

SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT
FRANÇAIS / ENGLISH

METROLOGIE DES EMISSIONS GAZEUSES DIFFUSES
MISE EN ŒUVRE SUR SITE ET ANALYSE CRITIQUE

DIFFUSE GASEOUS EMISSIONS MONITORING
FIELD EXPERIMENT AND INTERPRETATION

décembre 2014

F. GAUTIER, F. TOGNET - INERIS

Créée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement – 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.

Avertissement :

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :
RECORD, Métrologie des émissions gazeuses diffuses - Mise en œuvre sur site et analyse critique, 2014, 71 p, n°13-0146/1A
- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
www.ademe.fr

© RECORD, 2014

RESUME

Les émissions gazeuses diffuses - en particulier de COV - font partie des préoccupations de nombreux professionnels du secteur du traitement des déchets. Cette étude visait à mettre en œuvre certaines des techniques de mesurage d'émissions gazeuses diffuses et à comparer les potentiels et limites des différentes approches métrologiques.

Si la gamme des flux détectés est basse (de l'ordre du kg/h), les résultats de cette étude montrent qu'il est bien possible techniquement de déterminer des flux de COV émis par un site de regroupement / tri de déchets dangereux par chacune des méthodes testées. D'après les résultats obtenus, les différentes activités du site occasionnent une élévation des flux en COV émis, tandis que la température semble moins influencer sur les émissions.

Si l'environnement du site étudié peut être délicat (bruit de fond élevé, encombrement important, inaccessibilité aux zones de dispersion des émissions), la mise en œuvre de chacune des méthodes s'est révélée simple. La détermination des flux émis par un site doit être conduite a minima sur une échelle d'une semaine calendaire incluant les périodes d'activité et de non activité.

MOTS CLES

Emissions diffuses, COV, déchets dangereux,

SUMMARY

VOC atmospheric emissions from dangerous waste storage sites are of great concern. This study aimed at testing different methods for assessing diffuse VOC emissions and comparing their results. Though detected fluxes range is low, the different methods have shown that it is metrologically possible to assess VOC flux emitted from such industrial sites with a precision of about 1 kg/h. If temperature and wind speed seem to have no influence on emission level, activity on storage tanks has a great impact on emissions. Therefore, it is important to assess fluxes using data acquired on a full week, i.e. including week days and week-end.

If site's surroundings may interfere with the methods (high background VOC concentrations, presence of trees, buildings, etc.), setting up of the different methods has been simple.

KEY WORDS

Diffuse emissions, VOC, dangerous waste

Contexte de l'étude

Les émissions gazeuses diffuses - en particulier de COV - font partie des préoccupations de nombreux professionnels du secteur du traitement des déchets. Elles font partie des rejets des installations et leur surveillance est un enjeu environnemental et réglementaire. Contrairement aux émissions canalisées, le mesurage de ces émissions diffuses reste difficile.

On peut distinguer deux grands types de méthodes de quantification des émissions diffuses : les méthodes à la source et les méthodes périmétriques. Cette étude propose de comparer différentes approches périmétriques pour le cas d'un site de collecte. On y distingue les méthodes directes basées sur une mesure de vitesse et d'une concentration dans une section définie du panache de dispersion afin de calculer un flux et les méthodes indirectes sur la mesure de concentrations dans l'environnement et la détermination des paramètres de dispersion pour remonter au flux.

Dans le cadre de ce projet une méthode périmétrique directe sert de repère (méthode Solar Occultation Flux). Ses résultats sont comparés à ceux issus des méthodes indirectes suivantes :

- Méthode 1 : mesures des paramètres météorologiques et des concentrations de COVT dans l'air ambiant puis détermination du facteur de dispersion α par modélisation. Pour cette méthode deux types de modèles sont utilisés : Lagrangien et Gaussien. Les calculs seront conduits à partir de période d'échantillonnage de courtes durées et sur les concentrations moyennes mesurées et modélisées sur ces périodes.
- Méthode 2 : identique à la méthode 1 mais complétée par l'utilisation d'un gaz traceur pour évaluer la représentativité des hypothèses de modélisation. Mesures en point fixe des concentrations de COVT et gaz traceur dans l'air ambiant.
- Méthode 3 : Détermination du facteur de dispersion α par utilisation d'un gaz traceur (N_2O) émis au niveau de la source. Mesures mobiles des concentrations de COVT et N_2O dans l'air ambiant.

La mise en œuvre des différentes méthodes a été réalisée au niveau d'un site autorisé à réaliser le mélange de produits dangereux de catégories différentes et le mélange de déchets dangereux avec des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets. Les travaux se sont concentrés sur le bâtiment des fosses, présenté en figure suivante :

Background of the study

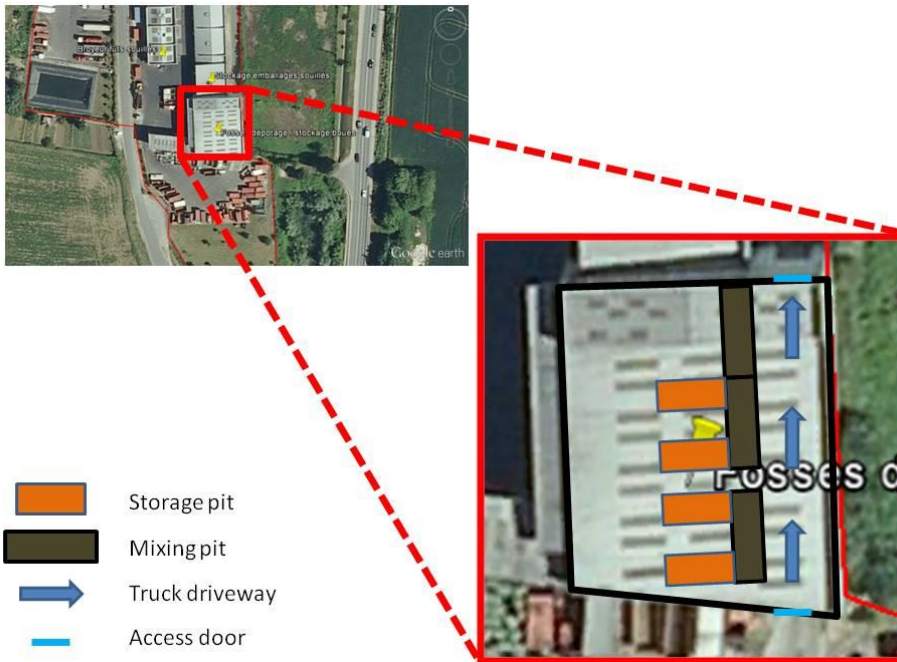
Diffuse gaseous emissions and in particular VOCs are of concern to many professionals in the waste management sector. They are a part of the discharge from installations and their monitoring is an environmental and regulatory issue. In contrast to channeled emissions, monitoring of diffuse emissions remains difficult.

There are two main methods of quantifying diffuse emissions: methods at the source and perimeter methods. This study offers to compare various perimeter approaches for the case of a single site of data collection. Among these approaches to monitoring, there are direct methods designed to measure speed and concentration in a defined section of the emission plume in view of calculating the flux, and indirect methods designed to measure concentration in the environment and the determination of dispersion parameters to track the flux.

Within the framework of this project, a direct perimeter method functioned as a reference point (the Solar Occultation Flux method) The outcomes were then compared to the outcomes of the following indirect methods:

- *Method 1: measurement of meteorology parameters and concentration of total VOCs in ambient air, followed by determination of the dispersion factor α via modeling. This method invoked two different types of models: Lagrangian and Gaussien modeling. Computations were performed on the basis of short sampling periods and with concentrations measured and modeled for these periods of time.*
- *Method 2: was identical to Method 1, except that it was performed using a tracer gas to evaluate the representativity of the modeling hypotheses. Set location point measurements of total VOCs and tracer gas concentrations in ambient air.*
- *Method 3: Determination of the dispersion factor α using a tracer gas (N_2O) emitted at the level of the source. Mobile measurements of total VOCs and (N_2O) concentrations in ambient air.*

Implementation of the various methods was performed at a site where it was permitted to mix hazardous products of various categories, and to mix hazardous waste with substances, materials or products not consisting of waste. Work was focused on the waste management facility, as shown in the following figure:



Objectif et plan de l'étude

Les expérimentations mettant en œuvre plusieurs techniques sur un même site industriel étant quasiment inexistantes, cette étude a pour objectifs :

- de tester la mise en œuvre de certaines des techniques de mesurage d'émissions gazeuses diffuses, présentées ou non, dans l'état de l'art RECORD N° 08-0137/1A (avril 2011)¹
- d'évaluer les potentiels et limites des différentes approches métrologiques permettant de quantifier les émissions diffuses.

Cette étude s'est déroulée suivant quatre phases :

- un pré-diagnostic préparatoire à la campagne de mesure,
- la réalisation des mesures de terrain,
- une étude critique des résultats obtenus,
- une analyse des coûts/difficultés des méthodes dans l'optique d'un déploiement sur plusieurs sites.

Résultats obtenus

Caractérisation chimique et dynamique des émissions issues du bâtiment des fosses

Des mesures indicatives à l'aide d'un PID (Photo Ionization Detector) étalonné à l'isobutylène ont été réalisées autour des fosses (réception / mélange).

Purpose and outline of the study

Since experimentation using several methods at a single industrial site is almost never conducted, the purposes of this study were the following:

- To test the implementation of certain specific methods of measuring diffuse gaseous emissions, described or not, in the state of the art RECORD No. 08-0137/1A (April 2011)²
- To evaluate the potential and limits of various monitoring methods enabling the quantification of diffuse emissions.

This study was conducted in four phases:

- preliminary pre-diagnostics prior to the monitoring campaign
- monitoring of the site
- critical analysis of the outcomes
- analysis of the costs/difficulties of the methods employed considering deployment at several sites.

Outcomes

Chemical and dynamic characterization of the emissions arising from the waste management facilities

Indicator measurements using a PID (Photo Ionization Detector), calibrated with isobutylene, were performed around the waste pits (for storage and mixing).

¹ Etude RECORD 08-0137/A « 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 ». Synthèse disponible en ligne : http://www.record-net.org/record/synthPDF/Synth_record08-0137_1A.pdf

² Study RECORD 08-0137/A "Monitoring of diffuse dust and gas emissions - flux and composition - at treatment centers or waste storage facilities and of polluted sites. State of the Art". Summary available online: http://www.record-net.org/record/synthPDF/Synth_record08-0137_1A.pdf

L'air prélevé et échantillonné par le détecteur PID était ensuite collecté dans un sac Tedlar directement en sortie de pompe interne de l'instrument pour analyse ultérieure par GC-MS. L'analyse par GC-MS de l'air échantillonné a permis de valider que la composition chimique était globalement homogène dans le temps et est principalement caractérisée par la présence des solvants industriels que sont les xylènes (m/p), le n-décane et le toluène.

La mise en œuvre en continu d'un analyseur PID au sein du bâtiment des fosses durant la campagne a permis de caractériser les évolutions dynamiques des émissions au cours des différentes journées et de déterminer quels étaient les facteurs influents. Ainsi, les variations de la température de l'air ne semblent pas occasionner d'augmentation des niveaux de concentration dans le bâtiment.

Les différentes opérations techniques ayant lieu au sein du bâtiment des fosses durant la période suivie ont une incidence notable sur les niveaux de concentrations indicatives en COV, tels que :

- broyats de pots : les très nombreux apports observés durant la période n'occasionnent pas de modification nette des niveaux de concentration. Leur influence semble de très courte durée et porte certainement plus sur les niveaux de fond,
- dépotages cuves 1 m³ : ne modifient que très peu les niveaux de concentration au sein du bâtiment,
- vidange de fosses de mélange / chargement camion : cette opération occasionne une élévation très nette des niveaux de fond au sein du bâtiment. Ceci peut être interprété par la mise à nu de surfaces chargées en solvants (cœur des boues, parois des fosses), les nombreuses manipulations au godet, etc.
- Brassage des fosses de mélange : occasionne une augmentation très nette des niveaux de concentration au sein du bâtiment, mais le retour aux niveaux de fond précédents est assez rapide.

Méthode « repère » SOF : Solar Occultation Flux

Compte tenu du fait qu'il n'est pas possible de connaître avec certitudes le flux de COV émis par le site étudié, l'INERIS a souhaité mettre en œuvre une méthode optique aux incertitudes mieux maîtrisées, de manière à apporter une valeur repère de flux de COV émis et pouvoir ainsi positionner chacune des autres méthodes par rapport à celle-ci. Différents tests antérieurs ont montré que les flux déterminés par cette méthode avaient une incertitude de l'ordre de 30%.

Dimensionnée pour l'évaluation des flux émis par le raffinage ou la pétrochimie, cette méthode brevetée n'est pas à considérer comme applicable au domaine d'activité ici étudié de par la complexité de sa mise en œuvre et sa faible disponibilité.

La méthode SOF a été mise en œuvre sur sept jours consécutifs du 30 août au 5 septembre 2013 incluant jours de semaine et week-end. Au cours de ces dates, 105 passages sous les vents des installations ont pu être réalisés et validés, sous des conditions de vents variables. La représentation statistique de l'ensemble des valeurs de flux ainsi déterminés est présentée ci-dessous

The air sampled with the PID was then captured directly in a Tedlar bag at the exit of the internal instrument pump, for subsequent analysis using GC-MS. The GC-MS analysis of the sampled air enabled to validate the global homogeneity of the chemical composition across time, and was essentially characterized by the presence of industrial solvents such as xylene (m/p), n-decane and toluene.

Implementation of a continuous PID analyzer within the waste management facility during the monitoring campaign enabled to characterize the dynamic activity of emissions on different days and to determine the influencing factors. Thus, variations in air temperature did not seem to cause any increase in concentration levels within the facility.

The various technical operations occurring within the waste management facility during the monitoring period had a significant impact on the concentration levels indicating the presence of VOCs, such as:

- *Grinding and shredding: the large amounts processed during the monitoring period did not have a clear impact on concentration levels. Their impact appeared very short lived, and essentially applied to background levels.*
- *Stripping of 1 m³ tanks only slightly changed concentration levels within the facility*
- *Emptying of the mixing pits / loading of trucks: This operation quite clearly caused a significant increase in background levels of the facility. This may be explained by the stripping of surfaces loaded with solvents (sludge cores, pit walls), numerous manipulations of the well, etc*
- *Stirring of the mixing pit: This caused a clear increase of concentration levels within the facility, but going back to the preceding background levels occurred quite swiftly.*

"Marking" method SOF (Solar Occultation Flux)

Considering the fact that it is not possible to know with any measure certainty what VOC emissions are occurring at the site under study, INERIS sought to implement an optical approach to better capture uncertainty, in view of marking the VOC emission flux and thus to position each of the other methods in comparison to this reference point. Various previous tests had shown that the emission flux thus determined using this method displayed 30% uncertainty. Designed for the assessment of emissions generated in refineries or petrochemical plants, this patented method is not considered applicable in the domain of activity under study due to the complexity of its implementation and poor availability.

The SOF method was implemented for seven consecutive days from August 30 to September 5, 2013, including both week-end and business days. During this period of time, 105 passes downwind from the site were performed and validated, with variable wind conditions. The statistical representation of all of the flux measurements thus obtained, are presented below:

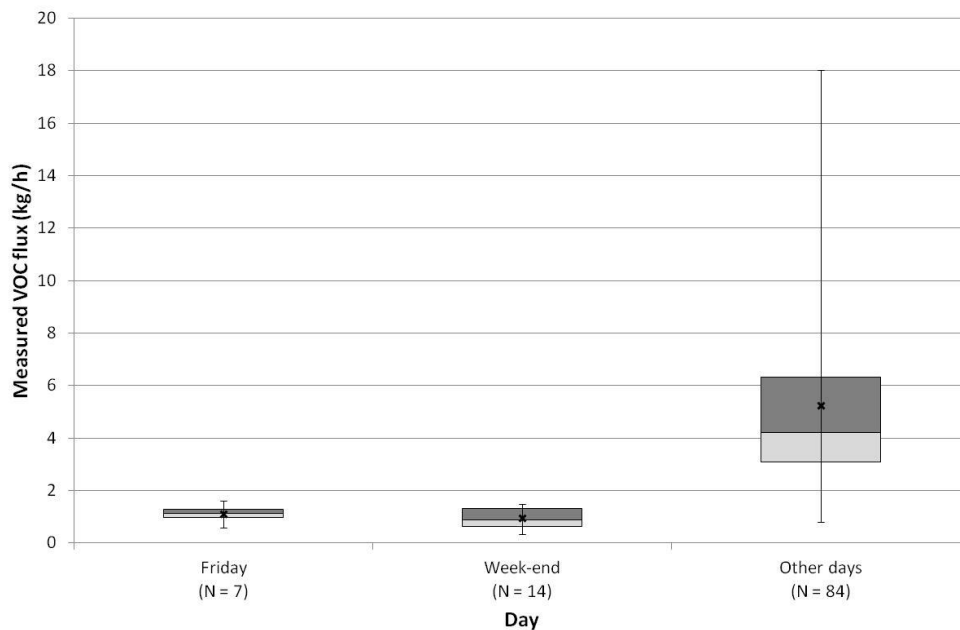


Figure 1: Statistical representation of the SOF outcomes

Il apparaît que les flux émis sont nettement différents entre les périodes d'activité (jours de semaine) et les périodes de non-activités (WE). La faible activité le vendredi après-midi ainsi que la fermeture du site le WE entraîne des flux relativement faibles, de l'ordre du kg/h. Dès la reprise d'activité, il apparaît clairement que les flux ont augmentés, d'un facteur 4 à 6 sur des activités « normales » de chargement/déchargement et jusqu'à 16 lors d'opération particulières (mais sur de courtes périodes).

Si la distribution des valeurs semble proche d'une loi normale les vendredi et jours de WE, celle obtenue lors des autres jours est différente, avec une augmentation de la taille des 3^{ème} et 4^{ème} quartile, due à la présence de quelques valeurs élevées associées principalement au brassage et à la vidange des fosses de mélange. A partir de ces valeurs, on peut construire le tableau suivant :

It appears that there are clear differences in the emission fluxes between periods of activity (days of the week) and periods of no activity (the weekend). Low activity on Friday afternoon as well as during the closure of the site on the weekend invokes relatively low fluxes as measured in kg/hour. As soon as activity resumes, there is a clear increase in the emissions flux by a factor of 4 to 6 for "normal" loading/unloading activity, and up to 16 during specific operations (albeit for short periods of time).

If the distribution of figures appears close to normal on Fridays and on week-end days, those obtained during the other days is different, with an increase of the 3rd and 4th quartile, due to the presence of a few high measures, mainly associated with stirring and emptying of the mixing pits. Using these figures, it is possible to build the following Table:

Table 1 : Statistics on VOC emission fluxes, based on SOF measurements

	Site activity off (Friday and weekend)	Site activity on
Median flux	1.0	4.2
Average flux	1.0	5.3

Test des méthodes

Méthode 1: méthode avec mesures de concentration en COVt en point fixe et modélisation de la dispersion

On cherche ici à déterminer le flux des émissions diffuses grâce à des mesures de concentrations en COV à l'air ambiant en point fixe. Le flux des émissions diffuses est déterminé grâce à une évaluation du ratio de dispersion (α) reliant les concentrations mesurées dans l'environnement (C) au flux des émissions diffuses (E) à l'aide d'outils de modélisation atmosphérique de premier niveau.

Method tests

Method 1: method with measurements of the concentration of total VOC at set location points and modeling of the dispersion.

We were seeking to determine the flux of diffuse emissions using measures of VOC concentrations in ambient air at set location points. The flux of diffuse emissions is determined via evaluation of the dispersion ratio (α), associating concentrations measured in the environment (C), with the flux of diffuse emissions (E), using first level atmospheric modeling tools.

Différentes hypothèses sont faites sur la description de la source, notamment émission unitaire, localisation des émissions, etc.).

La mesure des concentrations en COV a été réalisée à l'aide d'un instrument infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) mis en œuvre entre 80 et 200 m sous les vents des fosses et en position fixe sur des durées de 90 à 120 minutes. Le point de prélèvement est positionné à une hauteur de 4 m environ afin de s'affranchir des effets de sols ainsi que des turbulences liées à la circulation automobile. Quatre essais de ce type ont pu être réalisés, trois sous vents de Sud Est et un par vent de Sud.

Compte tenu des faibles distances de modélisation (quelques centaines de mètres) et des vents relativement faibles rencontrés au cours de la campagne, le choix du modèle de dispersion s'est porté vers un modèle lagrangien : MSS (ARIA technologies). Cependant, afin d'étudier les résultats issus d'un modèle plus classique, la modélisation a été également réalisée à l'aide d'un modèle de dispersion gaussien (ADMS).

A partir des concentrations modélisées et mesurées, on peut calculer le flux émis par la formule suivante :

$$\text{Flux émis} = (\text{Concentration mesurée} * \text{flux unitaire}) / \text{Concentration modélisée}$$

Cette méthode n'a pu être mise en œuvre que quatre fois au cours de la période d'étude et, uniquement en période d'activité. La comparaison avec les données issues de la méthode repère est de fait assez limitée, comme présenté en figure ci-dessous :

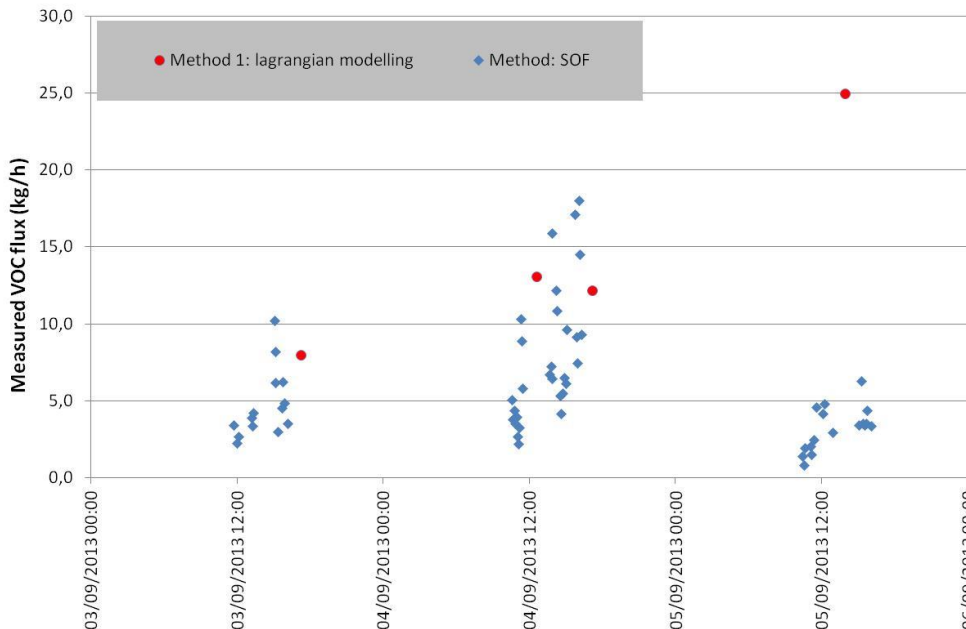


Figure 2 : Comparison of Method 1 outcomes with outcomes of the marking method

La capacité à reproduire au maximum dans le modèle les conditions de dispersion est un paramètre clé de cette méthode. En effet, la topographie du site, la présence de bâtiments, d'arbres de grande taille va occasionner une modification de l'écoulement de l'air et donc modifier les résultats de la dispersion. L'observation de terrain est pour cela essentielle, puisqu'elle va permettre de bien appréhender la situation.

Various hypotheses were devised based on the description of the source, in particular, unitary emission, localization of the emissions, etc.

Measurement of the VOC concentration was performed using a Fourier transform infrared tool (FTIR), implemented between 80 and 200 m downwind from the pits, and at a set location point for a period of 90 to 100 minutes. The sampling point was positioned approximately 4 m above the ground, so as to avoid ground effects, as well as turbulence connected to car traffic. Four tests of this type were performed, three under South West wind conditions, and a fourth test under South wind conditions.

Considering the short modeling distances (a few hundred meters) and the relatively low winds experienced during the campaign, the selection of the dispersion model was a Lagrangian model: MSS (ARIA technologies). However, in view of studying the outcomes arising from a more traditional model, modeling was also performed using a Gaussian dispersion model (ADMS).

Based on the modeled and measured concentrations, it was possible to calculate the emission flux using the following formula:

$$\text{Emission flux} = (\text{Measured concentration} * \text{unitary flux}) / \text{Modeled concentration}$$

It was only possible to use this method four times during the period of study, and only during periods of activity. Comparison with the data arising from the marking method was in fact quite limited, as shown in Figure below:

The capacity to reproduce conditions of dispersion, as much as possible, within the model, is a key parameter of this method. Indeed, the site topography, presence of buildings and large trees, will modify the flow of air and thus change the dispersion outcomes. Observations of the site grounds are for this reason essential, since these will provide an adequate understanding of the situation.

Malgré tout, les niveaux de flux obtenus par la méthode 1 restent très proches et du même ordre de grandeur que ceux obtenus avec la méthode repère.

Si l'on considère le flux moyen obtenu à partir des quatre essais, le flux ainsi obtenu par la méthode 1 et spécifique à la période d'activité est de 14,6 kg/h. L'absence de mesure durant la période de non activité ne permet pas de déterminer le flux horaire moyen.

Méthode 2: méthode 1 améliorée par l'utilisation d'un gaz traceur à débit connu pour évaluer les conditions de dispersion

L'injection d'un gaz traceur à un débit connu au niveau de la source (bâtiment des fosses) permet de « tester » les paramètres de modélisation. En effet, le débit de gaz traceur émis et les concentrations correspondantes dans l'environnement étant connus, on peut utiliser ces paramètres pour évaluer la justesse de la modélisation. Cette méthode a été mise en œuvre en parallèle de la méthode 1 par injection du gaz traceur au même moment au sein du bâtiment des fosses (source type ponctuelle). Le gaz traceur utilisé au cours de cette étude est le N₂O, émis à partir d'une bouteille de gaz équipée d'un manodétendeur et d'un débitmètre à bille. Le débit est constamment vérifié et le flux déterminé par pesée de la bouteille en début et fin d'injection. Compte tenu de la grande diversité de composés susceptibles d'être émis par le site (famille des COV complète), le choix s'est porté sur le N₂O, gaz ne réagissant pas avec les COV, de masse molaire faible et de moindre impact environnemental que le SF₆.

A partir des débits de gaz traceur émis, des concentrations résultantes en COV et en gaz traceur, il est également possible de calculer le flux de COV émis, indépendamment de la modélisation, comme présenté dans le tableau suivant :

Table 2 : Calculation of average VOC emission fluxes based on tracer gas flow

	Average tracer gas emission flow (kg/h)	Average measured N ₂ O concentration (µg/m ³)	Emission flux measured with Method 2 (kg/h)
03/09/2013 16h30 to 18h00	1.2	19.1	8.5
04/09/2013 11h40 to 13h30	1.1	39.5	4.2
04/09/2013 16h20 to 18h00	1.1	32.7	7.2
05/09/2013 13h15 to 14h30	1.1	8.7	8.5

Les niveaux de flux obtenus par la méthode 2 sont très proches et du même ordre de grandeur que ceux obtenus avec la méthode repère.

Despite all of this, the emission fluxes obtained with Method 1 remained very close, and of the same magnitude, as those obtained using the marking method.

When considering the average emission flux of the four tests, the flux thus obtained using Method 1, and specific to the period of activity, measured 14.6 kg/h. The absence of measurements during periods of no activity prevented the calculation of an average hourly flux.

Method 2: method 1 improved with the use of a tracer gas and known flow rate in view of evaluating conditions of dispersion

The injection of a tracer gas at a known flow rate, at the level of the source (waste management facility), enabled to "test" the modeling parameters. Indeed, the flow rate of the tracer gas and corresponding concentrations in the environment being known, it becomes possible to use these parameters in view of evaluating modeling accuracy. This method was implemented in parallel to Method 1, with injection of the tracer gas occurring concurrently, within the waste management facility (point source type). The tracer gas used during this study was N₂O, emitted from a gas cylinder equipped with a pressure regulator and a floating ball flowmeter. The flow was constantly checked and the cylinder was weighed both at the beginning and at the end of the gas injection to determine the flux. Considering the large variety of compounds likely to be emitted at the site (complete VOC range), N₂O gas was selected as it does not react with VOCs, has a low molar mass and has less impact on the environment than SF₆.

Based on the flow of tracer gas emissions, and the resulting VOC and tracer gas concentrations, it was also possible to calculate the VOC emission flux, independently from modeling, as shown in the following table:

Flux levels obtained with Method 2 are very close and of the same magnitude as those obtained with the marking method.

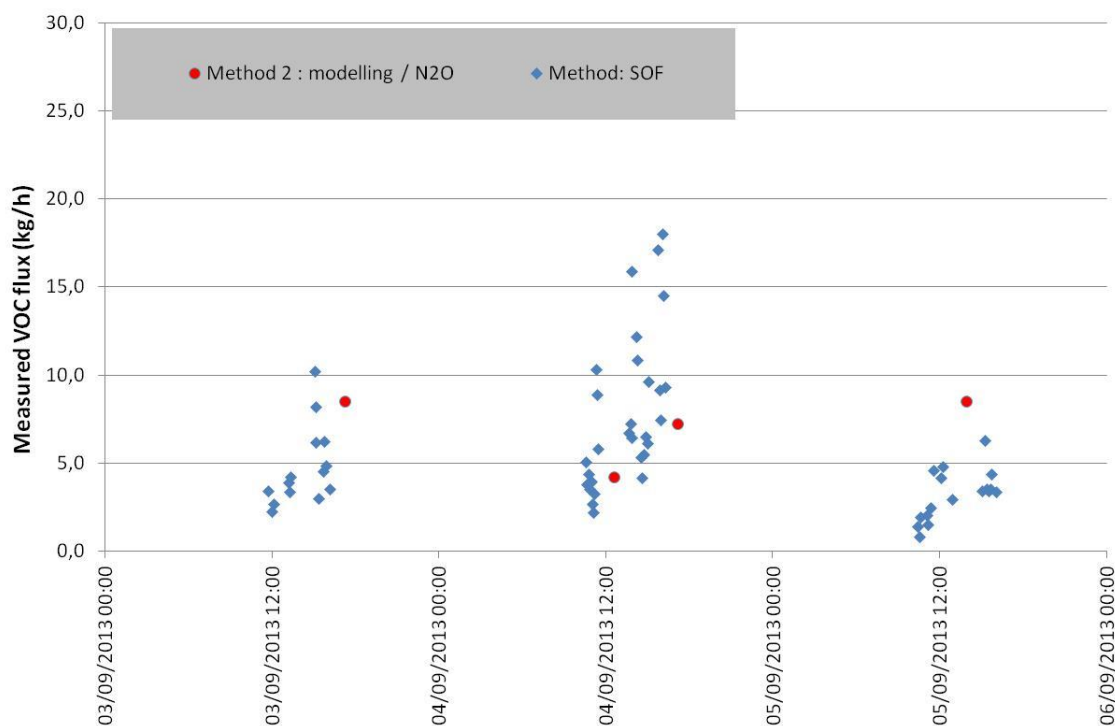


Figure 3: Comparison of Method 2 outcomes with those of the marking method

Si l'on considère le flux moyen obtenu à partir de ces quatre essais, le flux ainsi obtenu par la méthode 2 et spécifique à la période d'activité est de 7,1 kg/h. L'absence de mesure durant la période de non activité ne permet pas de déterminer le flux horaire moyen.

Méthode 3: MeFTIR, mesure mobile concomitante de concentration (COVt ou COV spécifique) et d'un gaz traceur à débit connu.

L'analyseur MeFTIR est embarqué dans un moyen mobile. Cette méthode permet la mesure dynamique des niveaux de concentration en COVt et d'un gaz traceur en un point situé au niveau du toit d'un moyen mobile. Elle consiste à circuler sous les vents de la source de manière à traverser le panache. Afin de pouvoir déterminer les flux émis, cette méthode nécessite l'injection à débit connu d'un gaz traceur (ici N₂O) dans ou à proximité de la source d'intérêt. Le flux de la source étudiée, Q_s, est alors déterminé par la résolution de l'équation suivante :

$$Q_s = Q_t \times C_s / C_t$$

Avec Q_t le débit de traceur, C_t la concentration en traceur et C_s la concentration en gaz recherché. Le MeFTIR peut être mis en œuvre sous des conditions météorologiques variables et également la nuit. La méthode repose sur l'hypothèse que le traceur et le polluant diffusent et se dispersent de la même façon dans l'atmosphère.

La méthode 3 a été mise en œuvre chaque jour du 3 au 5 septembre 2013, représentant 120 passages, réalisés sous des conditions de vents variables. Compte-tenu de la fermeture du site la nuit et les week-ends, il n'a pas été possible de réaliser des essais avec la méthode 3 durant ces périodes et de déterminer les flux émis correspondants.

Les différents flux déterminés au cours de ces trois jours sont variables. Si une grande partie de ces flux sont

When considering the average emission flux of the four tests, the flux thus obtained using Method 2, and specific to the period of activity, measured 7.1 kg/h. The absence of measurements during periods of no activity prevented the calculation of an average hourly flux.

Method 3: MeFTIR, concomitant mobile measurement of concentrations (for total VOCs or VOC specific) and a tracer gas with known flow rate.

The MeFTIR analyzer was payload on mobile means. This method enabled dynamic measurement of the total VOC and tracer gas concentrations, at a location point on the roof of the mobile means. It consisted in circulating downwind from the source, in view of crossing the emission plume. To calculate the emission flux, this method required injection, at a known flow rate, of a tracer gas (in this case N₂O), in or near the source in question. The flux of the source under study, Q_s, was then calculated using the following equation:

$$Q_s = Q_t \times C_s / C_t$$

where Q_t is the tracer gas flow, C_t is the concentration of the tracer gas and C_s is the concentration of the gas under study. It is possible to implement MeFTIR under variable meteorological conditions and also during the night. The method relies on the hypothesis that both the tracer gas and the pollutant diffuse and disperse in a similar manner, in the atmosphere.

Method 3 was implemented on September 3-5, 2013, representing 120 passes, performed under variable wind conditions. Considering closure of the site during the night and on week-ends, it was not possible to perform Method 3 tests during those periods of time and to calculate the corresponding emission fluxes.

The different fluxes measured during those three days were variable. Although for the most part the fluxes measured

inférieurs à 5 kg/h, les flux enregistrés au cours des journées des 4 et 5 septembre sont parfois nettement plus importants, allant jusqu'à 15 à 20 kg/h.

Il est possible de comparer les résultats obtenus sur les périodes d'activités à ceux obtenus par la méthode repère, comme présenté en figure suivante :

less than 5 kg/h, those fluxes registered on September 4 and 5 were sometimes clearly more important, measuring up to 15 and 20 kg/h.

It was possible to compare the outcomes obtained for periods of activity with those obtained using the marking Method as shown in the following Figure:

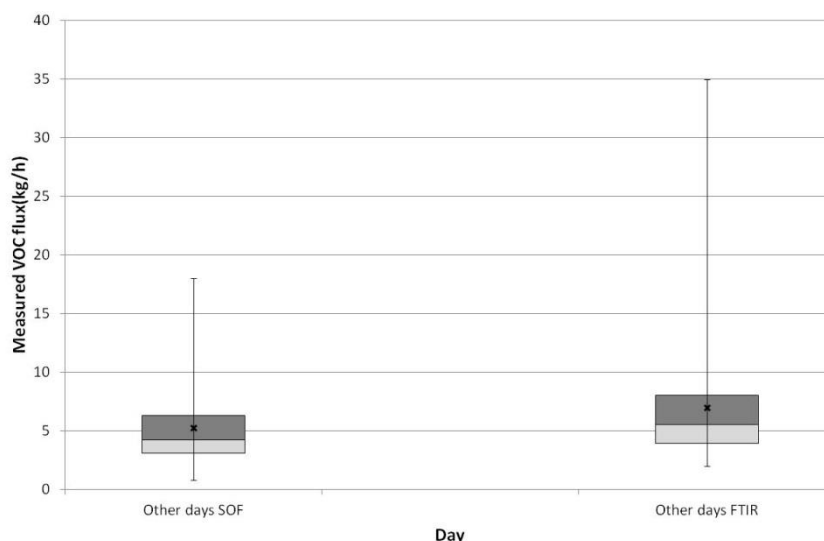


Figure 4 : Comparison of the marking methods and MeFTIR (except on Friday and the weekend)

Globalement, les méthodes SOF et MeFTIR conduisent aux mêmes résultats. La dispersion des valeurs semble plus importante pour la méthode MeFTIR, mais les gammes de valeurs sont tout de même très proches.

Si l'on considère le flux moyen obtenu à partir de ces essais, le flux ainsi obtenu par la méthode 3 et spécifique à la période d'activité est de 5,5 kg/h. L'absence de mesure durant la période de non activité ne permet pas de déterminer le flux horaire moyen.

Analyse et commentaires

Si la gamme des flux détectés est basse, les résultats issus des différentes méthodes mises en œuvre au cours de cette étude montrent qu'il est techniquement possible de déterminer les flux de COVt émis par un site de regroupement / tri de déchets dangereux avec une précision de l'ordre du kg/h.

Si l'environnement du site étudié peut être délicat (bruit de fond élevé, encombrement important, inaccessibilité aux zones de dispersion des émissions), la mise en œuvre de chacune des méthodes s'est révélée simple.

D'après les résultats obtenus, certaines opérations techniques sur le site peuvent occasionner une élévation des flux en COV émis, tandis qu'il ne semble pas y avoir d'influence de la température extérieure sur les émissions du site. Sur la base de ces éléments, il semble que la détermination des flux émis par un site doit être conduite *a minima* sur une échelle d'une semaine calendaire incluant les périodes d'activité et de non activité.

Les différentes méthodes mises en œuvre au cours de cette étude conduisent toutes à des résultats de flux du même ordre de grandeur. On peut cependant écrire :

- méthode 1 : doit être réservée aux topographies les

Globally, the SOF and MeFTIR methods yield the same results. The spread of values appears more important for the MeFTIR method, but the range of values is still very close.

When considering the average emission flux of these tests, the flux thus obtained using Method 3, and specific to the period of activity, measured 5.5 kg/h. The absence of measures during periods of no activity prevented the calculation of an average hourly flux.

Analysis and comments

Although the range of detected fluxes is low, the outcomes of the various implemented methods of measurement during this study show that it is technically possible to calculate total VOC emission fluxes, discharged by a facility that sorts/regroups hazardous waste, with an accuracy rate measured in kg/h.

Although the environment of the site studied may be sensitive (high background noise, high congestion, inaccessibility of the areas with dispersed emissions), the implementation of each of the methods proved easy.

According to the outcome measures obtained, certain technical operations at the site may cause an increase in VOC emission fluxes, whereas it appears that outside temperature does not seem to have an impact on the site emissions. On the basis of these findings, it appears that calculation of the site's emissions must be conducted at minimum on a scale of one calendar week, including periods of activity and no activity.

The different methods implemented during this study all yielded outcomes of the same magnitude in terms of measured emissions. However, it may be stated that:

- Method 1: This method should be reserved for the

plus simples, avec un encombrement minimal dans la zone de dispersion des émissions. De la qualité de la modélisation dépendra très fortement la précision des résultats. A le désavantage d'obliger à la réalisation de mesure fixes, potentiellement très dépendantes des conditions de vent,

- méthode 2 : l'injection d'un gaz traceur permet de tester très facilement la représentativité des résultats de modélisation et peut également permettre de déterminer directement les flux. A le désavantage d'obliger à la réalisation de mesure fixes, potentiellement très dépendantes des conditions de vent,
- méthode 3 : l'obtention rapide d'une évaluation des flux permet de multiplier le nombre de données et de renforcer ainsi la qualité des résultats de flux et de bien évaluer la dynamique d'évolution du flux au cours du temps. L'utilisation d'un moyen mobile permet également de mieux s'adapter aux variations dynamiques de l'écoulement de l'air. Méthode qui peut permettre également de caractériser des opérations très ponctuelles.

Dans le choix de la méthode à mettre en œuvre, la réflexion doit tout d'abord être menée sur l'objectif des mesures. On peut ainsi lister :

- le positionnement de la source vis-à-vis d'autres émetteurs : précision faible, ordre de grandeur recherché,
- la qualification de bonnes pratiques ou de systèmes de traitement : précision moyenne, travail en relatif,
- la caractérisation de l'exposition sanitaire, étude ERS, etc. : précision de l'ordre du kg/h recherchée,
- la déclaration du flux moyen émis (GEREP, etc.) : précision de l'ordre du kg/h recherchée.

L'essentiel des méthodes a été conduit sur le court terme (5 jours). La réalisation d'une étude complémentaire permettrait de mieux appréhender les différents facteurs d'influence pour chacune des méthodes. L'apport de certaines méthodes complémentaires (test au fumigène, taux de renouvellement d'air, etc.) pour affiner les hypothèses faites sur le terme source ou la mise en œuvre de méthodes intégratives sur une plus longue période dans le cas de la méthode 1 pourraient également compléter ces premiers résultats.

simplest topographies, with minimum site congestion in the areas where emissions are dispersed. The accuracy of the outcomes will be very dependent upon the quality of the modeling. This method has the disadvantage of requiring set location-point measurements, which are potentially very dependent on wind conditions.

- *Method 2: The injection of a tracer gas enabled easy testing of the representativity of modeling outcomes, and also enabled direct calculation of emission fluxes. This method has the disadvantage of requiring set location-point measurements, which are potentially very dependent on wind conditions.*
- *Method 3: The swift evaluation of emission fluxes enables to increase the amount of data, and thus to consolidate the quality of the outcome measurements of emission fluxes, and to correctly evaluate the dynamic development of the flux across time. Use of mobile means also enables better adaptation to the dynamic variation of air flow. This is a method that also enables characterization of very punctual operations.*

In terms of selecting a method for implementation, the decision must be based on an understanding of the purposes of the measurements. Thus, it is possible to list:

- *Position of the source in regards other transmitters: low accuracy, required magnitude*
- *Validation of good practices or treatment processes: moderate accuracy, relative perspective*
- *Characterization of the health exposure, Assessment of Health Risks study, etc: specification of the required magnitude in kg/h*
- *Report of the average emission flux (GEREP, etc.) : specification of the required magnitude in kg/h*

Essential aspects of the methods were implemented on a short term basis (5 days). Additional research would enable to better understand the determining factors for each of the methods. Additional complementary methods (smoke testing, air exchange rate, etc.) to fine tune hypotheses about the source or the implementation of integrative methods on a longer term basis for the case of Method 1 could also supplement these initial findings.