

Modélisation de la dispersion des odeurs

Laurence Rouil

► **To cite this version:**

Laurence Rouil. Modélisation de la dispersion des odeurs. Journées techniques nationales "Pollutions olfactives des installations classées de l'évaluation de la gêne aux techniques de réduction", Feb 2005, Paris, France. ADEME. Angers, pp.95-99, 2005. <ineris-00972526>

HAL Id: ineris-00972526

<https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00972526>

Submitted on 3 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modelisation de la dispersion des odeurs

Laurence ROUÏL, INERIS

Direction des Risques Chroniques

Parc Technologique ALATA - BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Laurence.rouil@ineris.fr

Le problème

La modélisation de la dispersion atmosphérique des composés odorants pour évaluer, par exemple, l'impact d'une installation industrielle est une question à part entière qui ne peut se limiter au calcul d'une concentration moyenne en un point donné (comme cela est fait dans le domaine de l'évaluation de la dispersion des rejets chimiques). En effet les spécificités du problème des odeurs résident dans trois points distincts :

- La description de la source et de la nature des rejets : sources non nécessairement ponctuelles, parfois de grande taille, rejets intermittents par bouffées, composés multiples qui nécessitent le choix d'un traceur.
- **La nature fluctuante du phénomène (modélisation du trajet source/récepteur) et implicitement les pas de temps employés pour la modélisation.** Il est souvent d'usage, pour modéliser l'impact des rejets de polluants issus de cheminées de mettre en œuvre des modèle analytiques (gaussiens) dont l'ensemble des paramètres (coefficients de dispersion, variables calculées) est représentatif d'une situation moyenne dans le temps s'étendant de quelques minutes à une heure. Ce processus aboutit au calcul d'un panache moyen qui fait abstraction de ses éventuelles fluctuations dues d'une part au changement de direction du champ de vent (fluctuations de grandes échelles) et d'autre part aux fluctuations de petites échelles dues à la diffusion turbulente et représentatives de la nature chaotique (voir figure 1) du phénomène de dispersion⁴.

Pour les odeurs, le calcul de concentrations moyennes horaires conduit à sous-estimer les forts niveaux de concentrations potentiellement observés sur de très courts pas de temps, qui peuvent être à l'origine d'une gêne (voir figure 2). En fait, il paraît nécessaire de prendre en compte la nature très fluctuante du phénomène et la potentielle gêne d'une source dans l'environnement peut s'estimer sur la base de quelques secondes.

⁴ La mesure de concentration en un point récepteur donné, répétée un certain nombre de fois dans des conditions d'expérience similaire aboutira à des résultats différents pour chaque test. Il s'agit de l'incertitude inhérente au phénomène.

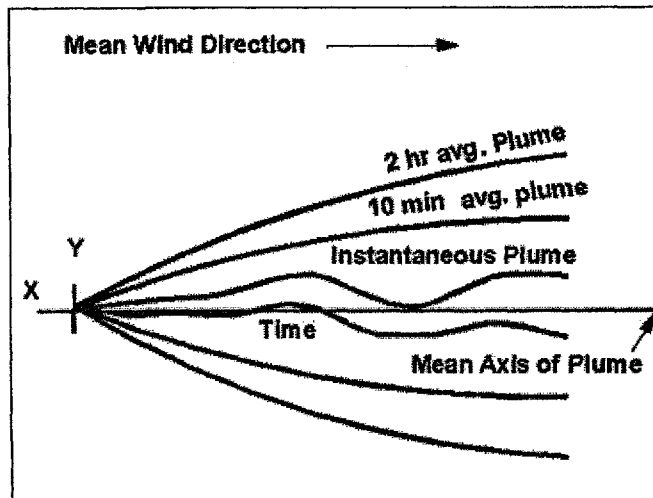


Figure 1 : Représentation des effets de fluctuation de panache en fonction du temps d'intégration

Source : www.nywea.org/clearwaters

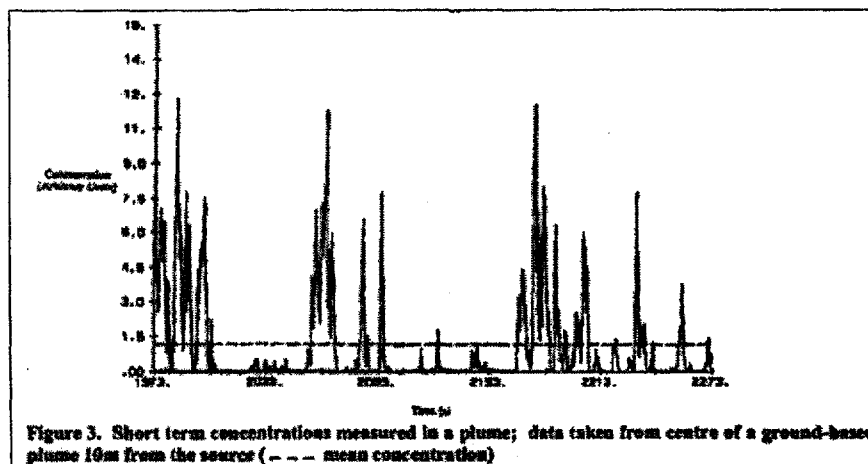


Figure 3. Short term concentrations measured in a plume; data taken from centre of a ground-based plume 10m from the source (--- mean concentration)

Figure 2 : illustration des variations entre pic de concentration obtenu et comparaison aux concentrations moyennes
source: Simms et al (1999)

- La nature même de l'information recherchée au point récepteur. Il est nécessaire de qualifier la notion de gêne : à partir de quel moment considère-t-on qu'elle existe ? Cela dépend du niveau d'odeurs constaté mais aussi de la durée sur laquelle il opère. Des odeurs très désagréables auront un seuil de tolérance faible auprès des populations, et la gêne sera avérée même si l'odeur persiste pendant des temps très courts. La question de l'information recherchée est donc très subjective, ce qui singularise la donnée obtenue par la mise en œuvre de modèles de dispersion.

La notion d'impact odorant est donc caractérisée par l'intensité, la durée (potentiellement très courte), la fréquence (sur une période significative, l'année par exemple). Et l'évaluation numérique de ces grandeurs nécessite, pour être correcte, de prendre en compte les fluctuations à court terme du panache de polluant.

Applications de modèles de dispersion

Définitions

Les deux grandes catégories de méthodes rencontrées pour modéliser la dispersion atmosphérique des rejets sont d'une part les modèles gaussiens et d'autre part les modèles tridimensionnels de type eulérien ou lagrangien. Ces deux approches sont fondées sur des bases théoriques très différentes.

Les modèles gaussiens assimilent la forme du panache étudié à des courbes gaussiennes, s'étendant dans les directions verticales et transversales. Les concentrations sont donc résolues par une formule analytique dépendant du débit et de la vitesse de vent. Les coefficients de dispersion sont évalués (dans de nombreux modèles de façon empirique, dans d'autres de façon analytique) en fonction de la rugosité du site, et des conditions de stabilité atmosphérique. Cette approche très peu coûteuse en temps de calcul, permet de multiplier le nombre de simulations réalisées et de disposer de moyennes et statistiques réellement établies sur des bases annuelles ou pluri-annuelles. En contrepartie, les paramétrisations sont simples, ce qui conduit à des approximations parfois rudimentaires de cas particuliers tels que l'effet du relief ou des bâtiments (dont on sait que leur présence peut avoir un effet non négligeable sur la dispersion, et en particulier des odeurs). Des progrès considérables ont cependant été faits pour les modèles actuellement développés.

Les modèles tridimensionnels, sont de vrais modèles numériques basés sur le calcul en chaque point d'une grille tridimensionnelle couvrant le domaine, de la solution d'un système d'équations aux dérivées partielles décrivant les phénomènes physiques. Ils conduisent donc généralement, à condition de disposer d'une résolution suffisante (pas de maillage pour un modèle eulérien, nombre de particules lancées pour un modèle lagrangien) à une description relativement satisfaisante des phénomènes complexes: météorologie locale perturbée, présence d'obstacles, effets thermiques.... En revanche la résolution des équations les plus sophistiquées et souvent coûteuse, et la mise en oeuvre de ces modèles ne permet pas de simuler un très grand nombre de conditions météorologiques afin d'établir des statistiques annuelles (et quid des percentiles?). A noter que des méthodes spécifiques sont généralement implantées dans ces modèles pour tenir compte des phénomènes transitoires.

Les modèles lagrangiens à bouffées permettent de représenter des rejets intermittents par bouffées au sein desquelles les concentrations répondent à une loi gaussienne. Ces bouffées peuvent se déplacer suivant un champ de vent non constant, modélisé de façon tridimensionnelle.

Application à la modélisation des odeurs

Dans la suite, les techniques implantées dans les modèles, souvent de façon modulaire, pour simuler les spécificités de la dispersion des composés odorants sont brièvement décrites.

Calcul des concentrations horaires et évaluation a posteriori des pics

L'ajustement a posteriori du rapport pic sur moyenne se fait par la formule simple suivante:

$$\frac{C_p}{C_m} = \left(\frac{t_m}{t_p} \right)^u$$

Les indices p et m se réfèrent aux grandeurs considérées respectivement pour les pics et les moyennes, t est le temps d'intégration et u est un exposant qui dépend du site (paramètre à ajuster) et de la stabilité de l'atmosphère. Cette approche est celle

adoptée par le modèle autrichien AODM⁵ et elle est également souvent associée à l'usage des modèle de l'US-EPA⁶ (ISC ou COMPLEX).

Son principal atout est qu'elle est simple et est opérante sur des modèles classiques (gaussiens ou tridimensionnels) utilisés pour des applications plus traditionnelles. Le problème est que cette formule reste empirique et donc difficile à utiliser dans des conditions autres que celles pour lesquelles elle a été établie. Certains scientifiques remettent également en cause sa validité dans le cadre de l'évaluation des pics obtenus au cours des fluctuations⁷.

Modèle de fluctuations

Certains modèles gaussiens incorporent un module de fluctuation permettant de calculer les concentrations associées. Généralement la concentration calculée, n'est plus le résultat de l'application de la formule gaussienne, mais résulte de deux contributions. L'une aboutit au décalage de l'axe du panache (fluctuation du vent) et l'autre représente les fluctuations internes du panache, qui modifient localement la dispersion. Cette partie est modélisée par des processus aléatoires.

Des coefficients de dispersion, σ_c et σ_p sont donc calculés pour chaque type de contributions, et la concentration finalement calculée résulte de la formulation gaussienne appliquée avec les coefficients suivants :

$$\sigma^2 = \sigma_c^2 + \sigma_p^2$$

Des fréquences d'apparition de dépassement de seuil ou des percentiles mieux ajustés à la problématique peuvent ainsi être déduits⁸.

Calcul de probabilité de dépassement

Cette approche repose sur le calcul de probabilités de dépasser un certain niveau de concentration pendant un certain temps moyen. La démarche est sensiblement différente des précédentes puisque le modèle ne raisonne plus en concentration absolue mais en probabilité de distribution (figure 6). En considérant des conditions météorologiques recensées sur une ou plusieurs années, de façon à déterminer en chaque point récepteur la probabilité moyenne d'avoir un dépassement de seuil. En revanche les percentiles sont calculés pour chaque condition météorologique, mais ne peuvent être recombinaés. Le temps d'intégration doit être spécifié par l'utilisateur. Le code ADMS3 repose sur ce principe⁹.

⁵ "Diurnal and annual variation of the sensation distance of odour emitted by livestock buildings calculated by the Austrian odour dispersion model (AODM)", G. Schaubberger, M. Piringer, E. Petz, Atmosphérique. Env Vol 34, pp 4839-4851 (2000)

⁶ "Dispersion of odour: a study case with a municipal solid waste landfill site in North London, United Kingdom", U. Sarkar, S.E. Hobbs, P. Longhurst, J. of Env. management, Vol 68, pp 153-160 (2003)

⁷ «Accounting for averaging time in air pollution modelling », A. Venkatram, Atm. Env. Vol 36, pp 2165-2170, 2002

⁸ « A fluctuating plume dispersion model for the prediction of odour-impact frequencies from continuous stationary sources », P. Mussio, A.W. Gnyp, P.H. Henshaw, Atm. Env. Vol 35, pp 2955-2962, 2001

⁹ « Turbulent fluctuations and their use in estimating compliance with standards and in model evaluation », S.J. Dyster, D.J. Thomson, C.A. Mc Hugh, D.J. Carruthers, Communication à "6th Conference on Harmonizing air dispersion modelling for regulatory purposes", Rouen 1999

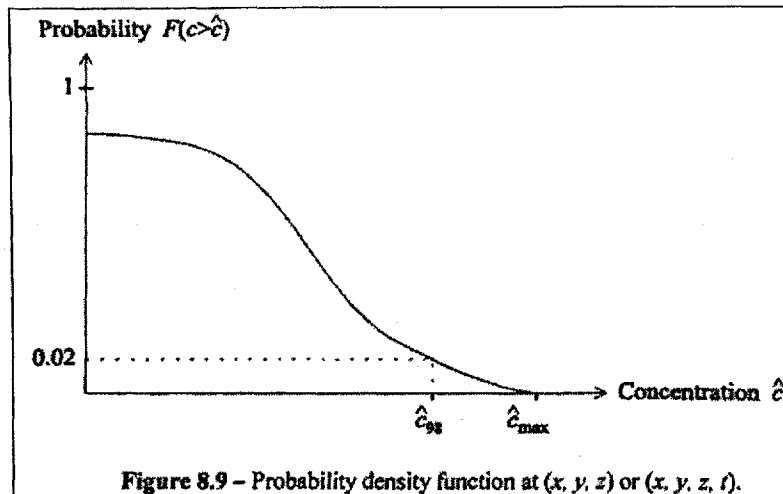


Figure 6 : Modèle de fluctuation Fonction de probabilité de dépassement utilisée par ADMS3
 $P=f(x,y,z,\text{météo}, t_{av})$
 Source : manuel utilisateur ADMS3

Conclusion

L'objectif de ce court document est de présenter d'une part les caractéristiques distinguant la problématique liée à la dispersion des odeurs de celle liée à la dispersion de rejets chimiques. Il est montré que les contraintes liées à la prise en compte des fluctuations du panache sont plus grandes. Négliger leur impact potentiel pour de très courts pas de temps (de l'ordre de la minute) pourrait conduire à une évaluation complètement erronée de l'impact du panache dans l'environnement de l'installation.

Les modèles généralement utilisés pour modéliser la dispersion des panaches, qu'ils soient de type gaussien ou numérique tridimensionnels, tentent de s'affranchir de cette difficulté par des méthodes relativement simples. Elles vont de la simple correction empirique à l'exploitation de fonctions de probabilité de dépassement de seuil définies en fonction de la météorologie et du pas de temps considéré.

L'expérience montre cependant toute la difficulté d'appréhender complètement le problème de la dispersion des odeurs par la mise en œuvre de modèles numériques. La mise en place de campagnes de mesures à des fins d'évaluation des modèles est nécessaire mais souvent difficile et délicate à exploiter : elle passe par une qualification correcte du terme source et éventuellement de ses propres fluctuations et par la mise en perspective de ces résultats avec ceux souvent délivrés par des jurys de nez qui contiennent une part de subjectivité. En ce sens, l'exploitation de mesures chimiques de composés représentatifs (mais lesquels ?) facilite l'analyse des performances des modèles. Elle sous-entend en revanche un coût ...

Enfin, des questions subsistent sur les indicateurs à simuler : moyennes, percentiles, nombres de dépassements de seuils... Répondre à ces questions, liées à la perception de la gêne, conditionnera nécessairement les démarches de modélisation qu'il sera pertinent de mettre en œuvre pour qualifier l'impact des rejets odorants d'un site ou d'une installation.