

1 Introduction

Dans ce chapitre nous présenterons des résultats, obtenues par des simulations numériques par le code commercial FLUENT, de la dispersion d'un polluant issue d'une cheminée dans l'atmosphère. Pour avoir une information sur ce phénomène, nous avons étudié plusieurs facteurs, qui peuvent être réellement influant cette dispersion. Parmi ces facteurs, on a étudié l'effet de l'intensité de la vitesse du vent sur la concentration du CO_2 (*polluant*), en gardant fixe la vitesse d'éjection de ce dernier. De plus, on a étudié aussi l'influence de l'orientation du vent sur la distribution de la concentration, en fixant la vitesse des deux fluides. Dans la suite nous montrons et discutons l'ensemble des résultats obtenus.

2 Résultats pour écoulement bidimensionnel

Dans cette partie nous présenterons des résultats obtenus par la simulation numérique de la dispersion d'une fumée, issu d'une cheminée horizontale, dans un domaine bidimensionnelle (*atmosphère*). Ce dernier est contient deux ou bien trois obstacles, situés en face de la sortie de la cheminée. Le but des calculs effectués dans cette partie, est l'étude des paramètres influant la dispersion du polluant au sol et autour des obstacles (*obstacles, intensité et orientation du champ de vitesse du vent par rapport au champs de vitesse des fumées*).

Il faut noter qu'on a considéré que, la fumée éjectée par la cheminée représente un gaz contenant 20.9 % CO_2 , 76.9 % N_2 , 1.8 % O_2 et 0.4 % SO_2 . L'évolution de la composition de fumée, révèle que toutes les espèces constituant le polluant ont le même comportement. Ce qui nous conduit à choisir le dioxyde de carbone CO_2 comme espèce d'étude.

2.1 Résultats pour domaine à deux obstacles

2.1.1 L'effet de la vitesse du vent sur la concentration du CO_2

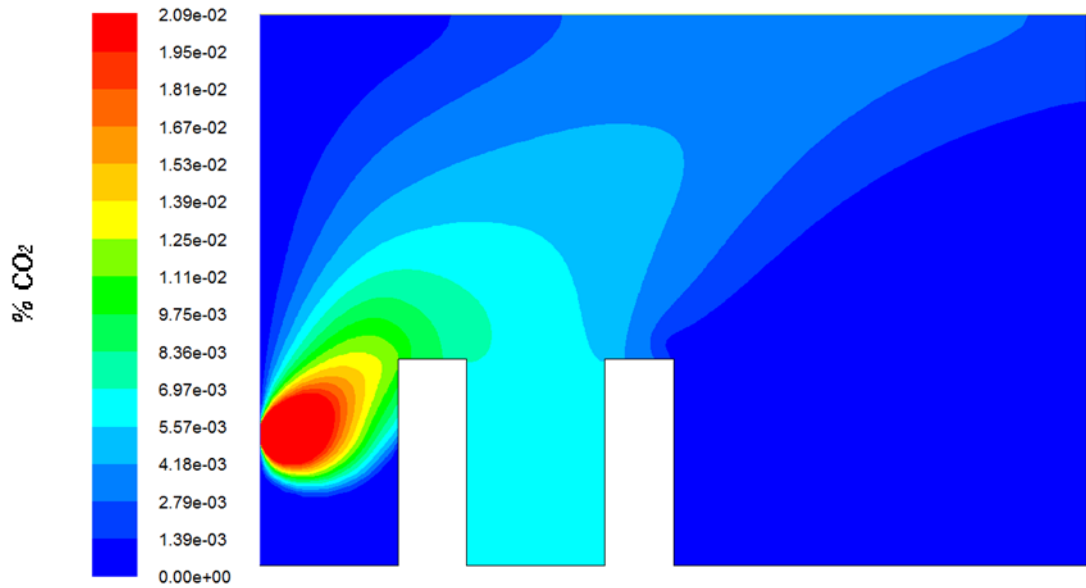


Figure IV.1 : Contours de la concentration du CO₂ au sein du domaine bidimensionnel à deux obstacles ($V_f = V_\infty/2$).

Les contours de la concentration du CO₂ dans le domaine d'étude est présentée en figure IV.1. Selon cette dernière nous constatons que le polluant est stagné entre les deux obstacles, avec une concentration de 0.6 %. La plus grande concentration est enregistrée sur le toit du premier obstacle, avec une concentration de 1 %. Sur le sol, et spécialement dans les zones amont et aval des obstacles, nous remarquons que la concentration du CO₂ est nulle

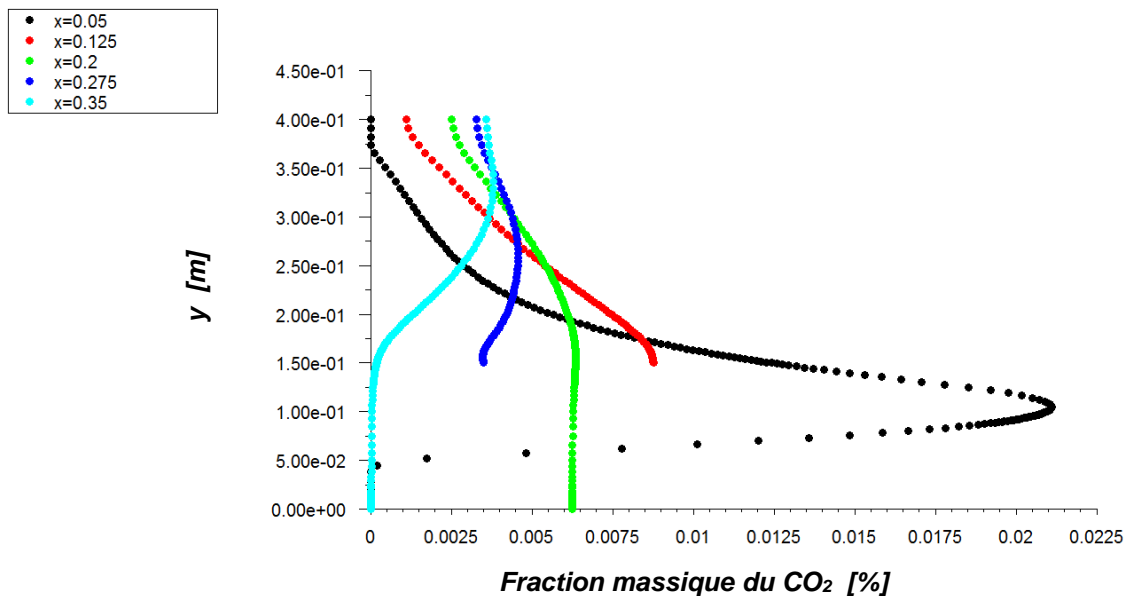


Figure IV.2 : Evolution suivant la direction verticale y de la concentration du CO₂ pour différentes abscisses x ($V_f = V_\infty/2$).

Sur la figure IV.2 nous montrons l'allure, suivant la direction verticale y , de la concentration du CO_2 pour différentes position x ($x = 0.05, 0.125, 0.2, 0.275$ et 0.35 [m]). Après l'examen de cette figure nous constatons que la valeur maximale de la concentration, qui vaut 2 %, est enregistrée pour une abscisse $x = 0.05$ [m] et une ordonnée $y = 0.1$ [m]. Au-delà de cette hauteur, la concentration ça va diminuer puis disparaître de l'atmosphère.

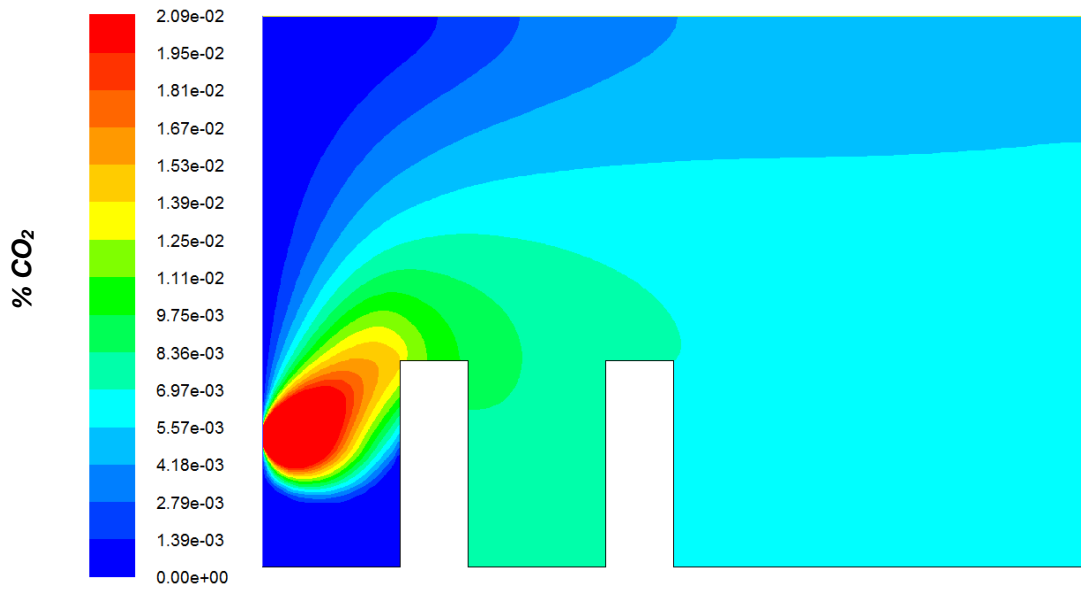


Figure IV.3 : Contours de la concentration du CO_2 au sein du domaine bidimensionnel à deux obstacles ($V_f = V_\infty$).

Pour une vitesse d'éjection du polluant (CO_2) égale à la vitesse du vent entourant la cheminée, les isovaleurs de la concentration du CO_2 sont présentées en figure IV.3. D'après cette dernière, le polluant est dispersée presque dans la totalité du domaine d'étude. La plus grande concentration (1.5 %) est marquée dans la partie frontale du premier obstacle. Entre les deux obstacles, la distribution de la concentration est quasi homogène, avec une valeur qui vaut à peu près 0.9 %. Dans la partie aval du deuxième obstacle, la concentration du polluant est homogène, mais cette fois avec une valeur plus faible, de l'ordre de 0.6 %.

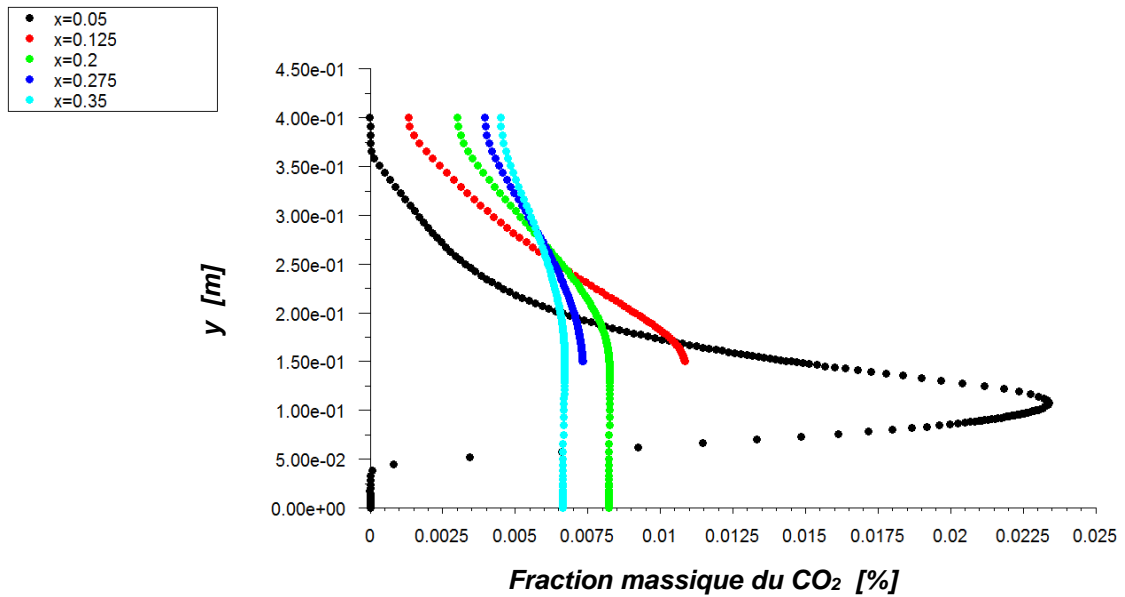


Figure IV.4 : Evolution suivant la direction verticale y de la concentration du CO_2 pour différentes abscisses x ($V_f = V_\infty$).

La variation de la concentration du CO_2 suivant la direction verticale y , pour différentes abscisses x , dans le cas où la vitesse d'éjection du polluant V_f est égale à celui du vent V_∞ , est présenté en figure IV.4. En regardant cette dernière, on constate facilement que la plus grande valeur de la concentration (0.35 %) est enregistrée dans la position $x = 0.05$ [m], à la hauteur $y = 1$ [m]. Nous constatons aussi que, dans la partie aval du deuxième obstacle, la valeur de la concentration n'est pas nulle, au contraire du cas précédent ($V_f = V_\infty/2$) où, la concentration est nulle. Cela peut être dû à l'augmentation de la vitesse de dispersion du CO_2 dans la direction principale de l'écoulement x , causé par l'augmentation de la vitesse du vent à l'amont du domaine d'étude.

Pour $V_f = 2V_\infty$, les isovaleurs de la concentration du CO_2 au sein du domaine d'étude bidimensionnel, causé par la dispersion du polluant dans ce dernier, est présenté en

figure IV.5. Sur cette dernière, la forme des isovaleurs est semblable à ceux du cas précédent ($V_f = V_\infty$), mais avec des intensités différentes. Nous remarquons aussi que le polluant couvre la totalité du premier l'obstacle, ce qui n'est pas le cas dans les situations précédentes. Cela peut être dû au champ de vitesse du polluant, qui est plus grand que celui du vent, au voisinage du premier obstacle (dans cet endroit, et pour des hauteurs qui ne dépassent pas la hauteur de la cheminée, la vitesse du polluant est dirigé verticalement vers le bas, par contre celui du vent est dans le sens contraire).

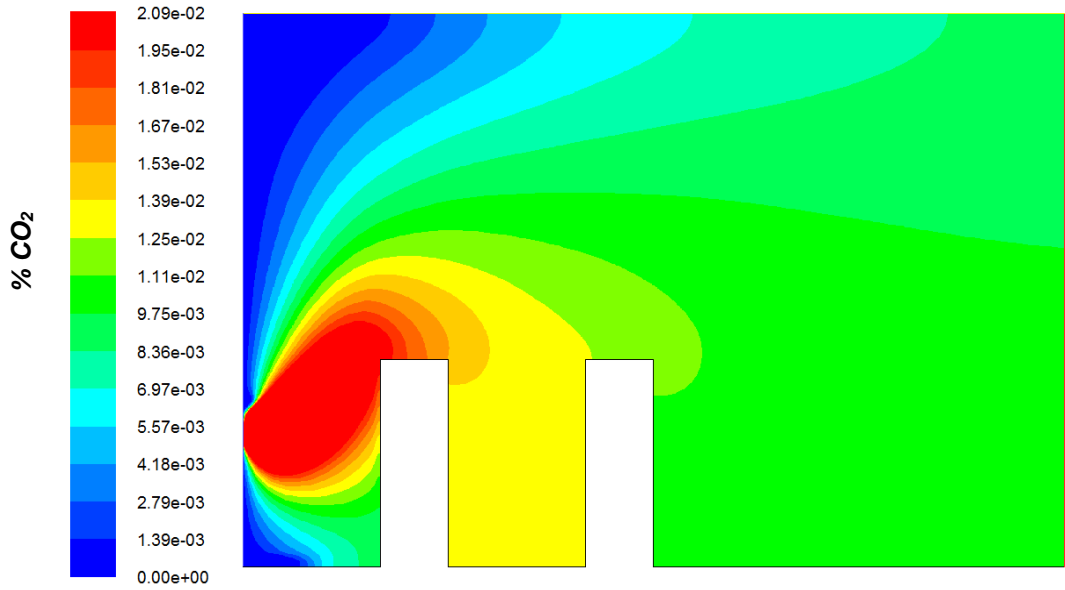


Figure IV.5 : Contours de la concentration du CO_2 au sein du domaine bidimensionnel à deux obstacles ($V_f = 2V_\infty$).

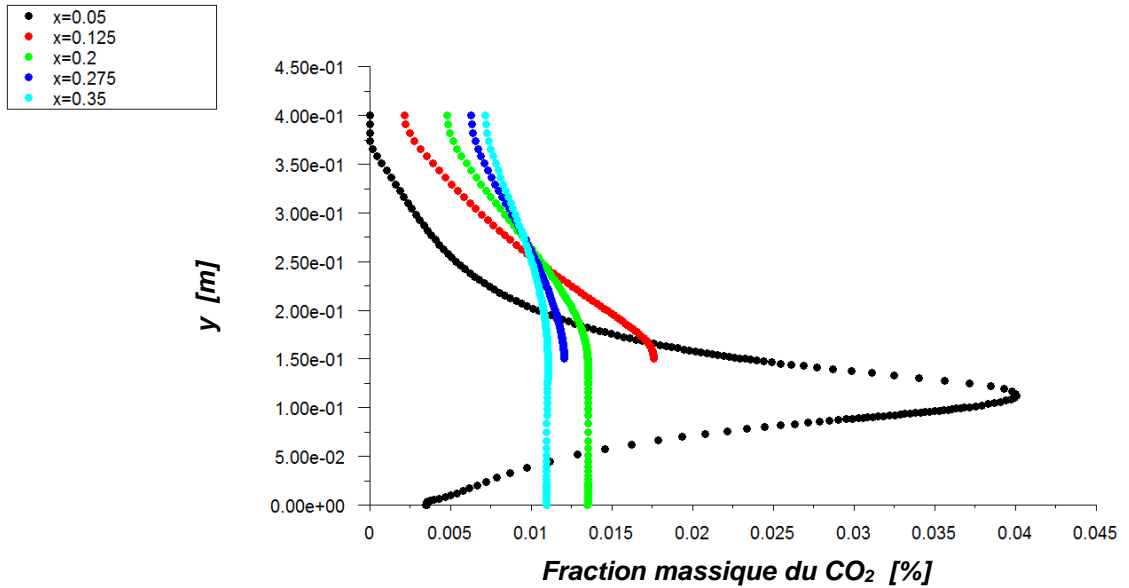


Figure IV.6 : Evolution suivant la direction verticale y de la concentration du CO_2 pour différentes abscisses x ($V_f = 2V_\infty$).

Sur la figure IV.6, nous montrons l'évolution, suivant la direction y , de la concentration du dioxyde de carbone CO_2 pour différentes positions x . L'examen de cette figure nous révèle que, pour ($V_f = 2V_\infty$) la valeur maximale de la concentration du CO_2 (4.2 %) est marquée dans la position $x = 0.05$ [m] et $y = 0.1$ [m], pour cette position (l'amont du premier obstacle) la concentration est nulle au niveau du sol.

Après l'examen des résultats, liés à l'effet de la vitesse du vent sur la valeur de la dispersion du polluant, au sein du domaine d'étude à deux obstacles, on peut conclure que pour assurer des faibles concentrations du polluant au voisinage des obstacles, il faut que la vitesse d'éjection du polluant V_f soit inférieure à la vitesse d'écoulement du vent V_∞ .

2.1.2 L'effet de l'orientation de la vitesse du vent sur la concentration du CO_2

Dans cette partie on examine, pour $V_f = V_\infty/2$, l'effet de l'orientation du champ de vitesse du vent sur le comportement (*la concentration*) du polluant, au voisinage du sol et des obstacles, en gardant fixe l'orientation du champ de vitesse du polluant (*parallèle à la direction principale x de l'écoulement du vent*) à la sortie de la cheminée. Les angles testés sont respectivement $\alpha = -30^\circ$, 0° et 30° , avec $\tan(\alpha) = \frac{V_{y\infty}}{V_{x\infty}}$.

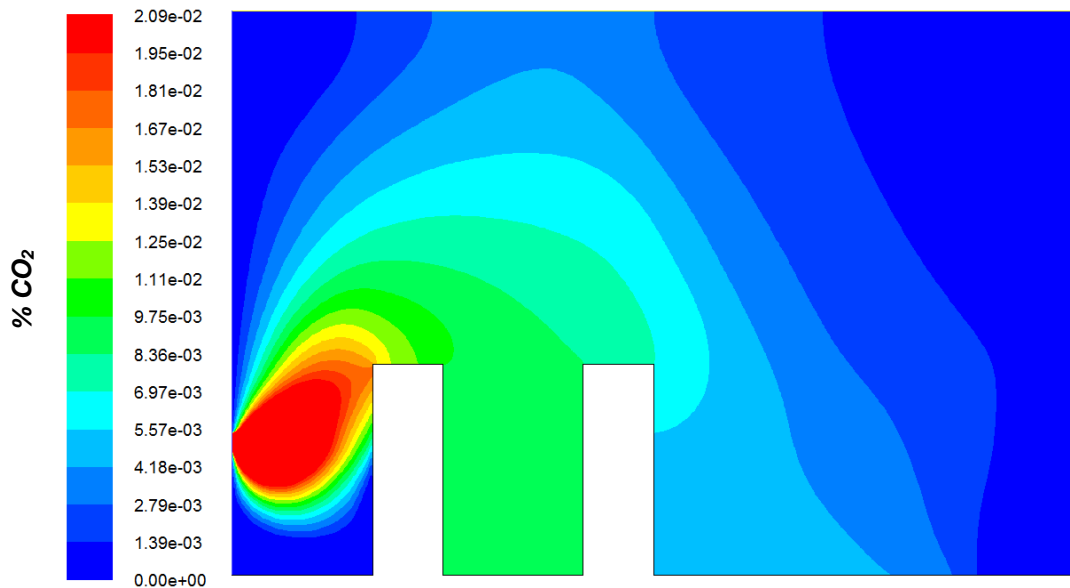


Figure IV.7 : Contours de la concentration du CO_2 au sein du domaine bidimensionnel à deux obstacles ($V_f = 2V_\infty$, $\alpha = -30^\circ$).

Pour une vitesse de vent égale à la moitié de la vitesse d'éjection du polluant, et pour un angle d'orientation $\alpha = -30^\circ$ par rapport à x , les contours des isovaleurs de la concentration du CO_2 sont données en figure IV.7. Nous remarquons sur cette dernière que la concentration maximale est située entre la sortie de la cheminée et la partie frontale amont du premier obstacle (2.09 % de CO_2). Entre les deux obstacles la distribution de la concentration est totalement homogène, dont sa valeur moyenne vaut 1 %. Au-delà de la partie frontale aval du deuxième obstacle, nous remarquons une diminution graduelle du CO_2 , jusqu'à sa disparition de l'atmosphère.

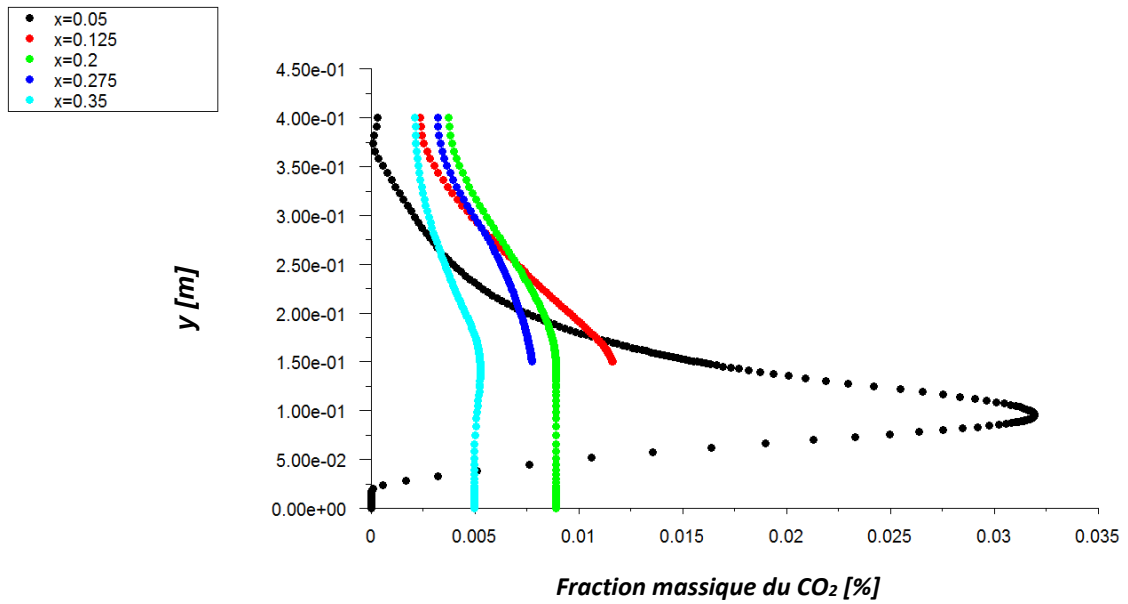


Figure IV.8 : Evolution suivant la direction verticale y de la concentration du CO_2 pour différentes abscisses x ($V_f = 2V_\infty$, $\alpha = -30^\circ$)

L'évolution suivant la direction des ordonnées y , pour différentes positions horizontales x , de la concentration du CO_2 est indiquée en figure IV.8. D'après cette dernière la concentration maximale vaut à peu près 3.25 %. Elle est située toujours à la l'abscisse $x = 0.05 \text{ [m]}$ et à la hauteur $y = 0.1 \text{ [m]}$. Au-delà de cette hauteur, dans les deux sens, la concentration est diminuée graduellement vers le zéro (*pour les hauteurs suivantes : $y < 0.025 \text{ [m]}$ et $y > 0.375 \text{ [m]}$*). Sur les toits du premier obstacle et deuxième obstacle la valeur de la concentration du polluant vaut respectivement 1.25 % et 0.75 %. Pour $x = 0.2 \text{ [m]}$ et 0.35 [m] , la distribution de la concentration est homogène du sol jusqu'à une hauteur $y = 1.5 \text{ [m]}$ (*hauteur des obstacles*), pour des hauteurs supérieures à ce dernier, nous remarquons une diminution lente dans les ces mêmes positions.

Pour une orientation nulle de la vitesse du vent ($\alpha = 0^\circ$ par rapport à x , $V_f = 2V_\infty$), les figures qui représentent respectivement les contours des isovaleurs de la concentration du CO_2 et la variation verticale de ce même concentration, pour différentes abscisses x , sont déjà présentées et discutées en § 2.1.1 (*voir figures IV.5, IV.6*).

Finalement pour $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'abscisse x et $V_f = 2V_\infty$, l'allure des isovaleurs de la concentration est indiquée en figure IV.9. En examinant cette dernière, nous remarquons

que le polluant se réunit en grande partie dans la partie frontale amont du premier obstacle. Entre les deux obstacles, la concentration du CO_2 est généralement homogène, avec une valeur égale à peu près 0.7 %. Au-delà de la partie frontale aval du deuxième obstacle, l'atmosphère ne contient aucune portion du CO_2 .

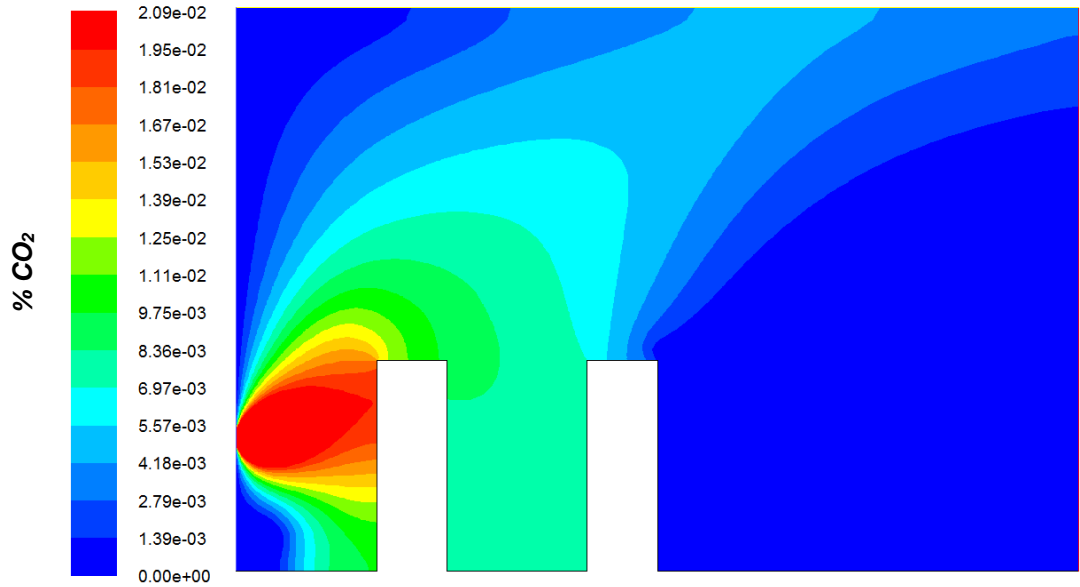


Figure IV.9 : Contours de la concentration du CO_2 au sein du domaine bidimensionnel à deux obstacles ($V_f = 2V_\infty$, $\alpha = 30^\circ$).

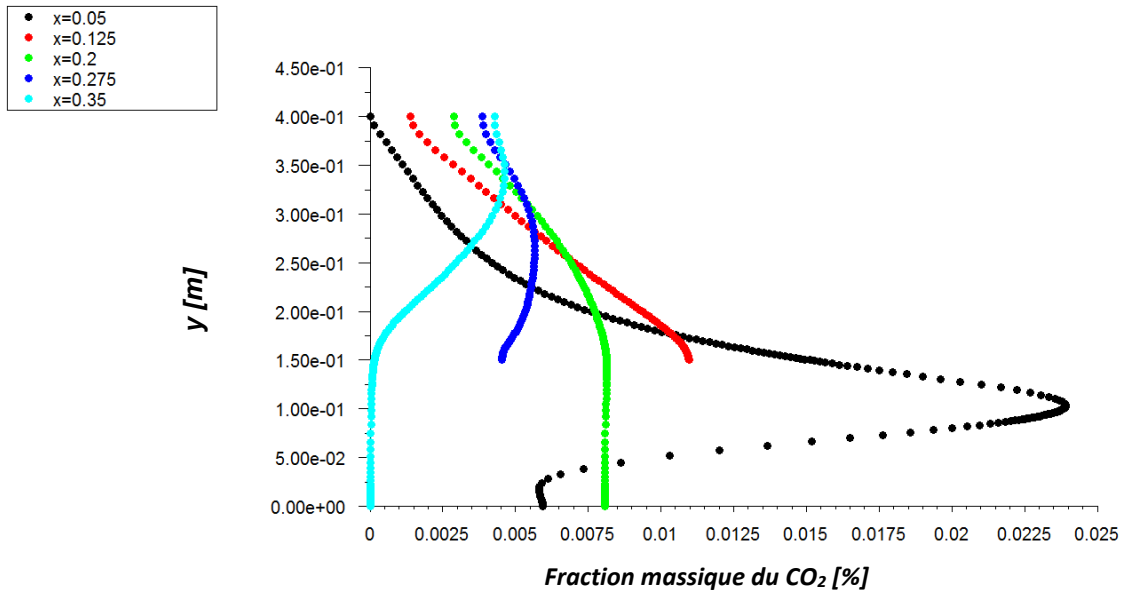


Figure IV.10 : Evolution suivant la direction verticale y de la concentration du CO_2 pour différentes abscisses x ($V_f = 2V_\infty$, $\alpha = 30^\circ$)

En figure IV.10 nous présentons l'évolution, suivant la direction verticale y et pour différentes abscisses x , de la concentration du polluant (CO_2) dans le domaine bidimensionnel à deux obstacles. Nous enregistrons sur cette figure une concentration maximale de 2.3 % du CO_2 dans la position $x = 0.05$ [m] et $y = 0.1$ [m]. Cette valeur est inférieure à celui enregistrée pour $\alpha = -30^\circ$. Sur le sol, la plus grande concentration est marquée entre les deux obstacles (0.8 % de CO_2 pour $x = 0.2$ [m]), par contre la plus petite valeur est obtenue à l'aval du deuxième obstacle (0 % de CO_2).

2.2 Résultats pour le domaine à trois obstacles

Maintenant pour le domaine d'étude à trois obstacles, on essaye d'examiner l'effet de la vitesse du vent, ainsi que son orientation sur la concentration du polluant dans le domaine d'étude.

2.2.1 L'effet de la vitesse du vent sur la concentration du CO_2

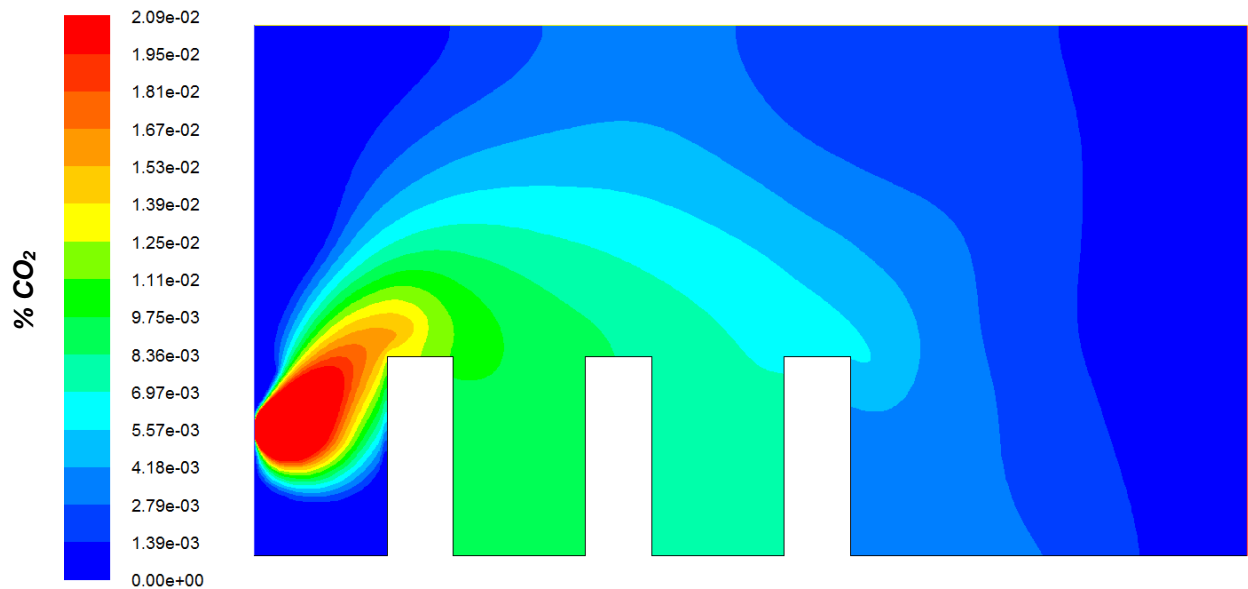


Figure IV.11 : Contours de la concentration du CO_2 au sein du domaine bidimensionnel à trois obstacles ($V_f = V_\infty/2$).

L'image des isovalues de la concentration du CO_2 , dans le domaine bidimensionnel à trois obstacles ($V_f = V_\infty/2$), est affichée en figure IV.11. L'analyse de cette dernière, nous montre que la distribution de la concentration est homogène entre les obstacles. De plus, la plus grande valeur de cette concentration est enregistrée entre la sortie de la cheminée et la partie frontale amont du premier obstacle. Sur les toits des obstacles, la concentration du CO_2 diminue en s'éloignant de la cheminée. Au-delà de la partie frontale aval du dernier obstacle, la concentration est devenue nulle.

Pour les abscisses $x = 0.05, 0.125, 0.2, 0.275, 0.35, 0.425$ et 0.5 [m], mesurée à partir de la sortie de la cheminée, nous montrons en figure IV.12 la variation verticale de la fraction massique du CO_2 (la concentration du CO_2 dans l'air). On remarque dans cette figure que la concentration maximale est marquée juste à la sortie de la cheminée (3.75 % de CO_2) à la position $x = 0.05$ [m]. Entre les obstacles, la distribution de cette concentration est quasi homogène, de valeurs égales à, en partant de l'amont à l'aval du domaine d'étude, 0.35 %, 0.7 % et 0.9 %. Sur les toits des obstacles, la concentration diminue graduellement dans le sens d'écoulement principale (le sens d'écoulement de l'air). Il faut noter que, sauf pour la position $x = 0.05$ [m], la valeur de la concentration

au sol est non nulle, elle diminue aussi graduellement dans le sens d'écoulement principale.

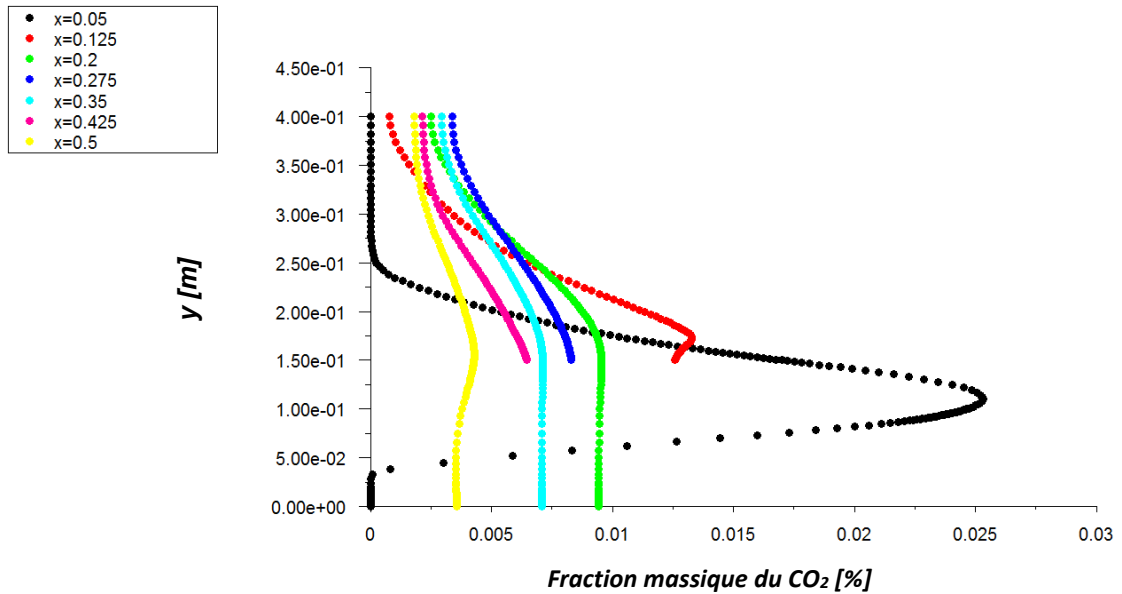


Figure IV.12 : Evolution suivant la direction verticale y de la concentration du CO_2 pour différentes abscisses x ($V_f = V_\infty/2$)

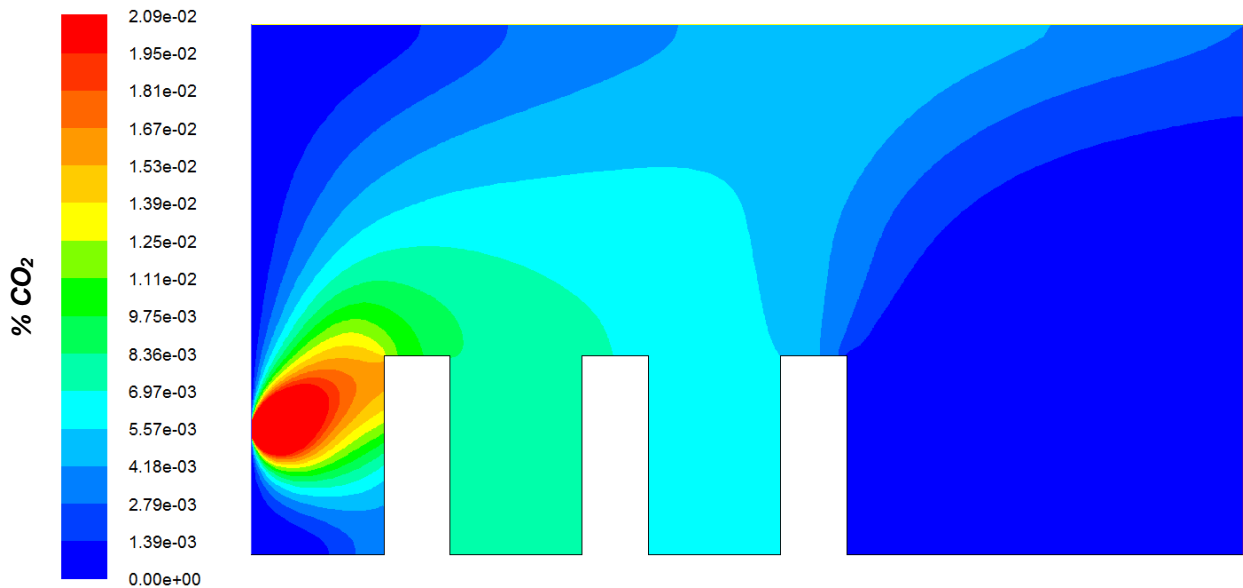


Figure IV.13 : Contours de la concentration du CO_2 au sein du domaine bidimensionnel à trois obstacles ($V_f = V_\infty$).

Les contours d'isovaleurs, liées à la distribution de la concentration au sein du domaine d'étude, pour une vitesse d'éjection du polluant égale à celui du vent, est données en figure IV.13. D'après cette dernière, le CO_2 est accumulé en grande partie dans la partie frontale du premier obstacle et entre les trois obstacles. Dans la partie aval du dernier obstacle, le polluant est presque inexistant, notamment près du sol. Toujours sur les toits

des obstacles, on constate une diminution graduelle du CO_2 dans l'air.

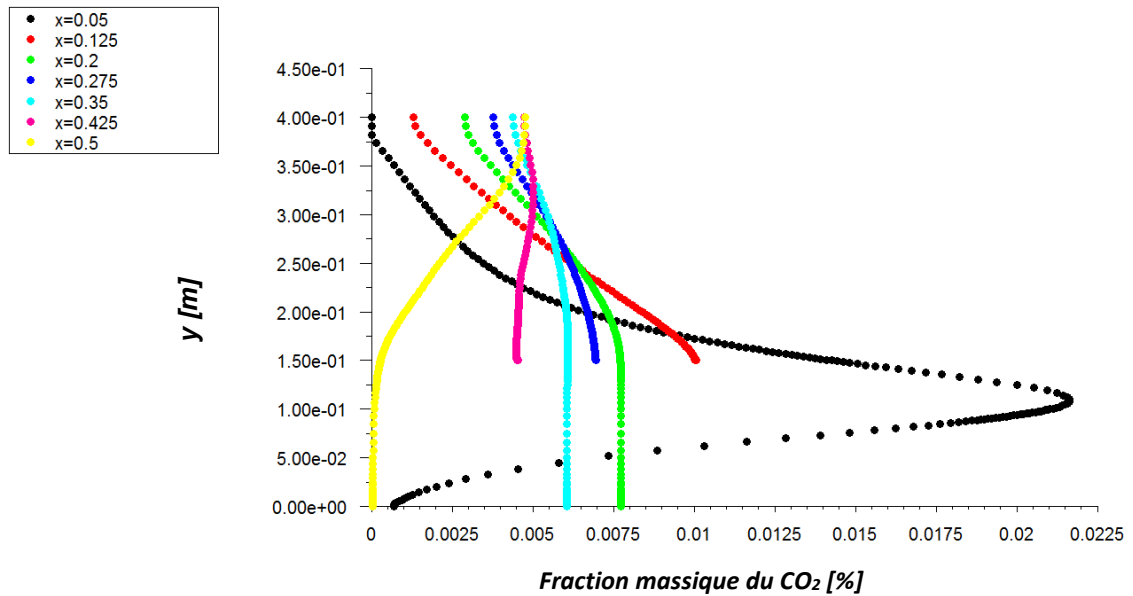


Figure IV.14 : Evolution suivant la direction verticale y de la concentration du CO_2 pour différentes abscisses x ($V_f = V_\infty$).

La variation verticale de la fraction massique du CO_2 , pour différentes abscisses x , est mentionnée en figure IV.14. Les allures globales des courbes obtenues, qualitativement sont les mêmes que ceux obtenues pour le cas précédent ($V_f = V_\infty/2$). De point de vue quantitative, il existe une différences entre les deux cas, notamment dans la partie aval du dernier obstacle, où la fraction massique du CO_2 est nulle pour le dernier cas ($V_f = V_\infty$).

Pour le dernier cas ($V_f = 2V_\infty$), l'image des isovaleurs de la concentration du CO_2 , au sein du domaine d'étude, est donnée en figure IV.15. L'examen de cette dernière, nous révèle que la forme des isovaleurs de la concentration est presque la même que celle obtenue pour le cas précédent ($V_f = 2V_\infty$). Une légère différence est marquée sur les toits des trois obstacles.

Le changement vertical de la concentration du CO_2 dans l'air, contenant dans le domaine d'étude bidimensionnel, pour différentes abscisses x , est schématisé en figure IV.16. Dans cette dernière, on a obtenu presque les mêmes allures que ceux données en figure IV.14 ($V_f = V_\infty$).

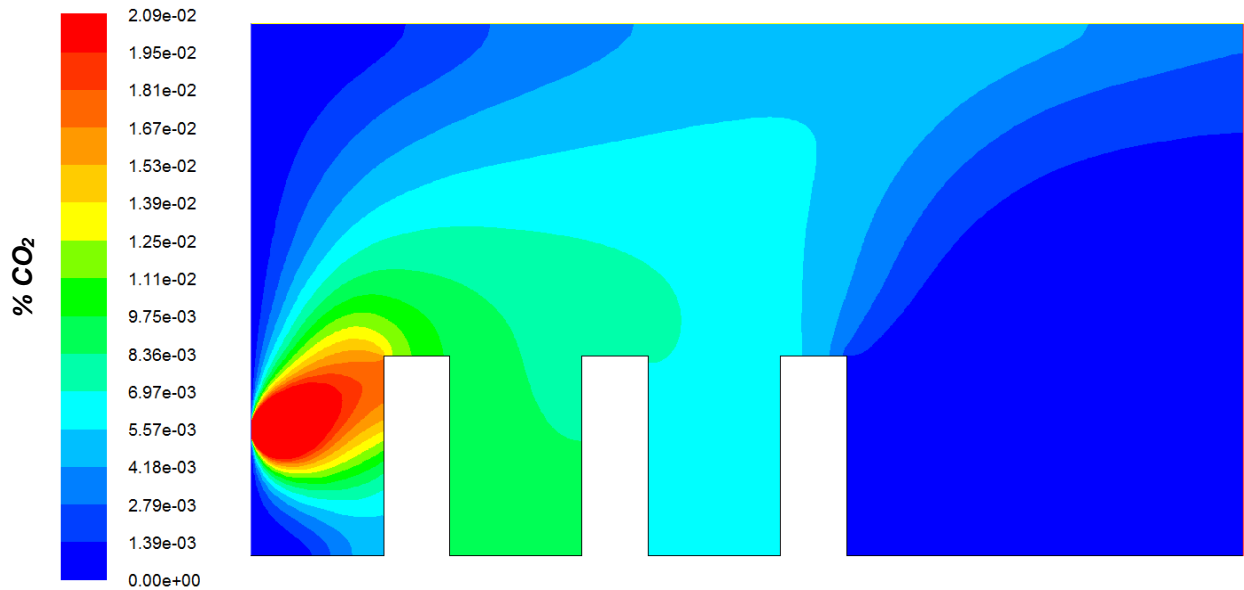


Figure IV.15 : Contours de la concentration du CO_2 au sein du domaine bidimensionnel à trois obstacles ($V_f = 2V_\infty$).

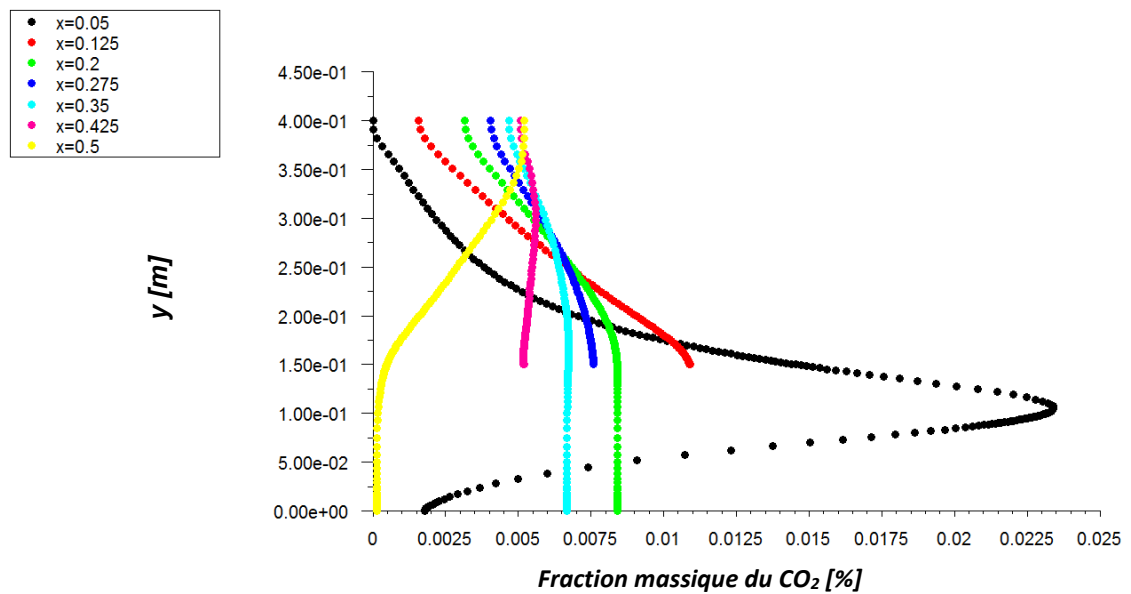


Figure IV.16 : Evolution suivant la direction verticale y de la concentration du CO_2 pour différentes abscisses x ($V_f = 2V_\infty$).

2.2.2 L'effet de l'orientation de la vitesse du vent sur la concentration du CO_2

Les isovaleurs de la fraction massique du dioxyde de carbone, pour $V_f = 2V_\infty$ et $\alpha = -30^\circ$, est présenté en figure IV.17. Pour ce cas, la distribution de la concentration du dioxyde de carbone, entre les trois obstacles, est homogène. A la partie frontale amont du premier obstacle, on note la plus grande valeur de cette concentration, par contre entre le troisième obstacle et la sortie du domaine d'étude, la valeur de cette dernière diminue

continuellement, où elle devient nulle à la sortie. Noter bien que le polluant, en grande partie, est diffusé vers le haut du domaine d'étude.

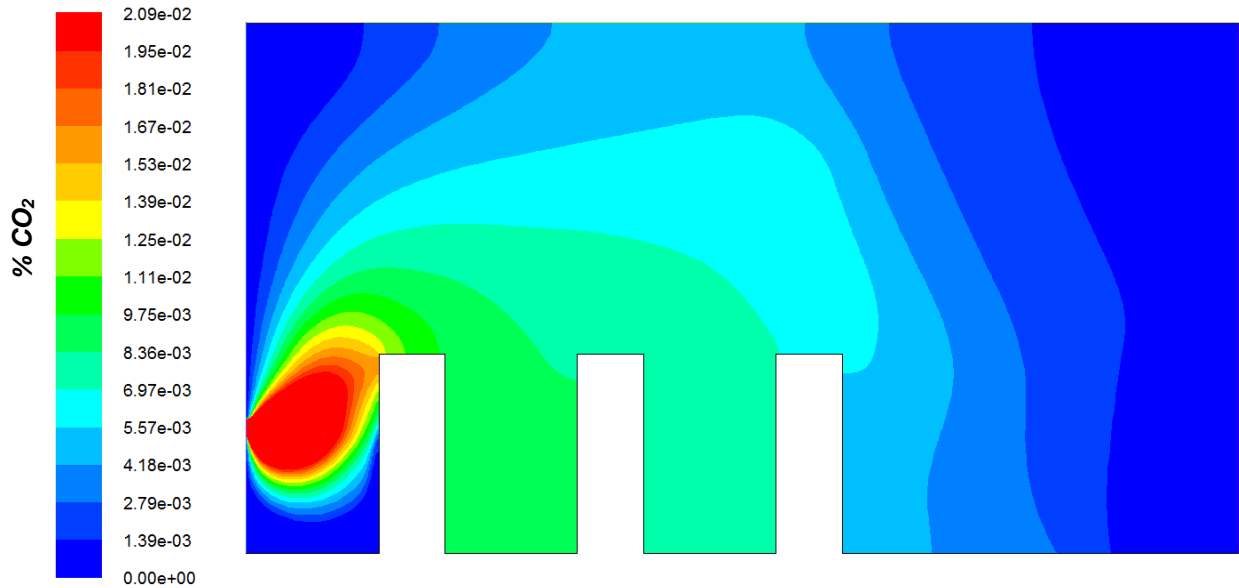


Figure IV.17 : Contours de la concentration du CO_2 au sein du domaine bidimensionnel à trois obstacles ($V_f = 2V_\infty$, $\alpha = -30^\circ$).

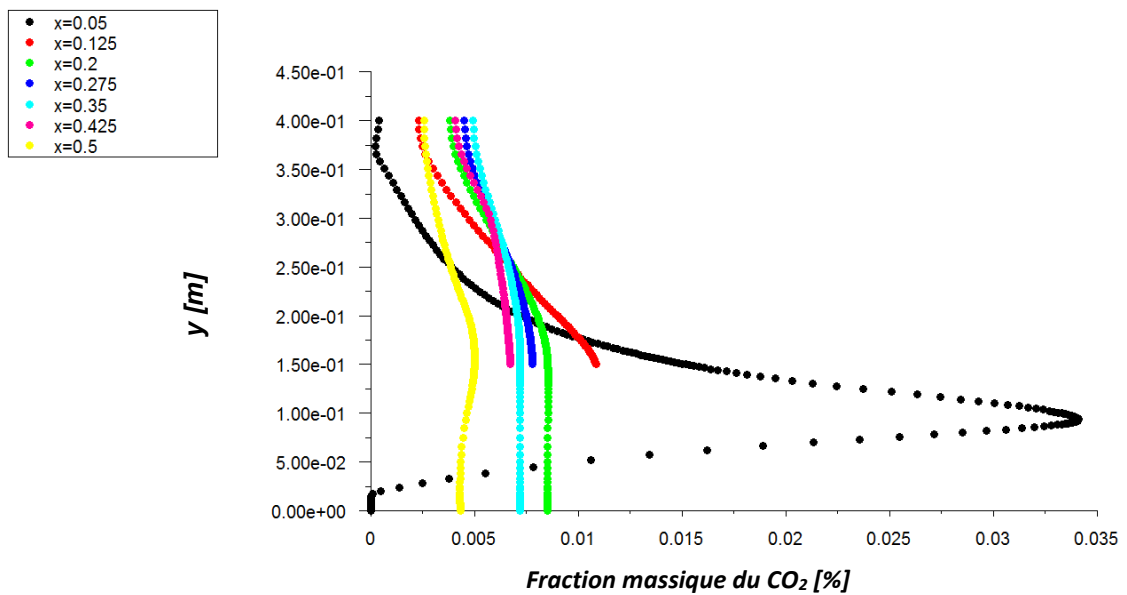


Figure IV.18 : Evolution suivant la direction verticale y de la concentration du CO_2 pour différentes abscisses x ($V_f = 2V_\infty$, $\alpha = -30^\circ$)

Dans la figure IV.18, nous montrons la variation verticale (suivant la direction y) de la concentration du CO_2 , pour différentes abscisses x ($x = 0.05, 0.125, 0.2, 0.275, 0.35, 0.425$, et 0.5 [m]). Pour $x = 0.05$ [m] et $y = 0.1$ [m], la concentration du CO_2 dans l'air est maximale, elle est égale à peu près à 3.5 %. Pour cette position le CO_2 est inexistant

au sol et pour $y > 0.375 [m]$. Entre les obstacles la distribution du CO_2 est presque homogène, dont la valeur est diminuée graduellement. Sur les toits des obstacles, la concentration est aussi diminuée graduellement dans le sens d'écoulement de l'air.

Pour le deuxième cas ($V_f = 2V_\infty$, $\alpha = 0^\circ$), les résultats concernant les contours des isovaleurs et la distribution verticale de la fraction massique du CO_2 , pour différentes abscisses x , sont déjà présentés et discutés dans le § 2.2.1 (voir figure IV.15 et IV.16).

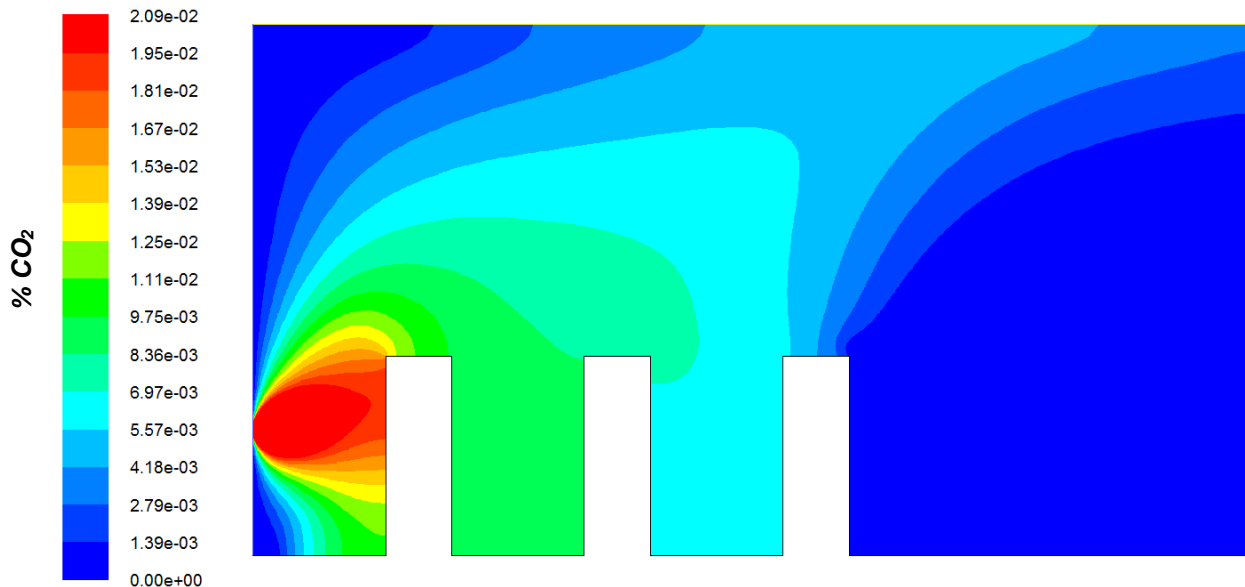


Figure IV.19 : Contours de la concentration du CO_2 au sein du domaine bidimensionnel à trois obstacles ($V_f = 2V_\infty$, $\alpha = 30^\circ$).

Concernant le dernier cas ($V_f = 2V_\infty$, $\alpha = 30^\circ$), les contours de la concentration du CO_2 est donnés en figure IV.19. Sur cette figure nous apercevons que le polluant couvre la totalité de la partie frontale du premier obstacle, où la concentration du polluant est maximale. Entre les obstacles, nous constatons que la distribution de la concentration est toujours homogène, où on a enregistré une valeur de 1 % entre l'obstacle un et l'obstacle deux, et une valeur de 0.65 % entre l'obstacle deux et le dernier obstacle. Derrière ce dernier le polluant est inexistant dans l'atmosphère, notamment près du sol.

Finalement la distribution de la concentration correspond à la situation indiquée dans la figure IV.19 ($V_f = 2V_\infty$, $\alpha = 30^\circ$), est mentionnée en figure IV.20. la comparaison de cette dernière figure avec la figure IV.18, nous permet de mettre les points suivants :

- La concentration du polluant est non nulle sur le sol, près de la partie frontale amont du premier obstacle ;
- La valeur maximale de la concentration est enregistrée dans cette zone, mais avec une valeur inférieure à celui obtenue dans la figure IV.18 ;
- Sur les toits des obstacles la diminution est toujours graduelle.

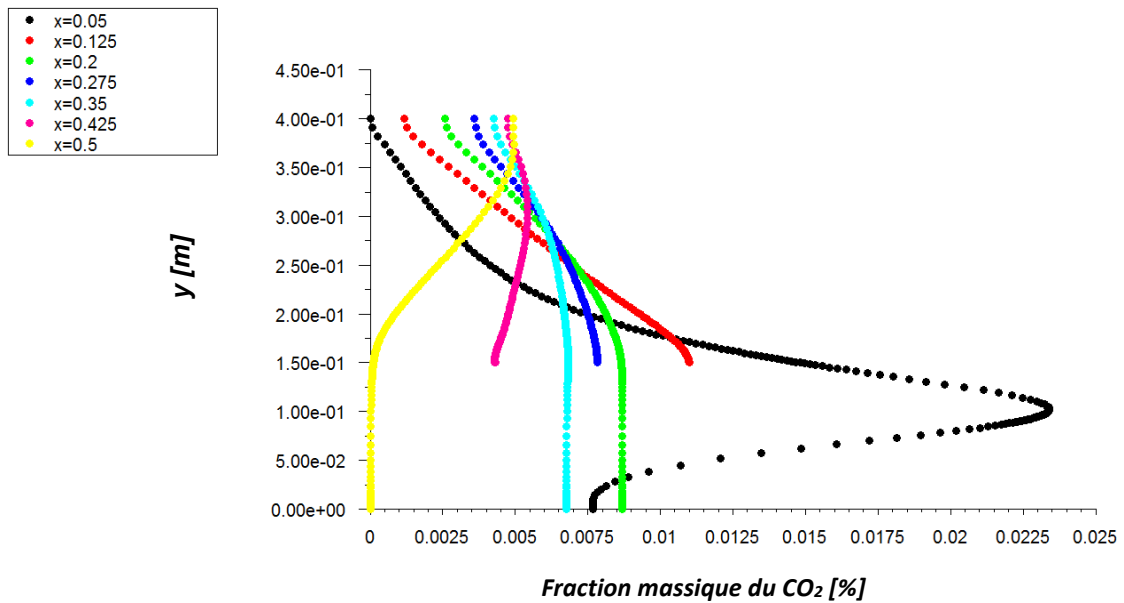


Figure IV.20 : Evolution suivant la direction verticale y de la concentration du CO_2 pour différentes abscisses x ($V_f = 2V_\infty$, $\alpha = 30^\circ$)

3 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre des résultats, en relation avec la dispersion d'un polluant, représenté par le dioxyde de carbone CO_2 , dans un domaine bidimensionnel à deux et trois obstacles. La première partie de ces résultats, concernant le domaine à deux obstacles, indiquant l'effet de la vitesse du vent et de leur intensité sur la concentration du CO_2 , notamment au sol et près des obstacles. Dans la deuxième partie, concernant le domaine à trois obstacles, on a étudié l'effet des mêmes paramètres sur le comportement du polluant dans l'air (atmosphère).

L'examen et la discussion de l'ensemble des résultats obtenus, nous permettent de mentionner les points suivants :

- Pour le domaine à deux obstacles, la concentration du polluant est maximale, sur le sol et au niveau des obstacles, si la vitesse d'éjection du polluant est supérieure à celui du vent, et pour une direction d'écoulement parallèle à celle du polluant ($\alpha = 0^\circ$) ;
- Concernant le domaine à trois obstacles, la pollution résultant de la cheminée est possède une concentration maximale, sur le sol et près des obstacles, si la vitesse d'éjection de ce polluant vaut le double de la vitesse du vent, et l'orientation de ce dernier fait un angle de 30° par rapport à la direction d'écoulement du polluant.