGE FACILITIES AND POLLUTED SITES  
STATE OF KNOWLEDGE**

avril 2011

**M. DURIF, A.-S. CLINCKE, I. FRABOULET, F. GAUTIER,  
J. QUERON, I. ZDANEVITCH - INERIS**

Créée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets – est le fruit d'une triple coopération entre industriels, pouvoirs publics et chercheurs. L'objectif principal de RECORD est le financement et la réalisation d'études et de recherches dans le domaine des déchets et des pollutions industrielles. Les membres de ce réseau (groupes industriels et organismes publics) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

- ✓ En Bibliographie, le document dont est issue cette synthèse sera cité sous la référence :  
**RECORD**, Métrologie des émissions diffuses de poussières et de gaz - flux et composition - des centres de traitement ou stockage de déchets et des sites pollués. Etat des connaissances, 2011, 131 p, n°08-0137/1A
  
- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)  
[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

## **RESUME**

Il ressort de cet état de l'art qu'il n'existe pas de méthode unique permettant de quantifier les émissions diffuses de poussières et de gaz liées aux activités des centres de traitement ou stockage de déchets.

On peut distinguer d'une part, les techniques « à la source » où les mesures sont faites directement sur la source d'émission. Dans ce cas une partie de la source d'émission est caractérisée et le résultat est appliqué à l'ensemble de la source via des hypothèses confortées éventuellement par des tests sur l'homogénéité de la source d'émission. D'autre part, les techniques dites « périmétriques » où les mesures sont réalisées autour de la source (ou des sources). Dans ce cas, le flux est attribué à la source (ou les sources) située(s) au vent des capteurs. Des hypothèses sont alors faites sur la/les sources contributrice(s) et sa (leur) dispersion au point de mesure. A cette incertitude spatiale s'ajoute une incertitude temporelle. En effet, quelle que soit la technique de mesure aucune ne peut être mise en œuvre en permanence tout au long de l'année. Or, les émissions diffuses varient fortement dans le temps. Cette variabilité pose la question de la représentativité de mesures réalisées sur une période allant d'une journée à quelques semaines au regard des variations à l'année.

Si les méthodes « à la source » permettent de mieux appréhender les émissions de sources particulières, la quantification des émissions de l'ensemble du site nécessitera probablement la réalisation d'échantillonnage massif sur le site, voir la mise en œuvre de différentes techniques adaptées à chacune des sources présentes sur le site.

Les méthodes « périmétriques » permettent d'appréhender les émissions à l'échelle du site, voir en adaptant les stratégies de mesures, à quantifier les émissions de zones d'activités particulières. Ces techniques permettent de s'affranchir de l'incertitude liée à l'hétérogénéité de la source d'émission (échelle du site). Par contre la résolution spatiale des sources d'émissions est faible.

Peu de référentiels normatifs existent. Deux sont en cours d'élaboration à l'AFNOR (guides techniques sur l'utilisation des chambres à flux pour le suivi des émissions de sources surfaciques, mesures des émissions diffuses aux lanterneaux). Une norme européenne existe concernant l'évaluation des sources fugitives de poussières par modélisation de dispersion inverse.

Les chambres à flux sont les techniques les plus utilisées à ce jour pour quantifier les émissions gazeuses de sources surfaciques solides ou liquides. Leur simplicité de mise en œuvre en fait un outil privilégié des bureaux d'études. Néanmoins, une incertitude importante sur le terme source est liée à la faible représentativité de l'échantillonnage vis-à-vis de la source qui est souvent très hétérogène.

L'émergence des techniques à long trajet optique pour la mesure des gaz a permis un développement important des méthodes de mesures périmétriques directes intégrées. Ces techniques sont peu utilisées en France. Elles demandent un investissement matériel lourd et une expertise importante. Elles ont un réel potentiel en termes de quantification des émissions diffuses gazeuses totales d'un site. On pourrait également imaginer qu'à moyenne échéance des systèmes à demeure puissent être installés autour des sites, permettant ainsi de résoudre le problème de la représentativité temporelle des campagnes de mesures ponctuelles. Ces techniques permettent également de prendre en compte les émissions dues aux phases dynamiques des procédés.

Les techniques par traçage sont peu utilisées, elles semblent pourtant bien adaptées à la quantification des émissions diffuses des sources statiques mais avec l'inconvénient majeur d'utiliser des gaz à effet de serre très important. L'usage de ces techniques doit être limité à des cas où aucune autre approche n'est possible.

Les émissions particulières restent les plus difficiles à quantifier. A part le cas des émissions de particules aux lanterneaux de bâtiment où la technique de la mesure aux ouvertures semble bien adaptée, pour les autres sources la modélisation inverse semble l'outil le plus adapté à la quantification des émissions diffuses de particules d'un site, voir de différentes zones si elles ne sont pas trop imbriquées. Bien qu'entachée d'une incertitude importante, cette méthode semble être la meilleure approche disponible à ce jour. Elle est, par ailleurs la seule à être normalisée. Cette technique est peu utilisée en France car sa bonne prise en main demande une certaine expertise et la norme est peu didactique.

**MOTS CLES :** Mesure des émissions diffuses, centres de traitement ou stockage de déchets.

## SUMMARY

It appears clear from this state of knowledge, that there is no single method for quantifying fugitive emissions of dust and gas related to activities of waste treatment or storage facilities.

One can distinguish on one hand, the "source characterization" methods where the measurements directly take place on the source of emissions. In this case, part of the emission source is characterized and the result is applied to the entire source via assumptions/hypotheses reinforced by tests on the homogeneity of the emission source. On the other hand, the techniques known as "perimetric" where the measurements are performed around the source (or sources). In this case, the flow is attributed to the source (or sources) located upwind of the sensors. Assumptions are then made on the contributing sources and their atmospheric dispersion at the measurement point. On top of this spatial uncertainty, a temporal uncertainty should also be taken into account. Indeed, none of the existing measurement technique can be implemented continuously throughout the year. Since diffusive emissions strongly vary over time, this variability raises the question of the representativeness of measurements lasting between one and a few weeks regarding the variations of the emissions during the year.

If the "source characterization methods" allow a better understanding of emissions from a specific zone of a source, quantification of emissions from the entire site will probably require to complete massive sampling on site, or to implement various techniques adapted to each source on site. "Perimetric" methods take into account emissions of the entire site or areas. These techniques allow to overcome the uncertainty associated with the heterogeneity of the emission source (site scale), although the spatial resolution of emission sources is low.

Few standardized references exist. Two are in progress in AFNOR (French standardization body) committees (technical guidelines on the use of flux chambers for monitoring emission surface sources, diffuse emission measurements at roof emission). A European standard exists on the assessment of fugitive dust sources by Reverse Dispersive Modeling.

Flux chambers are the most commonly used techniques by now to quantify gaseous emissions from surface solids or liquids sources. Their ease of implementation make it an ideal tool for laboratories. However, significant uncertainty on the source term is related to the low representativeness of the sample regarding the source which is often very heterogeneous.

The recent technical development of long path optical techniques for measuring gas concentration is generating a growing interest for "perimetric" techniques. These techniques are hardly used in France. They require heavy equipment investment and significant expertise. They have a real potential for quantifying the total gaseous fugitive emissions of a site. One could also imagine that in the future, systems could be permanently installed around the site, thereby solving the problem of temporal representativity campaigns. These techniques also take into account emissions from the dynamic phases of the process.

Gas tracer techniques are not commonly used, yet they seem well suited to the quantification of fugitive emissions from static sources but the major drawback is that they need greenhouse gases. The use of these techniques should be limited to cases where not other approach can be used.

Particulate emissions remain the most difficult to quantify. Apart from the case of particulate roof emissions where the technique of measuring at the openings seems well suited, for other sources inverse modeling tool seems best suits to the quantification of fugitive emissions of particles from one site. Even though this technique shows a large uncertainty, it is appears as the best technology available today. It is also the only one to be standardized. This method is rarely used in France because its use needs expertise and the standard is complex to be used.

KEY WORDS: Measurement of fugitives' emissions, waste treatment facilities.

## **Contexte de l'étude**

Les centres de traitement et de stockage des déchets engendrent des émissions diffuses (c'est-à-dire non canalisées) de composés gazeux ainsi que de poussières à différents stades des filières (collecte, tris, broyage et autres prétraitements, traitements en eux-mêmes, stockage). Il en est de même des sites pollués. Ces émissions sont par nature difficiles à traiter, et sont susceptibles de conduire à des impacts sanitaires et environnementaux. Il convient donc de pouvoir en estimer les flux et la nature de manière la plus précise et la plus fiable possible. L'utilisation de méthodes et outils de terrain adaptés et éprouvés, souvent associée à une approche de modélisation, est nécessaire pour la métrologie de ces émissions aux différents stades de leur production.

## **Objectif et plan de l'étude**

L'objectif de cette étude est de réaliser un état de l'art critique des méthodes et outils existants ou en développement permettant l'estimation et/ou la quantification des émissions diffuses de gaz et de particules des centres de traitement/stockage de déchets et des sites pollués. Cet état de l'art s'intéresse aux techniques que l'on peut mettre en œuvre sur/autour de deux grandes typologies de sources :

- Les émissions diffuses de gaz / particules lors des phases statiques des procédés (stockage, maturation...),
- Les émissions diffuses de gaz/particules lors des phases de mouvements liées à la bonne marche du procédé (mélange, transport de matière, broyage, criblage, aération...) mais également lors des roulages (circulation des engins).

Il a été réalisé sur la base d'une revue bibliographique à champ large. La description des différentes méthodes de mesure précise :

- Le principe technique de la mesure, les matériels et la logistique nécessaire à sa mise en œuvre, la stratégie de mesure associée, le niveau d'expertise nécessaire à leur mise en œuvre,
- La représentativité spatio-temporelle des mesures,
- La maturité technique, les référentiels existants (guides, normes...) et les incertitudes associées si disponibles.
- La typologie de sources à laquelle elle peut s'appliquer.

## **Exposé des principaux résultats obtenus**

Il ressort de cet état de l'art qu'il n'existe pas de méthode unique permettant de quantifier les émissions diffuses de poussières et de gaz liés aux activités des centres de traitement ou stockage de déchets.

On peut distinguer d'une part, les techniques « à la source » où les mesures sont faites directement sur la source d'émission. Dans ce cas une partie de la source d'émission est caractérisée et le résultat est appliqué à l'ensemble de la source via des hypothèses confortées éventuellement par des tests sur l'homogénéité de la source d'émission. D'autre part, les techniques dites « périmétriques » où les mesures sont réalisées autour de la source (ou des sources). Dans ce cas, le flux est attribué à la

source (ou les sources) située(s) au vent des capteurs. Des hypothèses sont alors faites sur la/les source(s) contributrice(s) et sa (leur) dispersion au point de mesure. A cette incertitude spatiale s'ajoute une incertitude temporelle.

Quelle que soit la technique de mesure aucune ne peut être mise en œuvre en permanence tout au long de l'année. Or, les émissions varient dans le temps. Cette variabilité pose la question de la représentativité de mesures réalisées entre une journée et deux semaines au regard des variations annuelles à l'année.

Si les méthodes « à la source » permettent de mieux appréhender les émissions de sources particulières, la quantification des émissions de l'ensemble du site nécessitera probablement la réalisation d'échantillonnage massif sur le site, voir la mise en œuvre de différentes techniques adaptées à chacune des sources présentes sur le site.

Les méthodes « périmétriques » permettent d'appréhender les émissions à l'échelle du site, voir en adaptant les stratégies de mesures, à quantifier les émissions de zones d'activités particulières. Ces techniques permettent de s'affranchir de l'incertitude liée à l'hétérogénéité de la source d'émission (échelle du site). Par contre la résolution spatiale des sources émissions est faible.

Peu de référentiels normatifs existent. Deux sont en cours d'élaboration à l'AFNOR (guides techniques sur l'utilisation des chambres à flux pour le suivi des émissions de sources surfaciques, mesures des émissions diffuses aux lanterneaux). Une norme européenne existe concernant l'évaluation des sources fugitives de poussières par modélisation de dispersion inverse.

Les chambres à flux sont les techniques les plus utilisées à ce jour pour quantifier les émissions gazeuses de sources surfaciques solides ou liquides. Leur simplicité de mise en œuvre en fait un outil privilégié des bureaux d'études. Néanmoins, une incertitude importante sur le terme source est liée à la faible représentativité de l'échantillonnage vis-à-vis de la source qui est souvent très hétérogène.

L'émergence des techniques à long trajet optique pour la mesure des gaz a permis un développement important des méthodes de mesures périmétriques directes intégrées. Ces techniques sont peu utilisées en France. Elles demandent un investissement matériel lourd et une expertise importante. Elles ont un réel potentiel en termes de quantification des émissions diffuses gazeuses totales d'un site. On pourrait également imaginer qu'à moyenne échéance des systèmes à demeure puissent être installés autour des sites, permettant ainsi de résoudre le problème de la représentativité temporelle des campagnes de mesures ponctuelles. Ces techniques permettent également de prendre en compte les émissions dues aux phases dynamiques des procédés.

Les techniques par traçage sont peu utilisées, elles semblent pourtant bien adaptées à la quantification des émissions diffuses des sources statiques mais avec l'inconvénient majeur d'utiliser des gaz à effet de serre très important. L'usage de ces techniques doit être limité à des cas où aucune autre approche n'est possible.

Les émissions particulières restent les plus difficiles à quantifier. Mis à part le cas des émissions de particules aux lanterneaux de bâtiment où la technique de la mesure aux ouvertures semble bien adaptée, pour les autres sources, la modélisation inverse semble être l'outil le plus adapté à la quantification des émissions diffuses de particules d'un site, voir de différentes zones si elles ne sont pas trop imbriquées. Bien qu'entachée d'une incertitude importante, cette méthode est la meilleure

technique disponible à ce jour. Elle est, par ailleurs la seule à être normalisée. Cette technique est peu utilisée en France car sa bonne prise en main demande une certaine expertise et la norme est peu didactique.

### **Conclusion**

Cette étude a permis d'identifier et de classer différentes techniques de mesures qui peuvent permettre l'estimation et/ou la quantification des émissions diffuses de gaz et de particules des centres de traitement/stockage de déchets et des sites pollués. Il n'existe pas de méthode unique et chaque type d'émission peut faire appel à une ou différentes méthodes. Peu de ces méthodes sont normalisées et toute demande une expertise et/ou des équipements de mesures qui sont peu disponibles et partagés en France à ce jour.

Mise à part les émissions diffuses particulières qui restent les plus difficiles à quantifier, on peut considérer que l'enjeu de la quantification de ces émissions se situe moins aujourd'hui dans le développement de nouvelles approches de mesures que dans la mise à disposition de procédures de références et la mise à niveau de l'expertise nationale en termes d'investissement matériels et de formation.

## **Study Background**

Waste treatment and storage facilities generate fugitive emissions of gaseous compounds and dust at different stages of the processes (collection, sorting, crushing and other pretreatments, treatments in their same storage). These issues are inherently difficult to deal with, and may lead to health and environmental impacts. It is therefore necessary to estimate their flow and composition in the most accurate and reliable way. The use of methods and tools adapted and comprehensively tested, often associated with a modeling approach is needed for monitoring these emissions at various stages of production.

## **Objective and study design**

The aim of this study is to achieve a critical state-of-the-art of existing or under development methods and tools for the estimation and / or the quantification of fugitive emissions of gaseous and particulate emissions from waste treatment / storage facilities and polluted sites. This state-of-the-art focuses on techniques / methods that can be implemented on / around two main types of sources:

- Fugitive emissions of gases and particles during the static phases of processes (storage, ripening ...)
- Fugitive emissions of gases and particles during the dynamic phases of the under nominal operating conditions of the processes (mixing, grinding, aeration ...) but also during the rolling (movement of vehicles).

It was made on the basis of a wide range literature review. It gives information on a number of methods regarding:

- The technical principle measurements, equipment and logistics needed, the measurement strategy associated, the level of expertise required for their implementation,
- The spatial and temporal representativeness of the measurements,
- The technical grip, the existing official documents (guides, standards ...) and the uncertainties associated if available.
- The types of sources to which it may be applied.

## **Summary of main results**

This state-of-the-art made clear that no single method for quantifying fugitive emissions of dust and gas related to waste treatment and storage facilities exists.

One can distinguish on one hand, the "source characterization" methods where the measurements directly take place on the source of emissions. In this case, part of the emission source is characterized and the result is applied to the entire source via assumptions/hypotheses reinforced by tests on the homogeneity of the emission source. On the other hand, the techniques known as "perimetric" where the measurements are performed around the source (or sources). In this case, the flow is attributed to the source (or sources) located upwind of the sensors. Assumptions are then made on the contributing source(s) and its (their) atmospheric dispersion at the measurement point. On top of this spatial uncertainty, a temporal uncertainty should also be taken into account. Indeed, none of the existing measurement technique can be implemented continuously throughout the year.

This variability raises the question of the representativeness of measurements lasting between one and two weeks in relation to annual variations during the year.

If the "source characterization" methods allow a better understanding of emissions from specific sources, quantification of emissions from the entire site will probably require complete bulk sampling on site, and even to implement various techniques adapted to each source onsite.

Methods known as "perimetric" enable to take into account the entire emissions across the site, and may, by adapting the measurement strategies, be able to quantify emissions of specific areas of the process. These techniques allow to overcome the uncertainty associated with the heterogeneity of the emission source (at site scale). However, the spatial resolution of emission sources obtained will be low.

Few standardized documents exist. Two are presently being developed under AFNOR (French standardization body) committee talks (technical guidelines on the use of flux chambers for monitoring emission surface sources, diffuse emission measurements skylights). A European standard exists on the assessment of fugitive dust sources by Reverse Dispersion Modelling.

The flux chambers are to date, the most commonly used techniques to quantify gaseous emissions from solid or liquid surface sources. Their ease of implementation makes it an ideal tool for consulting labs. However, significant uncertainty on the source term is related to the low representativeness of the sample regarding the source which is often very heterogeneous.

The recent technical development of long path optical techniques for measuring gas concentration is generating a growing interest for "perimetric" techniques.. These techniques are hardly used in France. They require heavy equipment investments and significant expertise. They present a real potential for quantifying total gaseous fugitive emissions of a site. One could also imagine that within some years measurement systems could permanently be installed around sites, thereby solving the problem of temporal representativeness of sampling campaigns. These techniques also take into account emissions from dynamic phases of the process.

Tracer techniques are hardly used, yet they seem well suited for the quantification of fugitive emissions from static sources but their major drawback is that they need the use of very important greenhouse gases. The use of these techniques should be limited to cases where no other approach can be used.

Particulate emissions remain the most difficult to quantify. Apart from the case of particulate emissions from building skylights where the method of roof monitoring seems well suited; for other sources, inverse modeling tool seems best suited to the quantification of fugitive emissions of particles from one site or even from different areas if they are not too close from each other. Although it presents a large uncertainty, this method is the best one available today. It is also the only standardized one. This technique is rarely used in France, since to be implemented properly it requires some expertise and the standard is somewhat didactic.

## **Conclusion**

This study enabled to identify and classify different measurement techniques/methods which enable the estimation and / or the quantification of fugitive emissions of gaseous and particulate from waste

storage and treatment facilities and contaminated lands. There is no single method and each type of diffusive emissions can be approached by one or several existing methods. Few of these methods are standardized and all of them require expertise and / or measuring equipment which are hardly readily available and shared in France today.

Apart from diffuse particulate emissions which remain the most difficult to quantify, it can be considered that the challenge of quantifying these emissions has less to do with the development of new approaches, than with the completion of procedure references and the upgrading of national expertise in terms of investment and training.