



## **Numerical Study of the Dispersion of the pollutant (CH<sub>4</sub>) in a canopy Urban. (Etude Numérique de la Dispersion du Polluant (CH<sub>4</sub>) dans une Canopée Urbaine)**

**Bendida Medjahed<sup>a\*</sup>, Mohamed Bouzit<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>*Laboratory of Numerical and Experimental Modeling of Mechanical phenomena, University of Abdelhamid Ibn Badis, Faculty of Science and Technology, Mostaganem, Algeria*

<sup>b</sup>*Laboratory of Applied Mechanics; University Of Science and Technology of Oran, Faculty of Mechanical Engineering, BP. 1505 El-Mnaouar, Oran, Algeria.*

*Received 07 Jul 2016, Revised 23 Oct 2016, Accepted 26 Oct 2016*

*\*For correspondence: Email: [madedpodim2006@yahoo.fr](mailto:madedpodim2006@yahoo.fr); Phone: +2136 6 142 6640*

### **Abstract**

The present work is about the study of pollution dispersion (CH<sub>4</sub>) in urban site consists of street canyons. Several numerical simulations were performed using the CHENSI code. The flow is considered three-dimensional, turbulent. The aim is to explain the experimental data obtained by atmospheric wind on the physical model. The site company of Mock Urban Setting Test MUST be selected to be simulated by the CHENSI code developed by the dynamic team Atmospheric Inhabited (Central School of Nantes, France). Numerical results presented in this study in the mean flow field, the concentration field of the passive scalar in one direction of wind incidence (-45° from street axes). For an objective comparison of the CHENSI model performances within other European codes used for MUST configuration simulation. For the direction of the wind incidence (-45°), an analysis showed that the results for the mean concentration field was in good agreement within the ones obtained experimentally.

*Keywords:* Pollution dispersion, CH<sub>4</sub>, Canopy, concentration.

### **Résumé**

Le présent travail porte sur l'étude de la dispersion de la pollution (CH<sub>4</sub>) dans un site urbain constitué de rues canyons. Plusieurs simulations numériques ont été effectuées en utilisant le code de calcul CHENSI. L'écoulement considéré est tridimensionnel et turbulent. Le travail consiste à exploiter les données expérimentales obtenues en soufflerie atmosphérique sur un modèle physique du site de la campagne MUST (Mock Urbain Setting Test), et ce, dans le but d'évaluer le modèle CFD CHENSI développé par l'équipe Dynamique de l'Atmosphère Habitée du LMF/ ECN. Les résultats numériques présentés du champ de concentration d'un scalaire passif (C), suivant la direction du vent d'incidence à -45° par rapport à l'axe des rues. Toujours, dans le cadre de ce travail et afin de valider nos résultats, nous les avons confrontés avec la configuration MUST. Pour la direction du vent incident à -45°, l'analyse montre que les résultats pour le champ moyen de concentration est en bonne concordance avec celui obtenu expérimentalement.

*Mots-clés:* Dispersion de la pollution, CH<sub>4</sub>, Canopée, concentration.

### **1. Introduction**

La compréhension des détails de prédiction de la direction du vent et la dispersion d'un polluant autour des bâtiments est très importante pour estimer l'effet de la présence de ces derniers sur l'évolution des différents contaminants. La pollution générée par la circulation automobile au cœur de la ville, les activités industrielles à

sa périphérie, est un problème aigu des grandes cités urbaines dans lesquelles nous vivons. Les répercussions sur le bien être de ses habitants sont nombreuses mais, bien au-delà, ce sont ses conséquences sur la santé publique qui deviennent préoccupantes. Cependant, ces travaux expérimentaux ne fournissent pas une base de données complète pour valider et améliorer les modèles de prédiction et dispersion dans un terrain complexe, mais se limitent à donner des lois empiriques simples concernant essentiellement l'effet du rapport d'aspect de l'obstacle et l'épaisseur de la couche limite sur la diffusion du polluant. Le but de la simulation numérique effectuée est d'évaluer les performances du modèle en comparant les résultats numériques obtenus par ce dernier avec les résultats expérimentaux obtenus après l'étude de la dispersion d'un scalaire passif en milieu urbain simplifié et de comparer les performances globales. Dans nos résultats du modèle de la méthodologie proposée doit être analysé de manière combinée au moyen des profils de concentration adimensionnelle. Dans l'exemple fourni, nous utilisons seulement le cas  $-45^\circ$  d'écoulement d'approche des mesures de concentration étaient pas disponibles pour le cas  $0^\circ$ . Dans une autre recherche, Murakami, Hibi, et Moshida [1] ont simulé l'écoulement du vent autour d'un bâtiment en cube en utilisant le modèle L.E.S. ("Large Eddy Simulation"). Ils ont comparé leurs résultats avec ceux obtenus par le modèle (k- $\epsilon$ ) pour un vent normal à l'obstacle. Baetke et al. [2] ont évalué par des méthodes numériques la pression du vent sur la surface d'un bâtiment avec l'angle d'incidence du vent égal à  $45^\circ$  puis  $0^\circ$ . Ils ont conclu que les résultats obtenus avec l'incidence du vent normal à l'obstacle étaient raisonnables et concordent avec ceux des expériences de Castro et Robins [3]. Mais, pour le vent à direction oblique les calculs étaient faits pour un profil uniforme, donc n'étaient pas comparables avec ceux des expériences. Dans le même contexte, Xiaomin Xie\_, Zhen Huang et Jia-song Wang [4] ont procédé à une simulation numérique des émissions des gaz d'échappement des véhicules dans une rue canyon urbaine. En particulier, l'étude a été menée sur l'influence de l'effet de la forme du toit des bâtiments sur la dispersion des polluants. István Goricsán [5] a Simulé le flux dans une ville idéalisée en utilisant différents codes CFD ; ce document est soumis à la session extraordinaire de HARMO11. COST 732 est adressé pour l'assurance de l'amélioration et de la qualité du micro obstacle échelle pouvant accueillir des modèles météorologiques et leur application à la prédiction des processus d'écoulement et de transport en milieu urbain ou industriel. Silvana Di Sabatino [6] a publié un article sur l'exercice de COST 732 sur la pratique (l'évaluation de l'exercice MUST). Le but de cet article est de décrire l'utilisation d'une méthodologie générale adaptée à l'évaluation des modèles météorologiques micro-échelles appliquées à l'écoulement et des simulations de dispersion dans les zones urbaines. Yongfeng Qu [7] a modélisé les effets radiatifs et convectifs avec une résolution code du bâtiment. Dans de nombreuses études micro météorologiques avec la dynamique des fluides, la construction de la résolution de modèles supposent généralement une atmosphère neutre. Néanmoins, les transferts radiatifs urbains jouent un rôle important en raison de leur influence sur le budget de l'énergie. En 2013 Silvana Di Sabatino [8] a réalisé un travail sur les récents progrès dans la modélisation numérique de l'écoulement et de la dispersion dans les zones urbaines: Un bref examen pour détecter les risques sanitaires associés à l'exposition à des concentrations de polluants dans les villes a motivé la recherche pour améliorer la circulation à l'échelle locale et des modèles numériques de dispersion. La complexité de la forme urbaine introduit un certain nombre de difficultés pour les modélisateurs.

## **2. Présentation du cas étudié**

### *2.1. Présentation de l'expérience de MUST*

Dans cet article, on s'attachera à présenter la campagne expérimentale MUST réalisée à l'université de Hambourg (Bezpalcova and Harms, [9]) qui servira de cas-test pour la validation de Code CHENSI. Nous insisterons sur les données disponibles, paramètres qui nous permettront de mettre en place les différentes simulations sous Code CHENSI. Le but de la simulation numérique effectuée est d'évaluer les performances du modèle en confrontant les résultats numériques obtenus par ce dernier avec des résultats expérimentaux obtenus après l'étude de la dispersion d'un scalaire passif en milieu urbain simplifié et de comparer les performances globales à celles obtenues par le biais d'autres codes européens.

### *2.2 Description de la campagne de mesures*

Un exercice numérique détaillé est basé sur la configuration de MUST (Mock Urban Setting Test). L'ensemble des données réalisées par les participants de l'action COST 732 Le MUST (Mock Urban Setting Test) était une

campagne de mesure à grande échelle sur un arrangement de conteneurs de 40 pieds dans l'Utah comme décrit par Yee et Biltoft, [10]. Les essais en soufflerie de la même disposition ont été effectués à Hambourg (Leitl et al., [11]). Les modèles numériques utilisés dans cette étude ont été comparés à ceux de COST 732 qui font partie de CHENSI. Dans les simulations entreprises, nous avons opté pour le code CHENSI en utilisant la même grille de calcul afin d'améliorer le modèle décrit dans la section précédente ayant contribué à l'amélioration des résultats de simulation. Comme le montre la figure 1, l'expérience à grande échelle (1 :75) en soufflerie est constituée de 120 obstacles. Les conditions d'écoulement d'approche dans la soufflerie ont été ajustées pour répondre à l'écoulement d'approche mesurée en pleine échelle pour le cas où l'incidence du vent est à  $-45^\circ$ .



Dimensions des obstacles	
Hauteur	2.54 m
longueur	12.2 m
largeur	2.42 m
Espacement entre lignes	12.9 m
Espacement entre rangées	7.9 m
Aire de la grille	(100 mX100 m)

**Figure 1:** Situation pour MUST expérience du tunnel du vent de l'Université de Hambourg (Bezpalcova and Harms, [9]).

### 2.3 Données expérimentales disponibles

#### 2.3.1 Données mesurées

La campagne expérimentale réalisée par les participants de COST 732. Le MUST (Mock Urban Setting Test) était une campagne de mesure à grande échelle sur un arrangement de conteneurs de 40 pieds dans l'Utah comme décrit par Yee et Biltoft, [10]. Les essais en soufflerie de la même disposition ont été effectués à Hambourg (Leitl et al., [11]). Différentes sources de données sont disponibles dans la littérature scientifique, sans pour autant arriver à un véritable consensus. Pour l'étude présentée, nous utiliserons les données de (Olesen et Berkowicz, [12]).

#### 2.3.2 Données interprétées

Un nombre très élevé d'exploitations a été réalisé de ces jeux de données, en particulier l'importance de ces données turbulentes dans les conditions aux limites du modèle Code CHENSI. Les données issues de (Olesen et Berkowicz, [12]) seront exploitées ainsi que celles que nous avons obtenues par une méthode itérative, basée sur les gradients de vitesse, l'énergie cinétique turbulente et concentration. Les données mesurées et interprétées utilisées pour la mise en place des simulations Code CHENSI sont regroupées dans les résultats finaux.

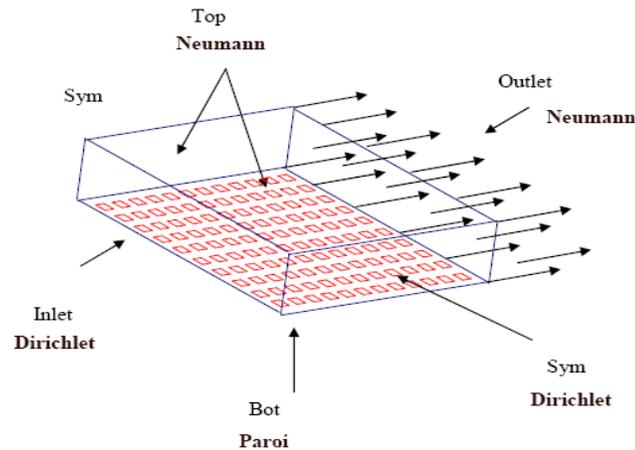
#### 2.3.3. Conditions de rejet

Pour toutes les expériences Prairie Grass modélisées, on considèrera dans la suite de l'étude une vitesse de rejet ainsi que des paramètres turbulents ( $k$ ,  $\epsilon$ ), correspondant à un rejet passif sans effet d'écoulement. Le débit massique rejeté sera adapté selon les conditions expérimentales propres à chaque cas.

#### 2.3.4. Les conditions aux limites et initiales

Fixer des conditions aux limites et initiales est fondamental dans le processus de modélisation numérique, elles alimentent les calculs, à l'instant initial et tout au long de la période de simulation. Les conditions aux limites sur les variables principales diffèrent selon les frontières du domaine considéré comme le montre la figure 2. Les conditions aux limites latérales sont fixées par la direction du vent. Pour le cas du vent à incidence  $-45^\circ$  décrit à

la figure 2, sur la face d'entrée [plan (y-z) pour lequel  $x = 0$ ] et la face de symétrie [plan (x-z) pour lequel  $y = 0$ ], la condition de Dirichlet a été imposée pour le profil de vitesse d'entrée pour l'énergie cinétique turbulente. Au niveau du sol, les conditions classiques à la paroi ont été utilisées, et pour les autres faces, la condition de Neumann a été imposée.



**Figure 2:** Conditions aux limites pour le cas d'incidence à  $-45^\circ$  cas implémentées dans le code\_CHENSI.

### 2.3.5. Description du code de calcul CHENSI

CHENSI est un code de mécanique des fluides 3D, incompressible, turbulent, mais, avec prise en compte des effets de flottabilité. Il a été procédé à un calcul sur un volume fluide parallélépipédique avec un maillage cartésien (x, y, z) avec une masse volumique constante, fonction uniquement de l'altitude. La résolution est explicite en temps et en espace. La version que nous avons adoptée est celle qui a été développée par Jean François Sini [13]. La validation des résultats de simulation du code de calcul des écoulements turbulents a été réalisée à l'échelle d'un quartier urbain. Le code de calcul 3D, nommé CHENSI, est destiné à résoudre le système elliptique et instationnaire des équations dynamique et thermique dans une géométrie complexe. Un modèle de turbulence de type k- $\epsilon$  standard est utilisé. La validation du code a porté sur l'épanouissement d'un jet non-portant, sur l'écoulement isotherme au-dessus d'une marche descendante et sur le développement d'une couche limite thermique au-dessus d'une plaque plane non-uniformément chauffée.[ 14, 15]. Le code est utilisé pour la simulation des écoulements turbulents dans une rue canyon où le vent au-dessus des toits est perpendiculaire à l'axe de la rue. [16].

### 2.3.6. Paramètres de calculs

Certains paramètres ou propriétés physiques sont introduits par défaut dans le code\_CHENSI. Nous ne citerons ici que ceux qui peuvent influencer notre étude de validation du modèle. Par défaut, l'atmosphère est caractérisée par une pression de référence  $P_0 = 1013.25$  Pa, une température de référence  $T_0 = 288.15$  °K et un débit massique  $Q = 1.66 \cdot 10^{-6}$  kg/s. Ce débit massique est aussi celui imposé au traceur passif. L'humidité de l'atmosphère n'étant pas un paramètre influent sur notre étude, nous considérerons son effet nul.

### 2.3.7. Aspects numériques

La résolution de l'écoulement est menée et décrite par les équations en instationnaire, sur un nombre d'itérations suffisant pour satisfaire la convergence temporelle des calculs. De ce fait, les simulations effectuées compteront généralement 50000 itérations pour un nombre égal à 1761110 noeuds, au total, variable en temps et en espace, d'environ 1s pour l'itération. La durée totale d'une simulation,est de l'ordre de 15heurs 30 minutes, sera cependant réduite par la parallélisations des calculs sur plusieurs processeurs.

### 2.3.8. Description le modèle K-ε

Les équations de Navier-Stokes Reynolds régissant le mouvement des écoulements turbulents peuvent être écrites sous la forme suivante:

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial U_j}{\partial x_j} = \left( \frac{\rho - \rho_n}{\rho_n} \right) g_i - \frac{1}{\rho_n} \frac{\partial P}{\partial x_i} - \frac{\partial \overline{u_i u_j}}{\partial x_j} \quad (1)$$

$$\frac{\partial U_j}{\partial x_j} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + U_j \frac{\partial \theta}{\partial x_j} = - \frac{\partial \overline{u_j \theta}}{\partial x_j} \quad (3)$$

Où les  $x_i$  sont les coordonnées cartésiennes,  $U_i$  les composantes de la vitesse moyenne,  $g_i$  les composantes de l'accélération de la pesanteur,  $P$  la pression moyenne,  $\theta$  l'écart de température moyenne à partir d'un état de référence adiabatiques,  $u_i u_j$  et  $\theta$  les fluctuations des composantes de la vitesse et de la température autour de leurs moyennes,  $\overline{u_i u_j}$  le tenseur de Reynolds et  $\overline{u_j \theta}$  le flux de chaleur turbulent. L'indice  $n$  se réfère à l'état de référence aérostatique et adiabatique.

L'équation de transport pour la concentration moyenne  $C$  d'un polluant passif s'écrit comme suit:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U_j \frac{\partial C}{\partial x_j} = - \frac{\partial \overline{u_j C}}{\partial x_j} \quad (4)$$

Où  $\overline{u_j C}$  est la concentration du flux turbulent. Les flux sont toujours complètement turbulents les conditions de transport moléculaire sont négligées car ils sont de petite taille lorsqu'on les compare aux termes correspondants de transport diffusif turbulent.

L'écart de densité ( $\rho - \rho_n$ ) citée dans l'équation (1) est lié à la température grâce à l'équation linéaire suivante:

$$\frac{\rho - \rho_n}{\rho_n} = - \beta (\theta - \theta_n) \quad (5)$$

Où  $\beta$  désigne le coefficient de dilatation thermique qui peut être supposé constant avec une bonne approximation pour les cas avec des plages de températures limitées. Pour résoudre les équations d'écoulement moyen, nous avons introduit un modèle de turbulence de premier ordre pour exprimer les flux turbulents inconnus. La Reynolds contrainte  $\overline{u_i u_j}$ , le flux de chaleur  $\overline{u_j \theta}$  et la concentration de flux  $\overline{u_j C}$  sont estimés au moyen de la viscosité turbulente du Boussinesq et des modèles de diffusivité de Foucault:

$$\overline{u_i u_j} = \nu_t \left( \frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \delta_{ij} k \quad (6)$$

$$- \overline{u_j \theta} = K_t \frac{\partial \theta}{\partial x_j} \quad (7)$$

$$- \overline{u_j C} = K_c \frac{\partial C}{\partial x_j} \quad (8)$$

Où  $\nu_t$  est la viscosité turbulente,  $\delta_{ij}$  est le delta Kronecker,  $k$  est l'énergie cinétique turbulente et  $K_t$  et  $K_c$  sont les coefficients de diffusivité turbulente. Les expériences indiquent que  $\nu_t$ ,  $K_t$  et  $K_c$  ne sont pas constantes mais varient dans un flux et d'un flux à l'autre et que leurs rapports, le nombre de Prandtl turbulent  $P_{r1} = \nu_t / K_t$  et le nombre Schmidt turbulent  $S_{ct} = \nu_t / K_c$ , sont à peu près constants. Par conséquent, le problème de fermeture est réduit afin de déterminer la répartition des ans. Il peut être empiriquement lié à deux paramètres qui sont supposés pour caractériser l'état local de la turbulence: une échelle de vitesse et une échelle de longueur. Le modèle à deux équations la plus utilisée est celle de Launder et al., [17]. Se référer à l'énergie cinétique turbulente  $k$  et son  $\epsilon$  taux de dissipation pour exprimer l'échelle de vitesse de turbulence  $k^{1/2}$  et l'échelle de longueur de turbulence  $k^{3/2} \epsilon^{-1}$ . Ceci permet la formulation de la viscosité turbulente comme suit:

$$\nu_t = C_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad (9)$$

Où  $C$  est une constante empirique. Le tableau suivant donne les différentes valeurs des constantes du modèle k-ε.

**Tableau 1 :** Constantes pour le modèle k-ε.

$C_\mu$	$\sigma_k$	$\sigma_\epsilon$	$C_{\epsilon 1}$	$C_{\epsilon 2}$	$P_{r1}$	$S_{ct}$
0.09	1.0	1.3	1.44	1.92	0.7	0.9

L'énergie cinétique turbulente ( $k$ ) et son taux de dissipation ( $\varepsilon$ ) sont calculés à partir des équations de transport semi-empiriques suivantes (Hanjalic et Launder [18]):

$$\frac{\partial k}{\partial t} + U_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = -\overline{u_i u_j} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \beta g_j \overline{u_j \theta} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) - \varepsilon \quad (10)$$

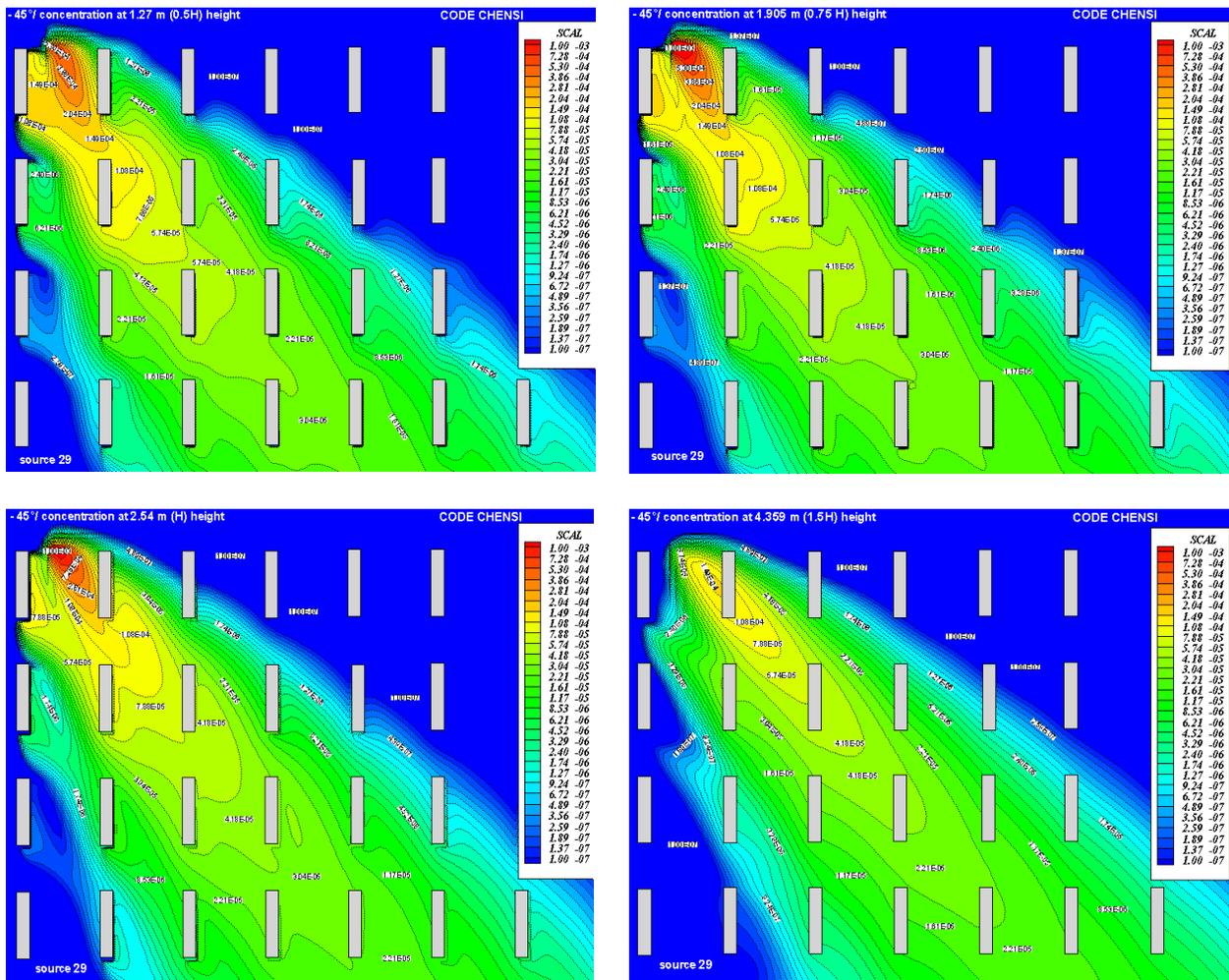
$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + U_j \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = -C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \overline{u_i u_j} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \beta g_j \overline{u_i \theta} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) - C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (11)$$

Dans les présentes simulations, les constantes de modélisation empiriques dont les valeurs les plus couramment utilisées dans les simulations de flux industriels, sont énumérés dans le tableau 1 (voir, par exemple, Launder et Spalding, [19] et Launder et al.,[17]).

### 3. Resultats et discussion

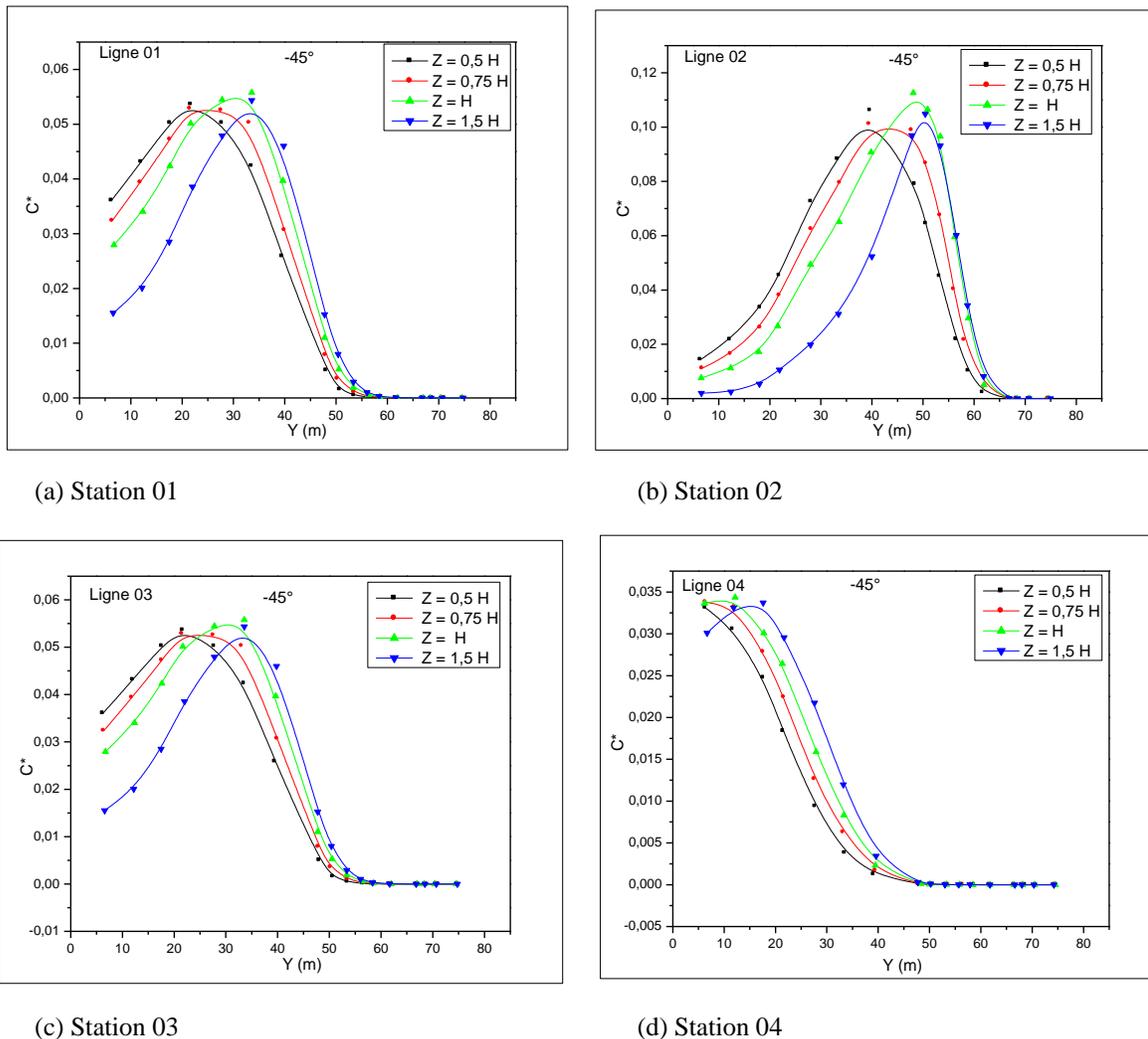
#### 3.1. Variations de concentration

Dans la figure 3 sont présentées des coupes de champs de concentrations moyennes sur un plan horizontal à quatre hauteurs différentes ( $z = 0,5 H$ ,  $z = 0,75 H$ ,  $z = H$  et  $z = 1,5 H$  avec  $H = 2.5 m$ ) pour un angle d'incidence du vent à  $-45^\circ$ .



**Figure 3:** Comparaison des distributions de concentration à quatre niveaux de hauteur [1,27 m (0,5 H), 1.905m (0,75H), 2.54m (H) et 4.359m (1,5 H)] pour le cas  $-45^\circ$ .

Les concentrations moyennes proches de la source diminuent rapidement, par rapport l'autre hauteur, après deux rangs, les concentrations moyennes diminuent plus rapidement. Ainsi, au moment où le panache des concentrations moyennes agrandit, ces dernières sont plus homogènes et le gradient diminue. La forme longitudinale des obstacles entraîne une déviation de l'axe de la plume par rapport à la direction du vent, lorsque l'angle du vent incident est suffisamment grand, le polluant est transporté par l'écoulement dans les rues perpendiculaires. La figure 4 représente les profils de concentration du polluant (éthane CH<sub>4</sub>) pour le cas -45° pour les quatre stations, on voit que la concentration de l'éthane augmente en passant de la station 1 (située juste en amont de la source) vers la station 2 (située en aval de la source), les concentrations maximales se déplacent alors vers une position où la valeur de y est plus grande. Pour les stations suivantes, la valeur de la concentration maximale diminue de plus en plus en s'éloignant de la source d'émission, alors que la valeur de y correspondant à la concentration maximale reste sans changement, plus on se déplace vers le haut, plus la concentration diminue, mais la différence de concentration entre les trois hauteurs en chaque station diminue en s'éloignant de la source.



**Figure 4:** Profils horizontaux des concentrations en quatre niveaux de hauteur [1,27 m (0,5 H), 1.905m (0,75H), 2.54m (H) et 4.359m (1,5 H)] pour le cas -45 °.

Dans la figure 5 sont représentés les profils adimensionnels de concentrations ( $C^*$ ) pour le cas d'incidence à -45 °, ceux calculés par le code CHENSI et les profils expérimentaux issus de [9]. Sur les profils adimensionnels de

concentrations ( $C^*$ ), on constate une bonne concordance entre le profil expérimental et celui obtenu par calcul numérique par le code CHENSI ; d'autre part, les profils expérimentaux représentés dans la figure 5 donnent un aperçu d'évaluation assez remarquable. La taille des valeurs des concentrations moyenne indique que les profils de code CHENSI par rapport à ceux d'expérimentation donnent des valeurs beaucoup plus faibles.

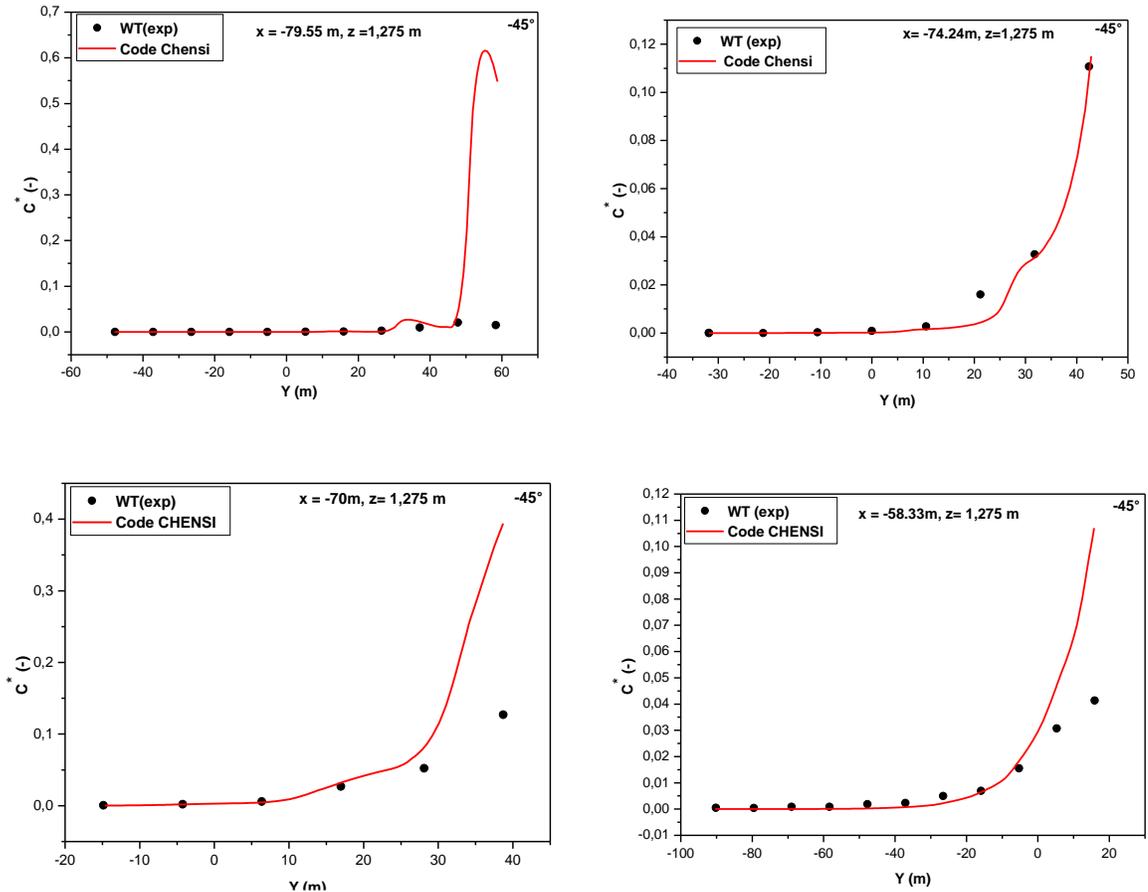


Figure 5: Profils de concentration le long de la direction y avec z = 1.275m.

### 3.2. Champ de concentration à $-45^\circ$

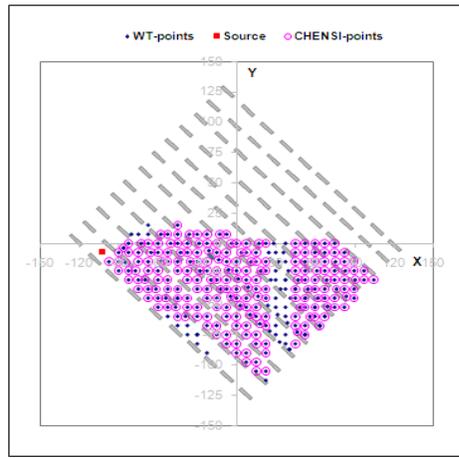
Les concentrations normalisées indiquées ci-après sont définies comme suit:

$$C^* = \frac{C U_{ref} H^2}{Q} \quad (12)$$

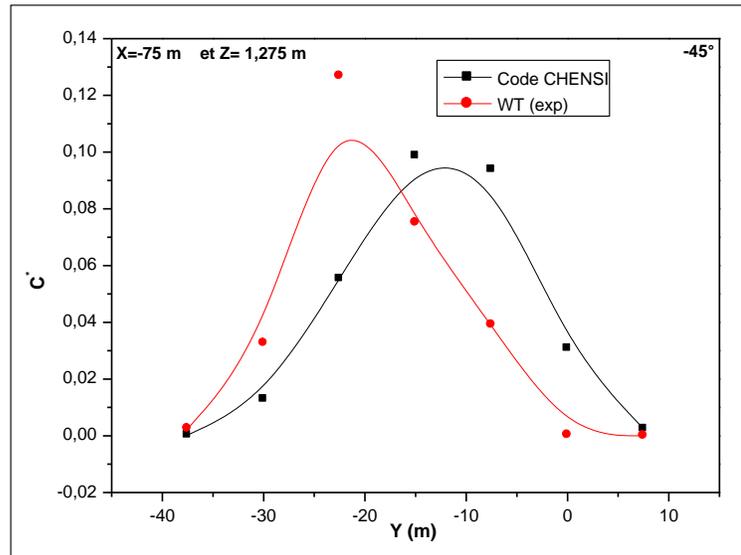
Avec C désignant concentration mesurée ou simulée,  $U_{ref}$  la vitesse d'entrée prise à la hauteur du contenant H et Q le débit massique de la source.

On montre dans la figure 6 la configuration du cas de dispersion à  $-45^\circ$ . Dans le tunnel du vent, la source a été placée au niveau du sol, tandis que les mesures de concentration ont été effectuées à une hauteur de 1,275 m. Bien que le filet de moniteurs à première vue semble dense, la rareté des moniteurs est un problème lorsque les résultats sont interprétés. La figure 7 illustre la difficulté de comparer les données obtenues par mesure et les résultats de la modélisation. Les comparaisons point par point ne portent aucune information. Pour chaque point, la valeur mesurée est comparée à celle modélisée au niveau du point de la grille la plus proche de la modélisation. Ce sera normalement un point de l'extérieur des bâtiments, à moins que la grille ait été choisie avec trop faible résolution. Cependant, pour certains modèles, les données ont été interpolées à partir des points de mesure et

réutilisées. En raison de la discontinuité dans les murs du bâtiment (voir par exemple la figure 7), comme l'interpolation est onéreuse et nécessite des soins si elle ne doit pas produire des valeurs erronées. La figure 8 montre un nuage de points assez typique de modèle en fonction des concentrations mesurées pour tous les points (271 points). Malgré, les mauvaises prédictions évidentes pour certaines des concentrations élevées (proches de la source), de nombreux points à faibles concentration où le modèle s'adapte assez bien (les points sont éloignés de la source) . Les valeurs constatées sont inférieures à la valeur du seuil, ceci n'était pas difficile à prévoir, pour obtenir des résultats de dispersion pour le cas de MUST avec le vent moyen à  $-45^\circ$  angle de l'orientation de l'obstacle nous avons suggéré que la direction du panache soit la même pour les particules à des hauteurs inférieures et supérieures à la hauteur de l'obstacle. L'observation a montré un cisaillement important. Il sera intéressant de voir les résultats de notre comparaison des simulations du modèle avec les observations.

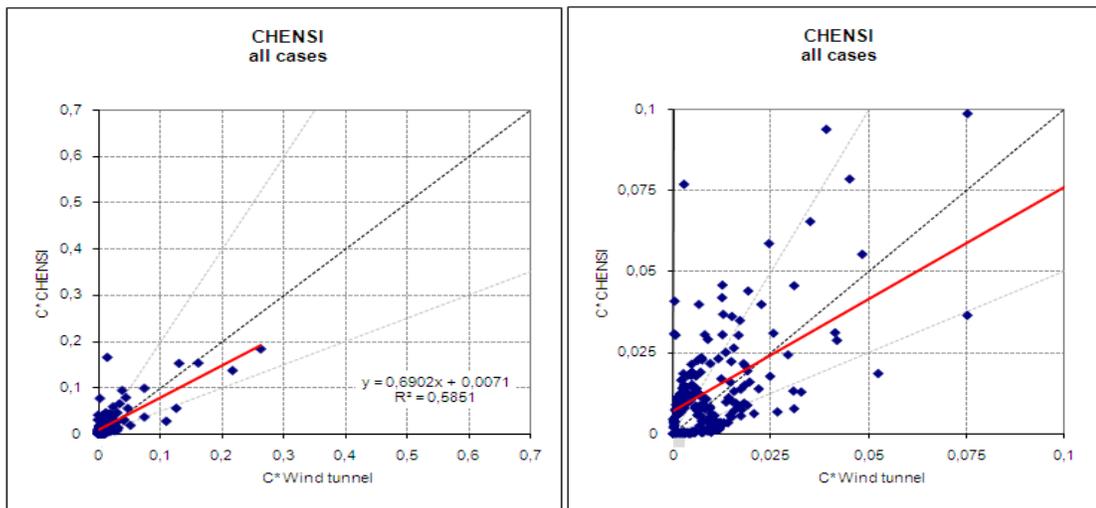


**Figure 6:** Le domaine de calcul est de gauche. Les moniteurs sont situés à points bleus, la source au rouge.



**Figure 7:** Profils des concentrations en coupe à 18 m de la source.

Les tailles statistiques présentées dans la figure 7. Au total, similaires aux résultats de concentration moyenne, le modèle prédit les observations très bien ( $R^2 = 58\%$ ).



**Figure 8:** Les diagrammes de dispersion des concentrations pour le code CHENSI comme expliqué par (Olesen et Berkowicz, [12]).

FTIR spectroscopy is useful in probing the chemical composition of the surface of the silver nanoparticles and the

## Conclusions

La présente étude a été consacrée à la simulation numérique de la circulation de l'air dans une rue canyon et sur la dispersion des polluants d'un traceur passif. Des simulations numériques pour la prédiction du vent et la dispersion des polluants en milieu urbain simplifié ont été menées à travers le code de calcul CHENSI.

Les simulations du cas de validation de MUST utilisant CHENSI avec schémas numériques révisés ont donné des améliorations dans les deux mesures de validation d'écoulement et de dispersion. Les principales caractéristiques d'écoulement sont bien résolues, résultant dans un champ de concentration avec des valeurs métriques près ou au-dessus de la limite d'acceptation. Les petites structures à proximité des conteneurs ne s'affichent pas correctement, ce qui est une observation générale dans les modèles RANS testé dans le MUST exercice COST 732. C'est ce qui explique les mesures n'ayant pas beaucoup de composants latéraux et verticaux de vitesse. Les utilisateurs du modèle sont invités à utiliser les programmes révisés, une grille de calcul bien et prendre soin de définir le bon choix des paramètres du modèle, par exemple le profil de turbulence entrée, car ils peuvent influencer remarquablement sur les résultats d'ensemble. L'ensemble des données de MUST a été fournie par l'Agence de réduction de la menace de la Défense (DTRA) pour une utilisation dans COST732.

Cette étude a permis de mettre en évidence l'influence de la canopée sur la dispersion. L'effet moyen sur la dispersion se traduit par une déviation de l'axe du panache par rapport à la direction du vent incident, due à l'acheminement du polluant à travers les rues parallèles aux deux directions x et y. Les résultats du modèle sont en bonne adéquation avec les mesures de l'expérience MUST pour la dispersion pour le cas  $-45^\circ$ . Il peut être conclu que l'angle d'incidence est un facteur très important dans la dispersion des polluants, puisque son changement a une influence sur la vitesse et sur le taux de turbulence et par conséquent sur la dispersion. L'écoulement avec un angle d'incidence de  $-45^\circ$  avait pour conséquence de minimiser la zone de recirculation qui se déplace aux cotés inférieurs. Remarquable puisque cette orientation conduit à une augmentation du mouvement donc l'état de turbulence d'une part et d'une autre part les obstacles favorisent le transport et la dispersion de l'énergie cinétique turbulente.

**Remerciements** -Les calculs numériques ont été réalisées sur les supercalculateurs du centre de calcul national CNRS. Prise en charge complète de l'ordinateur a été donnée par le Conseil scientifique de l'Institut de Développement et de Recherche pour l'Informatique Scientifique (IDRIS), Orsay, France.

## Références

1. Murakarmi S., Hibi, K., Mochiba, A., *J. of Arch. Plam Environ. Engrg. AIJ*, (1990) 1-10.
2. Baetke F., WERNER, H., WENGLE, H., *J. wind Eng. and litdustrial Aerodyn*, 35 (1990) 129-147.
3. Castro I.P., Robins A.G., *J. Fluid Mech.*, 79 (1977) 307-335.
4. Xiaomin X., Zhen H., Jia-song W., *Atmospheric Environment*, 39 (2005) 4519–4530
5. Goricsán, I., et al., *Int. J. Environ. Pollut.* 44 (2011) 359-367.
6. Di Sabatino, S., et al., *Int. J. Environ. Pollut.*44 (2011) 403-418.
7. Qu, Y., et al., *Journal of applied meteorology and climatology*, 2011. **50**(8): p. 1713-1724.
8. Di Sabatino, S., R. Buccolieri, and P. Salizzoni, *Int. J. Environ. Pollut.* 52 (2013) 172-191.
9. Bezpalcova K., Harms F., EWTL Data Report/ Part I, *Center for Marine and Atmospheric Research University of Hamburg* (2005).
10. Yee E. , Bilstoft C. A.. *Boundary-layer Meteorol.* 111 (2004) 365- 415.
11. Leidl B., Bezpalcova K., Harms F., *11th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Cambridge, UK, July 2-5.* (2007).
12. Olesen H.R., Berkowicz R.B., Lofstrom P., *OML: Review of model formulation. National Environmental Research Institute, Denmark. NERI Technical Report.* 609 (2007) 130.
13. Sini, J-F., Anquetin, S. Et Mestayer, P.. *Atmos. Environ.*, 15 (1996) 2659-2677.
14. Louka, P., G. Vachon, et al.. *Water, air and soil pollution: Focus* 2(5-6) (2002) 351-364.
15. Dimitrova, R., J.-F. Sini, et al..*Boundary-Layer Meteorology* 131 (2009) 223-243.
16. Medjahed, B., M. Abidat, et al.. MATEC Web of Conferences, EDP Sciences.11 (2014) 02-05.
17. Launder B. E., Reynolds W. C., Rodi W., Mathieu J. and Jeandel D.. *Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France.* 56 (1984).
18. Hanjfilic R. and Launder B. E.. *J. Fluid Mech.* 52 (1972) 609-638.
19. Launder B. E. and Spalding D. B. *Comput. Meth. Appl. Mech.* Engng 3 (1974) 269-289.

(2016) ; <http://www.jmaterenvironsci.com/>