



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم  
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
Faculté des Sciences et de la Technologie



N° d'ordre : M2 ...../IP/2021

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

### *Thème*

**Mélanges contaminants des gaz dans un  
laboratoire**

Présenté par :

1. BACHEKAT FATIMA
2. RAHOU SARRA

*Soutenu le 17/07/2021 devant le jury composé de :*

Président : Pr. RETIEL Nouredine Université de Mostaganem UMAB  
Examineur : Dr. KHALDI Abdelaziz Université de Mostaganem UMAB  
Encadreur : Dr. OULD SAID Belkacem Université de Mostaganem UMAB

**Année Universitaire : 2020 / 2021**

## Remerciements

Nous remercions le bon Dieu **ALLAH** de nous avoir donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce travail.

Nous tenons à présenter nos remerciements à notre encadreur de mémoire de fin d'étude **Dr OULD SAID** pour ses précieux conseils et son orientation tout au long de notre recherche.

Mes remerciements vont également aux membres du jury le **Pr RETIEL** et **Dr KHALDI** qui ont bien voulu nous honorer par leur précieuses parmi nous, afin d'évaluer ce modeste travail.

Nos remerciements s'adressent aussi au **Mr Moussa** pour leurs aides.

Nos vifs remerciements vont également à tous les professeurs et enseignants de notre parcours licence et master.

Enfin, nos remerciements à nos chers parents pour leur soutien constant et leurs encouragements aussi à nos chères familles et nos amis proches.

## **Dédicaces**

Nous dédions ce modeste travail à :

Nos très chers parents.

Nos frères et sœurs.

Toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué d'une manière ou une autre à notre réussite scolaire et universitaire.

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو مقارنة تكوينين للتهوية في المختبر عن طريق المحاكاة العددية. يتم تجميع المعلمات المختلفة معًا ومناقشتها. يتم حل معادلات الحفظ للكتلة والزخم والتركيز التي تحاكي نقل الكتلة بالحمل الحراري في المختبر بطلاقة" وهو رمز تجاري يعتمد على طريقة الحجم المحدود. تحديد، باستخدام المحاكاة الرقمية، " CFD بواسطة برنامج كيفية خلط الهواء وأول أكسيد الكربون في المختبر الذي تم تجهيز مقاعد الاختبار الخاصة به بغطاء محرك، وإمداد الهواء النقي وإخلاء خليط الغاز من خلال فتحتين في السقف. يتكون العمل المطلوب من دراسة عدة سيناريوهات بهدف إيجاد التكوين الذي يضمن جودة الهواء ضمن المعايير ويتم تمثيل النتائج في شكل توزيع التركيز ويتم تحليل ومناقشة الخطوط الحالية داخل المختبر في حالة مستقرة

## Résumé

L'objectif de ce travail est la comparaison de deux configurations de ventilation dans un laboratoire par simulation numérique. Différents paramètres sont regroupés et discutés. Les équations de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de concentration qui simule le transfert de masse par convection dans un laboratoire est résolu par le logiciel CFD " fluent " qui est un code commercial basé sur la méthode des volumes finis. L'étudiant est consulté afin de déterminer à l'aide de la simulation numérique la façon dont l'air et le monoxyde de carbone se mélange dans un laboratoire dont les bancs d'essai sont munis d'une hotte d'extraction, l'alimentation en air frais et l'évacuation du mélange gazeux sont possibles via deux ouvertures au niveau du plafond. Le travail demandé consiste à étudier plusieurs scénarios dans le but de trouver la configuration qui garantit une qualité d'air dans les normes. Des résultats sont représentés sous forme de distribution de concentration et les lignes de courant au sein de laboratoire en régime stationnaire est analysée et discutée.

## Abstract

The objective of this work is the comparison of two ventilation configurations in a laboratory by numerical simulation. Different parameters are grouped together and discussed. The conservation equations for mass, momentum and concentration which simulates convective mass transfer in a laboratory is solved by "fluent" CFD software which is commercial code based on the finite volume method The student is consulted in order to determine, using digital simulation, how air and carbon monoxide mix in a laboratory whose test benches are fitted with a hood extraction, the supply of fresh air and the evacuation of the

gas mixture are possible via two openings in the ceiling. The required work consists of studying several scenarios with the aim of finding the configuration that guarantees an air quality within the standards. Results are represented in the form of concentration distribution and the current lines within the laboratory in steady state are analyzed and discussed.

**Table des matières**

Remerciement

Dédicace

ملخص

Résumé

Abstract

Sommaire

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Nomenclature

**INTRODUCTION GENERALE**

**CHAPITRE I : GENERALITES** ..... 4

I.1. Introduction..... 4

I.2. Le confort..... 4

I.3. La qualité de l'air intérieur..... 5

I.4. Pollution de l'air ..... 5

I.5. La Ventilation ..... 5

I.5.1. La Ventilation naturelle ..... 6

I.5.2. La Ventilation mécanique..... 6

I.5.3. L'extracteur d'air ..... 6

I.6. Chasser du monoxyde de carbone et les polluants ..... 7

I.7. Le monoxyde de carbone CO ..... 7

I.8. Réparer les sources de monoxyde de carbone ..... 7

I.9. Effets sur le facteur de santé ..... 8

I.10. Traitement de l'intoxication..... 9

**CHAPITRE II : ETUDE BIBLIOGRAPHIE**

II.1. Recherche bibliographique ..... 10

**CHAPITRE III : Modélisation mathématique et méthodologie**

III.1. Introduction ..... 13

III.2. Transfert de masse.....	13
III.2. Equation de la diffusion de masse.....	13
III.3. Description du problème .....	14
III.4. Formulation Mathématique .....	15
III.4.1. Equation de continuité.....	15
III.4.2. Equation de quantité de mouvement .....	15
III.4.3. Equation de la conservation de concentration.....	16
III.4.4. Modèles de turbulence .....	16
III.4.5. Les Condition aux limites .....	17
III.5. Méthode des volumes finis.....	17
III.6. Notion et choix de maillage .....	17
III.7.Définition des frontières.....	18
III.8.Résolution par Fluent .....	18
III.8.1. Présentation du code de calcul .....	18
III.8.2. Le préprocesseur Workbench.....	18
III.8.3. Le solveur ANSYS-Fluent 19.2 .....	18
III.8.4. Le post-processeur.....	19
III.9. Conclusion.....	19
 <b>CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION</b>	
IV.1. Introduction.....	20
IV.2. Domaine d'étude.....	20
IV.3. Validation.....	20
IV.4. Résultats obtenus.....	21
IV.4.1. Cas de ventilation sans extraction.....	21
IV.4.2. Cas de ventilation avec extraction .....	23
IV.4.3. Conclusion .....	25
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>26</b>
 <b>Références bibliographiques</b>	

## LISTES DES FUGIURES

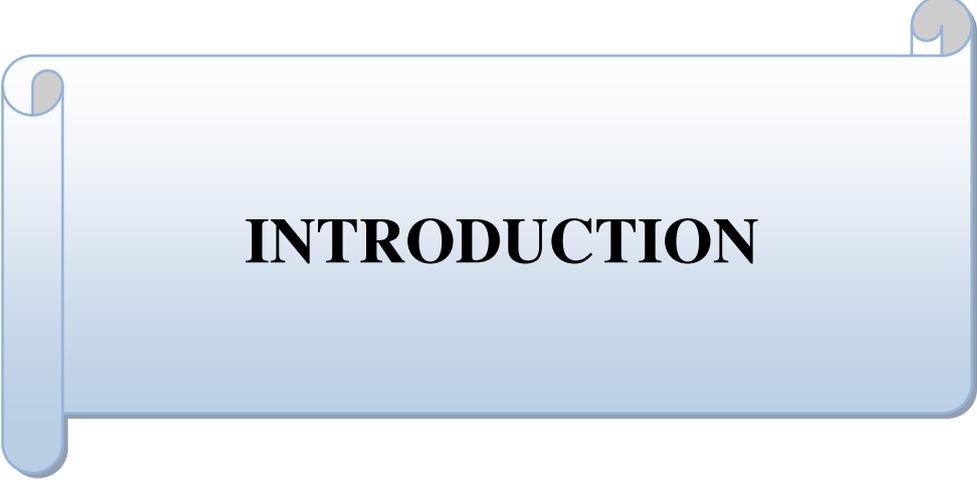
<b>Figure. I.1 :</b> le risque d'intoxication au monoxyde de carbone	7
<b>Figure.I.2:</b> Les sources de monoxyde carbone	8
<b>Figure III.1 :</b> Modèle Physique	14
<b>Figure. IV.2.a.</b> Les lignes de courants et les iso-concentration	22
<b>Figure. IV.2.b.</b> Les lignes de courants et les iso-concentration	23
<b>Figure. IV.3.</b> Les lignes de courants et les iso-concentration	24

## LISTES DES TABLEAUX

<b>Tableau II.1. 1</b> Polluants typiques : de l'air intérieur et leurs sources et causes correspondantes	10
<b>Tableau I.1.</b> Conditions limites bidimensionnelle dans le cas d'un laboratoire avec la présence d'une source de concentration.	17

## Nomenclature

CFD	code de dynamique des fluides numérique
CO	Le monoxyde de carbone
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
COSV	les composés organiques semi-volatils
COV	les composés organiques volatils
COVT	les composés organiques volatils totaux
D	le coefficient de diffusion
DAO	un logiciel de dessin Assisté par Ordinateur
EDP	les équations aux dérivées partielles
NH <sub>3</sub>	L'ammoniac
NO <sub>x</sub>	Oxyde d'azote
O <sub>2</sub>	L'oxygène
O <sub>3</sub>	L'ozone
QAI	La qualité d'air intérieur
SO <sub>2</sub>	Dioxyde de soufre
VMC	Ventilation mécanique contrôlée
VMP	Ventilation mécanique ponctuelle
U, V	les composantes du champ de vitesse
X, Y	les axes



# **INTRODUCTION**

### **I.1 Étude de fond**

La qualité de l'air intérieur est l'une des préoccupations environnementales majeures puisque les gens passent environ 90 % de leur temps quotidiennement à l'intérieur des endroits de travail et des lieux d'habitat. À l'heure actuelle, la plupart des personnes il reste plus de 8 heures dans leur lieu de travail.

Les contaminants atmosphériques tels que CO proviennent de sources mobiles (gaz brûlé). Sur la base des études précédentes, les niveaux de concentration de CO, dépassé les valeurs limites de la directive de l'Organisation mondiale de la santé .Dans la majorité des heures de travail, et des endroits d'habitats, les conditions météorologiques, le réglage de la ventilation, le système de ventilation, les gaz brûlé sont les facteurs qui influencent les contaminants de l'air.

### **I.2. Particules par rapport à la santé**

Le niveau de concentration à l'intérieur de ces endroits fermés menace la santé du l'homme à court et à long terme. La concentration de contaminants atmosphériques est responsable d'un large éventail de conséquences sur la santé telles que les maux de tête, l'irritation des yeux, le cancer du poumon, les maladies cardiovasculaires, la tuberculose, l'asthme et la transmission aérienne (syndrome respiratoire aigu sévère et grippe aviaire et porcine).

La qualité fait référence à l'effet du contenu de l'air à l'intérieur d'un environnement clos, une bonne qualité de l'air qui ne contient aucun contaminant indésirable ou une mauvaise qualité se produit lorsque les contaminants sont présents en concentrations excessives. La connaissance du niveau de concentration des contaminants atmosphériques est très importante pour éviter l'inhalation des personnes. Les systèmes de ventilation doivent être utilisés dans ces endroits publics. Plusieurs facteurs affectent les performances du système de ventilation telle que la vitesse de soufflage, la température de soufflage, la disposition des diffuseurs de soufflage et la disposition des grilles de reprise d'air.

Trois types de système de ventilation ont été largement utilisés dans un environnement clos tels que la ventilation mixte, la ventilation par déplacement et la distribution d'air par le sol.

Le système de ventilation des bus est très important afin de réduire le niveau de concentration des contaminants atmosphériques. À l'heure actuelle, les travaux de recherche sur la réduction des contaminants de l'air à l'intérieur de l'habitacle des bus sont limités, en particulier en utilisant un logiciel de dynamique des fluides numérique (CFD). Le

logiciel CFD offre une plate-forme alternative qui est plus pratique que la pratique expérimentale pour prédire le contaminant de l'air intérieur dans diverses applications. Par conséquent, questionnaire sur les contaminants de l'air intérieur à l'aide d'un code CFD est nécessaire pour trouver une conception de système de ventilation appropriée qui réduirait le niveau de contaminants de l'air à l'intérieur.

### **I.3. Énoncé du problème**

Le système de ventilation actuel dans des locaux n'est pas capable de réduire les contaminants de l'air. Cela est dû à des dispositions incorrectes du système de ventilation telles que les diffuseurs d'alimentation en air. Dans les espaces publics, le niveau de concentration des contaminants atmosphériques tels que les gaz et les particules dépassait le confins de seuil fixée par la directive de l'Organisation mondiale de la santé en raison d'une mauvaise disposition du système de ventilation. La concentration excessive de contaminants gazeux et particulaires pourrait affecter la santé des personnes lors de la vie quotidienne.

Par conséquent, les systèmes de ventilation doivent être repensés pour réduire le niveau de contaminants atmosphériques. Une simulation numérique su l'aide du code Ansys-Fluent CFD a été réalisée pour quantifier les concentrations à l'intérieur de ces endroits. Le modèle de simulation CFD est de prédire le niveau de concentration des contaminants atmosphériques à l'intérieur. Différents système de ventilation ont été considérés pour la distribution d'air.

### **I.4. Objectifs de l'étude**

Trois objectifs ont été développés pour atteindre le but de cette étude. Les objectifs suivants sont les suivants :

1. quantifier le niveau de concentration de contaminants dans l'air intérieur dans des locaux fermés.
2. Examiner les effets de la conception actuelle du système de ventilation (cas de référence) sur le niveau de concentration des contaminants grâce à l'utilisation de la méthode CFD.
3. Établir une conception de système de ventilation appropriée pour réduire le niveau de concentration de contaminants dans l'air intérieur dans endroits publics fermés.

### **I.5. Portées de l'étude**

La portée de cette étude est basée sur la simulation numérique CFD. Dans cette étude, la porte est ouverte lors de la quantification de la concentration de contaminants atmosphériques à l'intérieur de ces endroits fermés.

Le logiciel Ansys-Fluent (R-19) a été utilisé pour développer un modèle deux dimensionnel. Le modèle CFD a été maillé en utilisant les éléments tétraédriques. Dans cette étude, la condition aux limites des contaminants de l'air a été prescrite à la porte uniquement en raison des contaminants de l'air extérieur entré dans des locaux fermés. La chambre est supposé propre et sans contaminants atmosphériques. plusieurs types d'analyse du flux d'air, à savoir le modèle turbulent k- $\epsilon$ , le modèle de transport des espèces et le modèle à phases discrètes, ont été utilisés pour prédire la distribution du flux d'air et des contaminants atmosphériques. Différents types de conception de système de ventilation ont été considérés à savoir une ventilation par déplacement avec des grilles de reprise d'air.

### **I.6. Importance de l'étude**

Comprendre le lien entre la conception du système de ventilation et l'air la concentration de contaminants peut aider à réduire le niveau d'air concentration contaminants à l'intérieur d'un local fermé. La réduction de la concentration de contaminants atmosphériques améliore la qualité de l'air à l'intérieur du compartiment et prévient les maladies de l'air intérieur pour les personnes.

Notre mémoire est composé par les chapitres suivants :Le chapitre

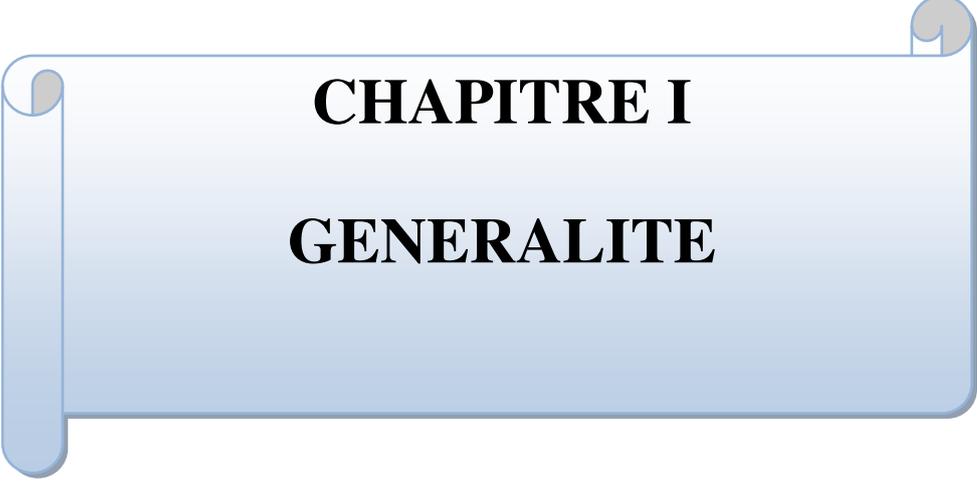
1 présente une généralité sur l'air intérieur

Dans le chapitre 2, une revue de l'étude bibliographique de notre travail qui sera présentée des travaux de la simulation numérique sur la concentration de contaminants atmosphériques dans un environnement clos est présentée. Différents types de contaminants atmosphériques, à savoir une source de fuite de gaz, sont étudiés.

Le chapitre 3 comportera un modèle mathématique et la méthodologie de cette étude, qui est basée sur l'analyse de simulation CFD. Ainsi les mesures sont utilisées pour des conditions aux limites dans le modèle CFD.

Dans le chapitre 4, des résultats de la simulation CFD sur la concentration des contaminants atmosphériques sont présentés. Les niveaux de concentration de contaminants atmosphériques sont discutés dans la section proposée. Une analyse paramétrique des différents cas de conception des systèmes de ventilation est présentée dans ce chapitre. Des différentes positions de ventilation qui a été obtenue à partir de l'analyse paramétrique ont été discutées en fonction du débit d'air et des contaminants de l'air.

Finalement, notre travail se termine par une conclusion générale qui regroupe le bilan de cette étude.



**CHAPITRE I**  
**GENERALITE**

### **I.1. Introduction**

La qualité de l'air à l'intérieur des locaux est parfois moins bonne qu'à l'extérieur. Cette pollution intérieure concerne les lieux de vie clos ou semi-clos (habitations, bureaux, espaces de loisir, gare...). Il faut noter que la majorité des citoyens passe entre 80 et 90% de son temps à l'intérieur de locaux, ce qui peut représenter une cause majeure d'exposition aux polluants de l'air.

Le phénomène de pollution de l'air intérieur s'est amplifié ces dernières décennies par l'utilisation croissante de matériaux synthétiques et de produits chimiques à usage domestique, ainsi que par des systèmes de ventilation prenant mal en compte la question.

Ainsi, l'air respiré à l'intérieur des locaux peut avoir des effets sur le confort et la santé qui peuvent aller de la simple gêne (odeurs, somnolence, irritation des yeux et de la peau) jusqu'à l'aggravation ou le développement de pathologies (allergies respiratoires...). Cependant, les effets de la pollution intérieure sur la santé ne sont que partiellement connus.

### **I.2. Le confort**

Le confort dans l'habitat est une sensation de bien être ressentie par un être vivant. De plus, cette sensation varie d'une saison à l'autre. Néanmoins, tout le monde s'accorde généralement sur les conditions qui offrent cette sensation de bien-être au quotidien.

Tout d'abord, en été, il faut maintenir la fraîcheur dans les maisons, et donc l'inertie des murs, est la source d'intérêt de chacun. En effet, l'objectif est d'éviter l'utilisation de la climatisation coûteuse qui affecte négativement l'environnement. Ensuite, en hiver, un niveau faible d'humidité relative et la stabilité de la température sont importantes. À cela s'ajoute l'idée de qualité de l'air qui souvent pollué à l'intérieur.

Une mauvaise qualité de l'air à l'intérieur. Peut causer un inconfort, et en plus de divers problèmes. Parmi ces problèmes se trouve le confort du système respiratoire qui est un enjeu important pour le bien-être et la santé des occupants. Ainsi dans les maisons, et dans les locaux à haute performance énergétique très bien isolés en particulier, il faut prévoir un système de ventilation qui garante une bonne qualité de l'air, tant en termes de concentration de polluants que d'humidité relative.

### **I.3. La qualité de l'air intérieur**

La qualité de l'air l'intérieur est une question de confort car L'air que nous respirons n'est pas toujours de bonne qualité.

La bonne qualité d'air intérieur traduit par la ventilation est importante pour la santé humaine La ventilation et la réduction des pollutions sont les deux garants d'une bonne respiration et d'une bonne santé.

### **I.4. Pollution de l'air**

L'air que nous respirons chaque jour dans notre maison peut être pollué et malsain, bien qu'on en sente ni voit son aspect, la pollution de l'air est un ensemble de gaz et de particules en suspension présents dans l'air (intérieur et extérieur).

La pollution de l'air intérieur peut avoir des effets néfastes sur la santé des habitants c'est pourquoi il est essentiel de pouvoir évaluer la qualité de l'air à l'intérieur de la maison, afin de placer les dispositifs adaptés au traitement de l'air.

### **I.5. La Ventilation**

Pour évacuer ces polluants de l'air et assurer une bonne qualité de l'air pour notre confort respiratoire et notre santé, il est nécessaire de ventiler les locaux dans lesquels nous vivons.

La ventilation de la maison permet de renouveler l'air intérieur grâce à divers moyens. Parfois, l'air qui circule dans un logement est plus pollué que l'air extérieur, il est donc nécessaire de le renouveler. Que ce soit pour chasser l'air vicié, évacuer les polluants ou pour réguler l'humidité, la ventilation de la maison est primordiale. Découvrons ensemble pourquoi la ventilation d'un logement ne doit pas être négligée et quels sont les différents moyens existants pour ventiler votre intérieur.

La ventilation c'est une stratégie passive, sans moyen mécanique, de maintenir un environnement intérieur confortable. Les systèmes de ventilation doivent satisfaire des exigences de confort, d'hygiène et respect de l'environnement et d'économie d'énergie. Elle est au service de ces trois fonctions principales. Face à la multitude de polluants de l'air intérieur, la ventilation a d'abord un rôle hygiénique qui consiste à maintenir une bonne qualité de l'air intérieur.

Pour atteindre les débits d'air et les renouvellements d'air prévus par les normes ou ceux nécessaires afin de garantir le confort respiratoire et la santé des occupants et du locaux, un système de ventilation hygiénique de base doit prévoir :

- + une amenée d'air frais dans les locaux dits "secs" : bureaux, salle de réunion, salle de séjour, chambre...
- + une évacuation de l'air vicié et humide dans les locaux dits "humides" : sanitaires, vestiaires, cuisine, salle de bain...
- + un transfert de l'air des locaux secs aux locaux humides
- + une gestion efficace pour garantir les débits voulus tout en limitant les pertes énergétiques

Les locaux où l'air doit être fourni doivent donc disposer d'une alimentation en air et ceux où l'air doit être enlevé, d'une extraction. Celles-ci peuvent être naturelles (simple ouverture vers l'extérieur) ou mécanique (équipée d'un ventilateur).

### **I.5.1. La Ventilation naturelle**

La ventilation naturelle est un moyen de renouveler l'air de la maison de manière économique. Grâce à des bouches d'aération placées à des endroits stratégiques, l'air frais de l'extérieur entre dans la maison et renouvelle l'air ambiant. Bien que cela soit économique, ce type de ventilation pour la maison peut tout de même induire des déperditions énergétiques. Pour éviter cela, il est préférable d'installer un autre moyen de ventilation. Toutefois, cela reste une méthode efficace pour renouveler l'air intérieur.

### **I.5.2. La Ventilation mécanique**

L'air frais est aspiré par des ventilateurs électriques et amené dans les locaux secs au moyen de conduits et de bouches d'insufflation. Ce type de ventilation n'est pas approfondi.

La ventilation mécanique contrôlée, ou VMC, est un système de ventilation pour la maison qui reste la méthode la plus efficace pour renouveler l'air intérieur. La réglementation thermique 2012 (RT 2012) a rendu obligatoire la VMC pour la construction des maisons. En plus d'assurer une bonne ventilation de la maison, elle vient compenser l'étanchéité des portes et fenêtres en matériaux autres que le bois (PVC, alu...) et des doubles vitrages. En effet, dans les maisons anciennes, le simple vitrage des fenêtres en bois laissait passer l'air. Aujourd'hui, ce n'est plus le cas.

### **I.5.3. L'extracteur d'air**

Aussi appelé ventilation mécanique ponctuelle (VMP), l'extracteur d'air est un autre moyen de ventilation de la maison. Électrique, ce système crée une dépression dans la pièce où il est

installé. L'air neuf venant de l'extérieur entre par des bouches d'aération situées près du sol, tandis que l'air pollué ou vicié est évacué par l'extracteur d'air situé en hauteur.

### **I.6. Chasser du monoxyde de carbone et les polluants**

La respiration de chaque membre du foyer, les fumées dégagées par la cheminée, les vapeurs de cuisson... On ne s'en rend pas compte, mais tout cela pollue l'air ambiant. L'utilisation massive des bombes aérosol est aussi un facteur aggravant de la pollution intérieure. Tout ceci cumulé peut rendre l'air irrespirable et mauvais pour la santé. À forte dose, le monoxyde de carbone devient dangereux et peut entraîner des intoxications provoquant la mort. Le seul moyen de s'en débarrasser est de ventiler l'intérieur.

### **I.7. Le monoxyde de carbone CO**

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz asphyxiant, inodore, invisible, non irritant, toxique, et mortel parfois en moins d'une heure, se fixe au lieu de l'oxygène, à l'hémoglobine dans le sang il en résulte une diminution de l'oxygène cellulaire nocive pour le système nerveux central et aussi elle provoque des maladies respiratoires chroniques.



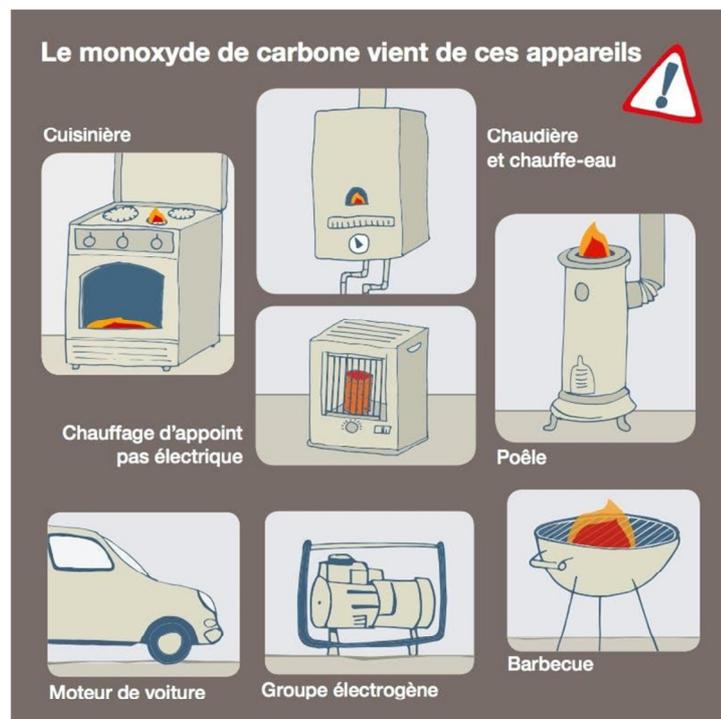
**Figure. I.1 :** le risque d'intoxication au monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone (CO) provoque chaque année plusieurs centaines d'intoxications qui peuvent être mortelles.

### **I.8. Réparer les sources de monoxyde de carbone**

Plusieurs types d'appareils et de véhicules peuvent dégager du monoxyde de carbone et causer des intoxications :

- ❖ les appareils de chauffage non électrique comme les fournaies au mazout, les foyers au bois, les poêles à combustion lente ou les chauffeuses au propane;
- ❖ les véhicules à moteur à combustion comme les automobiles, les motoneiges, les bateaux ou les véhicules tout-terrain;
- ❖ les appareils fonctionnant au gaz naturel ou au propane comme les cuisinières au gaz naturel, les réfrigérateurs au propane ou les chauffe-eau au propane;
- ❖ les outils et appareils fonctionnant à l'essence comme les tondeuses, les scies ou les génératrices;
- ❖ les appareils de plein-air comme les barbecues, les lampes à l'huile ou les réchauds.



**Figure.I.2:** Les sources de monoxyde carbone.

L'utilisation de ces appareils et de ces véhicules ne présente généralement pas de danger pour votre santé, mais ils peuvent causer une intoxication au monoxyde de carbone.

### **I.9. Effets sur le facteur de santé**

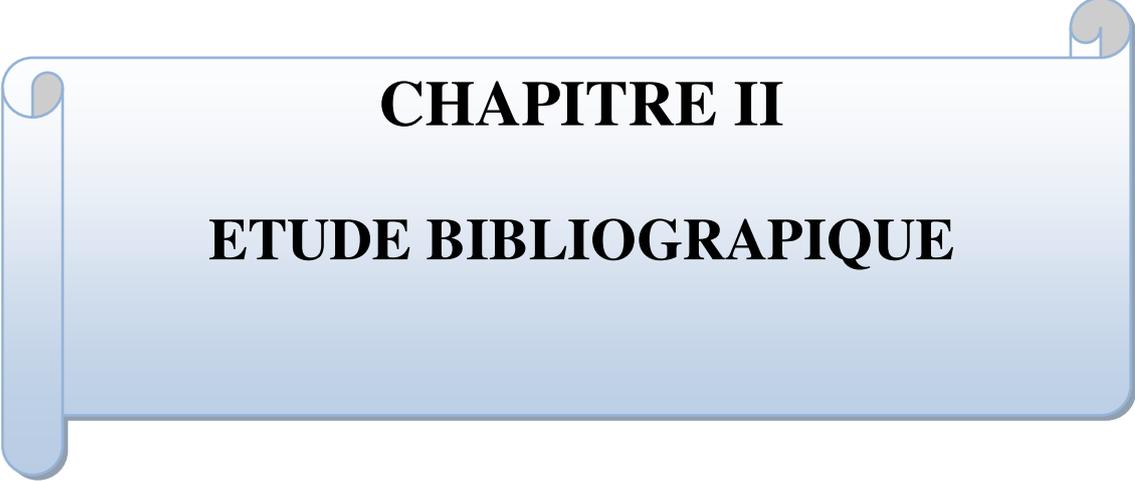
Le CO se fixe de façon irréversible à la place d'O<sub>2</sub> sur l'hémoglobine du sang, bloquant ainsi le transport de l'oxygène dans le corps humain. Le système nerveux central et les organes sensoriels sont les premiers affectés. Les intoxications sont plus ou moins grandes en fonction de

la durée d'exposition et de la quantité inhalée. Une faible exposition au CO peut entraîner des maux de tête et des nausées. A une exposition importante, il peut être à l'origine d'une intoxication provoquant des vomissements, des évanouissements, des convulsions, laisser des séquelles neurologiques irréversibles et causer la mort lors d'exposition prolongée. Des effets sont également observés suite à des expositions prolongées à des taux plus faibles. Chez les personnes en bonne santé on peut observer une diminution des capacités physiques et intellectuelles, une baisse de la perception visuelle, et une perte de motricité.

### **I.10. Traitement de l'intoxication**

Pour éviter les intoxications, des gestes simples existent :

- ✓ veillez toute l'année à une bonne aération et ventilation de votre logement,
- ✓ Faites toujours installer vos appareils de chauffage et vos chauffe-eau par un installateur agréé.
- ✓ Tous les appareils doivent être raccordés à une cheminée ou doivent être équipés d'une évacuation directe vers l'extérieur.
- ✓ Plusieurs appareils ne peuvent être raccordés à une même cheminée.
- ✓ Faites régulièrement vérifier et nettoyer vos cheminées et vos appareils de chauffage (1 fois par an).
- ✓ Ne dormez jamais dans une pièce où brûle un chauffe-eau ni dans une pièce où fonctionne un appareil de chauffage mobile, au gaz ou au pétrole.
- ✓ Veillez à ce que la cheminée tire bien, car si les gaz de combustion ne peuvent s'échapper, le CO est refoulé dans la pièce.



## **CHAPITRE II**

### **ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

**II.1. Recherche bibliographique :**

Les enveloppes des bâtiments séparent les occupants du milieu externe, ce qui fait des polluants intérieurs, tels que les particules, les gaz inorganiques, les composés organiques volatils (COV), les composés organiques semi-volatils (COSV), les moisissures et les composés radioactifs (tels que résumés dans le tableau 1), plus faciles à s'accumuler. Certains polluants présents à l'intérieur peuvent produire des odeurs ou causer des irritations, alors que beaucoup peuvent avoir des effets chroniques ou aigus sur la santé des occupants par inhalation, voie cutanée...etc.

**Tableau II.1. 1** Polluants typiques : de l'air intérieur et leurs sources et causes correspondantes.

Catégorie des polluants	Exemples de substance	Sources/Causes
Gaz inorganiques	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , O <sub>3</sub>	Métabolisme, processus de combustion; émissions dues au trafic ; réaction avec des composés organiques, etc.
Gaz organiques	Les composés organiques volatils; composants organique semi-volatils	Matériaux de construction et les produits de consommation; solvants; cosmétiques, etc.
Particules non biologiques	Fumée et poussière; PM <sub>2,5</sub> ; PM <sub>10</sub>	Combustion; sources industrielles ; particules en suspension dans l'air, etc.
Particules biologiques	Acariens; moisissures; pollen; bactéries et organismes	Généralement d'origine naturelle.

Différemment des autres technologies disponibles pour la purification de l'air, la ventilation sert de moyen de base pour diluer partiellement les polluants, principalement en phase gazeuse, et de maintenir un espace habitable pour les êtres humains.

De plus, l'un des éléments clés de l'utilisation de la ventilation pour améliorer la qualité de l'air intérieur (QAI) consiste à déterminer un taux de ventilation adéquat de manière standardisée à une échelle plus large. En un sens, la ventilation adéquate nécessaire peut être interprétée comme le taux minimum recommandé de ventilation pour divers bâtiments tel que spécifié dans les publications faisant référence, normes, codes du bâtiment ou même législation, et ce taux de ventilation est généralement assuré par des systèmes de ventilation mécanique.

Dans la société moderne, l'exposition aux composés d'intérieur est presque inévitable quel que soit l'endroit où les gens vivent [1]. La question posée sur les polluants intérieurs devrait être de savoir si les gens sont exposés à des niveaux de polluants supérieurs aux critères de santé, et le taux de ventilation minimum correspondant doit être suffisamment adéquat pour minimiser les effets sur la santé que les polluants de l'air intérieur peuvent poser.

En général, comme résumé par [2], les données épidémiologiques disponibles montrent que des taux de ventilation plus élevés réduisent les effets sur la santé et qu'il existe des taux de ventilation minimum au-dessus duquel certains effets aigus sur la santé peuvent être évités (les données sur les effets chroniques sur la santé sont encore rares).

Le taux de ventilation doit être basé sur l'intensité des sources polluantes présentes à l'intérieur. Par conséquent, les polluants de l'air intérieur qui ont des concentrations malsaines peuvent être considérés comme déterminants. Au sens large, les facteurs prépondérants du taux de ventilation incluent la température, l'humidité, les émissions des occupants et des matériaux intérieurs, des meubles et processus de travail [3].

De nombreux polluants de l'air intérieur, par exemple, le formaldéhyde, les COV, les composés organiques volatils totaux (COVT), les COSV et les particules ont été discutés et proposés comme déterminants potentiels pour la ventilation [4].

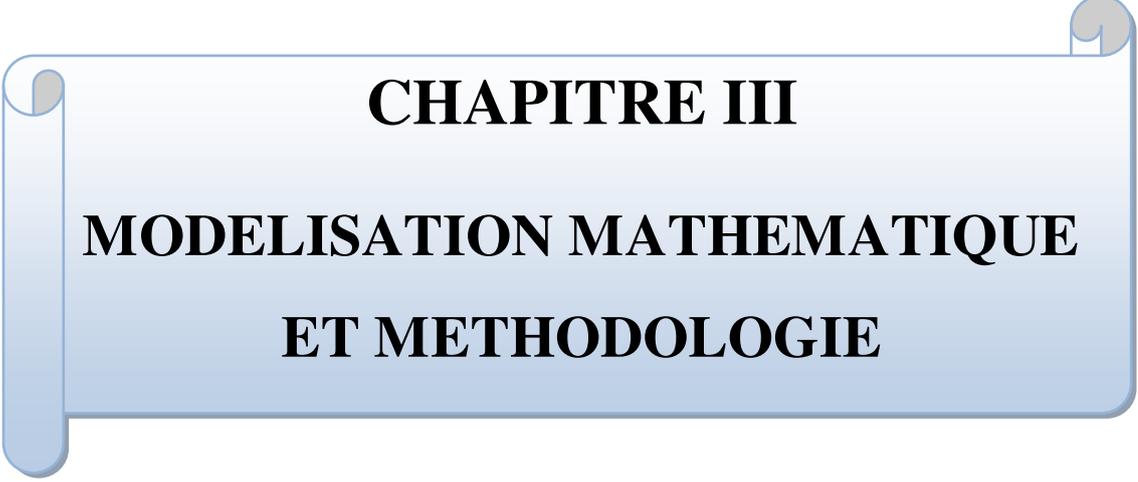
L'étude accomplie par [5] se base sur la simulation des grandes structures de la turbulence (LES) pour prédire les écoulements turbulents tridimensionnels et transitoires avec un modèle lagrangien pour calculer les trajectoires des particules dans une pièce. Le mouvement de trois types différents de particules solides dans un milieu isotrope est calculé. En comparant les résultats obtenus avec les données expérimentales de la littérature, la méthode de calcul utilisée lors de cette simulation s'avère efficace pour prédire le flux d'air et les trajectoires des particules. Ce modèle lagrangien est ensuite appliqué à l'étude de la dispersion des particules dans une cavité ventilée à géométrie simplifiée pour deux scénarios de ventilation.

L'étude menée par [6] consiste en la simulation numérique avec une méthode lagrangienne de suivi des particules afin de prédire la dispersion de ses dernières et la distribution de la concentration dans des locaux ventilés. Étant donné que la méthode lagrangienne pourrait générer une importante incertitude dans les calculs de la concentration de particules, ce travail a d'abord examiné cette incertitude en utilisant une approche statistique. Il a été constaté que la stabilité de la solution de concentration est devenue bien contrôlée car un nombre suffisant de particules a été analysé. Bien que le coût de calcul global soit considérable, les résultats numériques concordent bien avec les données expérimentales.

Dans tous les cas étudiés, la distribution granulométrique était mono-disperse et le diamètre des particules variait de 0,31 à 4,5  $\mu\text{m}$ . Le taux de dépôt des particules a été négligé et les particules n'ont donc été éliminées que par le système de ventilation. Ainsi les performances d'élimination des particules pour différents systèmes de ventilation peuvent être évaluées. Trois systèmes de ventilation ont été étudiés, comprenant des systèmes d'alimentation au plafond et sur les parois latérales et un système de distribution d'air par le sol. Il a été établi que le dernier système avait une meilleure performance d'élimination des particules que les systèmes d'alimentation de plafond et de paroi latérale.

La ventilation contrôlée peut être un élément clé pour améliorer la qualité de l'air intérieur. L'objectif principal pour [7] est d'examiner les résultats de mesure de plusieurs polluants atmosphériques pouvant exister à l'intérieur d'un bâtiment universitaire, notamment le  $\text{CO}_2$ , les composés organiques volatils, le formaldéhyde, le benzène, le CO, les  $\text{PM}_{2.5}$  (particules en suspension) au cours de trois campagnes de mesure (mars 2017, mai 2017 et octobre-novembre 2017) via un capteur intelligent spécialement conçu. De même, certains facteurs pour évaluer le confort tels que l'humidité relative et la température de l'air ambiant ont été examinés. Le  $\text{CO}_2$  s'est avéré plus élevé pendant les périodes d'occupation avec des concentrations supérieures à 2000 ppm lors de la première campagne. En conséquence, les occupants se sont sentis mal à l'aise. L'analyse des résultats de l'enquête concernant la température de l'air intérieur a montré que 80 % des occupants trouvaient la température pendant les périodes scolaires inconfortable. De plus, l'indice de confinement de l'air était extrêmement élevé. Les résultats seront utiles pour l'élaboration de futures normes sur la qualité de l'air intérieur, la conception de la ventilation et la satisfaction des occupants des bâtiments.

Une étude sur l'influence des taux de ventilation sur la QAI pour une enceinte ventilée [8]. Dans la présente étude, la simulation numérique a été utilisée avec le modèle de turbulence  $k - \varepsilon$  à faible nombre de Reynolds (vérifié par des expériences), les effets de flottabilité sont pris en considération en raison de la variation de la densité. Les auteurs ont constaté qu'en augmentant les taux de ventilation, l'impact sur la concentration des polluants intérieurs était considérable en raison de l'augmentation des effets de la diffusion turbulente.



**CHAPITRE III**

**MODELISATION MATHEMATIQUE  
ET METHODOLOGIE**

### III.1. Introduction

Le monoxyde de carbone est le résultat de deux atomes un atome d'oxygène O et un atome de carbone C, le mono oxyde carbone CO c'est un gaz indétectable, un peu plus léger que l'air. Sa densité est de 0,968 alors que celle de l'air est de 1. Cette différence est en pratique négligeable, le mélange avec l'air est facile puisque les deux gaz ont une densité proche.

### III.2. Transfert de masse :

Transfert de masse en dit aussi transfert de matière : Pour lequel la grandeur transférée est la matière (Concentration massique), ce transfert s'effectue entre deux zones où règnent des concentrations massiques différentes, il se fait toujours de la concentration plus élevée vers la concentration la plus faible.

Le phénomène de transfert de masse par diffusion opère dès qu'il y a une différence de concentration. C'est un phénomène spontané, irréversible et incontournable (phénomène dispersif) conduisant à un équilibre.

L'absorption du monoxyde de carbone se fait exclusivement par les voies respiratoires. Ce dernier il diffuse très rapidement.

Les mouvements de convection sont l'ensemble des mouvements internes générés dans une masse fluide (liquide ou gaz). Ces mouvements peuvent notamment être dus aux différences de température ou aux différences de densité en divers points de la masse, on peut distinguer trois types de convection :

La convection forcé est due à la mise en mouvement du fluide par une action extérieure comme un l'effet d'un ventilateur.

### III.2. Equation de la diffusion de masse

Pour le calcul d'un flux diffusif assume que la diffusion de matière résulte uniquement d'un gradient de concentration. En réalité, la diffusion peut aussi résulter d'un gradient de température, de pression ou d'une force externe. Cependant, dans la plupart des cas, ces effets sont négligeables et la force motrice dominante est le gradient de concentration.

$$J = -D \times \frac{\partial C}{\partial X}$$

Avec **D**: le coefficient de diffusion



### III.4. Formulation Mathématique

#### III.4.1. Equation de continuité

En mécanique des fluides, le principe de conservation de la masse peut être décrit par l'équation de continuité sous plusieurs formes différentes : locale conservative (dérivée en temps normale), locale non conservative (la dérivée en temps suit la particule dans son mouvement), ou intégrale. Suivant les problèmes posés, c'est l'une ou l'autre de ces équations qui pourra être retenue, toutes étant équivalentes.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

U et v étant les composantes du champ de vitesse V (u, v) dans la direction x et y respectivement

#### III.4.2. Equation de quantité de mouvement :

En mécanique des fluides, l'équation de bilan de la quantité de mouvement découle du principe fondamental de la dynamique appliqué à un fluide.

- Suivant l'axe X

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

- Suivant l'axe Y

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)$$

#### III.4.3. Equation de la conservation de concentration :

La conservation de l'énergie est un principe physique, selon lequel l'énergie totale d'un système isolé est invariante au cours du temps.

$$u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = D \left( \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right)$$

L'équation différentielle de la continuité, de la quantité de mouvement et de concentration formant le modèle mathématique de l'écoulement de transfert de masse en régime laminaire.

### III.4.4. Modèles de turbulence

Il existe différents modèles, se lié par leur degré de complexité, c'est-à-dire par le nombre d'équations de transport supplémentaires introduites pour les quantités turbulents pour résoudre le problème. Les modèles de turbulence les plus utilisés actuellement dans les codes CFD sont les modèles à deux équations et plus particulièrement le modèle de turbulence  $k - \varepsilon$  standard qui est le plus répandu.

Trois modèles de turbulence sont disponibles dans le code fluent :

- Le modèle standard
- Le modèle RSM
- Le modèle RNG
- Modèle  $k - \varepsilon$

Dans cette étude on a utilisé le modèle  $k - \varepsilon$ . Il est un modèle semi empirique basé sur les équations de transport de l'énergie cinétique turbulente  $k$  et de sa dissipation

Dans le modèle  $k - \varepsilon$  la viscosité turbulente est exprimée en fonction de  $k$  et  $\varepsilon$  par la formule suivante :

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon}$$

Ou :  $\varepsilon$  appelé taux de dissipation de l'énergie cinétique turbulente.

$c_\mu$  : Est une constante, dont sa valeur est égale à 0.09.

Les équations gouvernantes dans le régime turbulent sont toujours les équations de Navier Stocks, l'équation de continuité et l'équation d'énergie, en ajoutant deux équations de transport dites équations de fermeture du modèle  $k - \varepsilon$  standard.

### III.4.5. Les Condition aux limites

Les conditions aux limites pour l'ensemble des équations régissantes sont présentées ci dessous:

- ✚ L'entrée du contaminant : (velocity inlet) :
- ✚ La sortie: (pressure outlet) :
- ✚ L'entrée de l'air : (velocity inlet) :

- ✚ Les murs solides définit en (Wall): (imperméable)

### III.5.Méthode des volumes finis

La méthode des volumes finis à été développée par **Patankar** [9]. Elle est utilisée pour résoudre numériquement les équations de conservation sous forme intégrale. Celle-ci s'appuie sur une discrétisation du domaine de calcul en plusieurs volumes. Chacun d'entre eux est entouré d'un ensemble d'éléments de volume qui recouvrent le domaine sur lequel on transforme directement les équations aux dérivées partielles (E.D.P) en équations algébriques facile à résoudre.

### III.6.Notion et choix de maillage

Le choix du maillage est absolument nécessaire pour garantir la précision et l'exactitude des résultats numériques. Pour cela, l'objectif de cette partie est de déterminer les paramètres optimaux et choisir une stratégie pertinente du maillage étudié. Ces paramètres sont [10]:

- ✚ Le nombre de mailles.
- ✚ La distance entre les mailles (concentration des mailles).
- ✚ La forme de la maille.
- ✚ Les paramètres de déformation pour le cas du maillage déformable.

### III.7. Définition des frontières

Les conditions aux limites imposées aux trois parties de notre problème sont illustrées dans les trois tableaux suivants :

**Tableau I.1.** Conditions limites bidimensionnelle dans le cas d'un laboratoire avec la présence d'une source de concentration.

Composition de la géométrie	Conditions limites
Paroi vertical	Wall
Vitesse d'entrée	Velocity Inlet
Pression de sortie	Pressure Oult
Ventilateur d'extraction	Fan

### **III.8. Résolution par Fluent**

#### **III.8.1. Présentation du code de calcul**

Le code de calcul CFD dans la présente étude est commercialisé par le groupe FLUENT. Ce groupe est actuellement l'un des pôles de compétence les plus importants en mécanique fluides numérique. Il offre la possibilité d'utiliser différents modèles physiques tels que incompressible ou compressible, non visqueux ou visqueux, laminaire ou turbulent, etc. Cette capacité permet pour modéliser des écoulements autour des objets simples et complexes. Ce solveur offre une place de plus en plus une large gamme de modèles physiques rigoureuses qui ont été validées contre les applications à l'échelle industrielle, afin que nous puissions de simuler les conditions imposés avec précision, y compris les écoulements diphasiques et réactifs, machines tournantes, de la turbulence, rayonnement. Le solveur Fluent a prouvé à maintes reprises pour être rapide et fiable pour une large gamme d'applications CFD.

Ce code est composé, comme tout logiciel de type CFD, de trois élément clés qui sont : le pré processeur, le solveur et le post processeur, et qui sont détaillés ci-dessous :

#### **III.8.2. Le préprocesseur Workbench**

Le Workbench (Geometry And Mesh Building Intelligent Toolkit) est un logiciel de DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) et de génération de maillage. En plus est un préprocesseur pour l'analyse de l'ingénierie. Avec des outils avancés étroitement intégrée à une interface puissante, flexible et facile à utiliser pour créer des géométries maillées. À partir de ce logiciel en peut gagner considérablement du temps de prétraitement pour de nombreuses applications. Ainsi des modèles géométriques très compliqués peuvent être construits directement dans le modeleur Workbench, il a une opportunité de générer différents types de maillage structurés et non-structurés, ou une combinaison des deux types de maillage, ou hybrides. Le maillage structuré généralement est généré en plusieurs formes quadrilatérales à deux dimensions et hexaédriques en trois dimensions. Ainsi, il est possible d'importer des géométries créées avec d'autres logiciels CAD / CAE et sont rapidement convertis en domaines d'écoulement appropriés.

#### **III.8.3. Le solveur ANSYS-Fluent 19.2**

Le solveur du code ANSYS-Fluent à pour but de simuler des écoulements de fluide dans différents phénomènes physiques avec la spécification des conditions aux limites. Sur la base de quelques types de solveurs le code Fluent a une grande capacité de modéliser plusieurs

phénomènes physiques dans un large éventail de domaine d'application industrielle. Ce solveur est basé principalement sur la méthode des volumes finis dans la façon dont ils intègrent les équations d'écoulement des fluides. Il permet de choisir le processus itératif, en proposant plusieurs schémas numériques pour la discrétisation spatiale et temporelle, et pour le couplage de vitesse et de pression.

### **III.8.4. Le post-processeur**

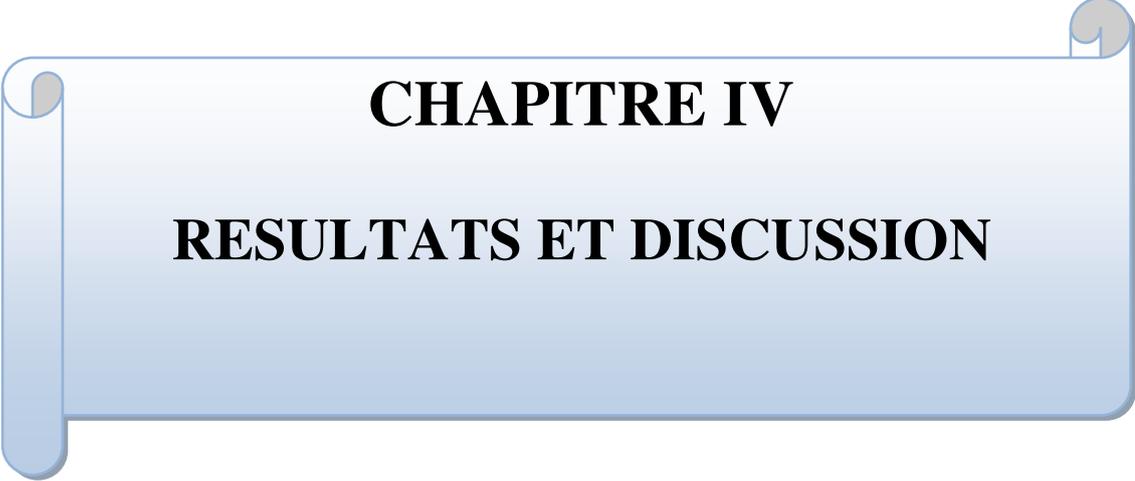
Le post-processeur permet de fournir des modèles physiques sur les différentes formes de maillage, en apportant les avantages de la configuration plus facile pour traiter les problèmes physiques avec une plus grande précision en utilisant une solution d'adaptation de maillages. En raison de la popularité accrue des postes de travail d'ingénierie, qui a beaucoup de capacités graphiques exceptionnelles, le CFD est désormais équipé par des outils polyvalents de visualisation de données. Ceux-ci incluent des avantages majeurs dans le domaine de la modélisation numérique des écoulements offrant des améliorations de processus importants qui ont le potentiel d'améliorer considérablement les opérations de poste de traitement. Des prévisions de champs d'écoulement de fluide (pression, vitesse, température.....) au sein des configurations géométriques tels que les lignes de courants et isothermes sont cruciales pour le fonctionnement de la plupart des applications physique.

### **III.9. Conclusion**

Dans ce chapitre, pour notre problème nous avons traité le modèle mathématique. Ce dernier est basé sur un système complexe formé par des équations qui sont issues de la thermodynamique et de la mécanique des fluides.

Donc, une méthode numérique s'avère indispensable pour la résolution des équations du modèle mathématique. Dans notre étude on a utilisé le logiciel FLUENT (version 2019) basé sur la méthode des volumes finis.

Nous avons spécifié les conditions aux limites de toute la frontière du domaine d'écoulement pour résoudre les équations régissant le mouvement d'un fluide en écoulement en transfert massique en régime laminaire. La résolution qui effectuée par le logiciel ANSYS- F



## **CHAPITRE IV**

### **RESULTATS ET DISCUSSION**

### IV.1. Introduction

L'objectif principal de ce chapitre est d'examiner l'effet des positions des conduites installé et le ventilateur pour le modèle physique considéré. Dans ce modèle, les calculs sont effectués dans un laboratoire imposant des concentrations constantes sur la partie inférieure. Cependant, ces résultats doivent être connus à des différents paramètres contrôlant ce problème de transfert de masse par diffusion moléculaire. En plus, des simulations numériques sont effectuées pour analyser le comportement dynamique et massique au sein du fluide. Plusieurs résultats ont été obtenus à partir de cette étude.

### IV.2. Domaine d'étude

Nous nous proposons d'étudier les écoulements de fluide par transfert de masse dans un laboratoire. Cette étude a pour but la compréhension du comportement thermique dans ce type de géométrie.

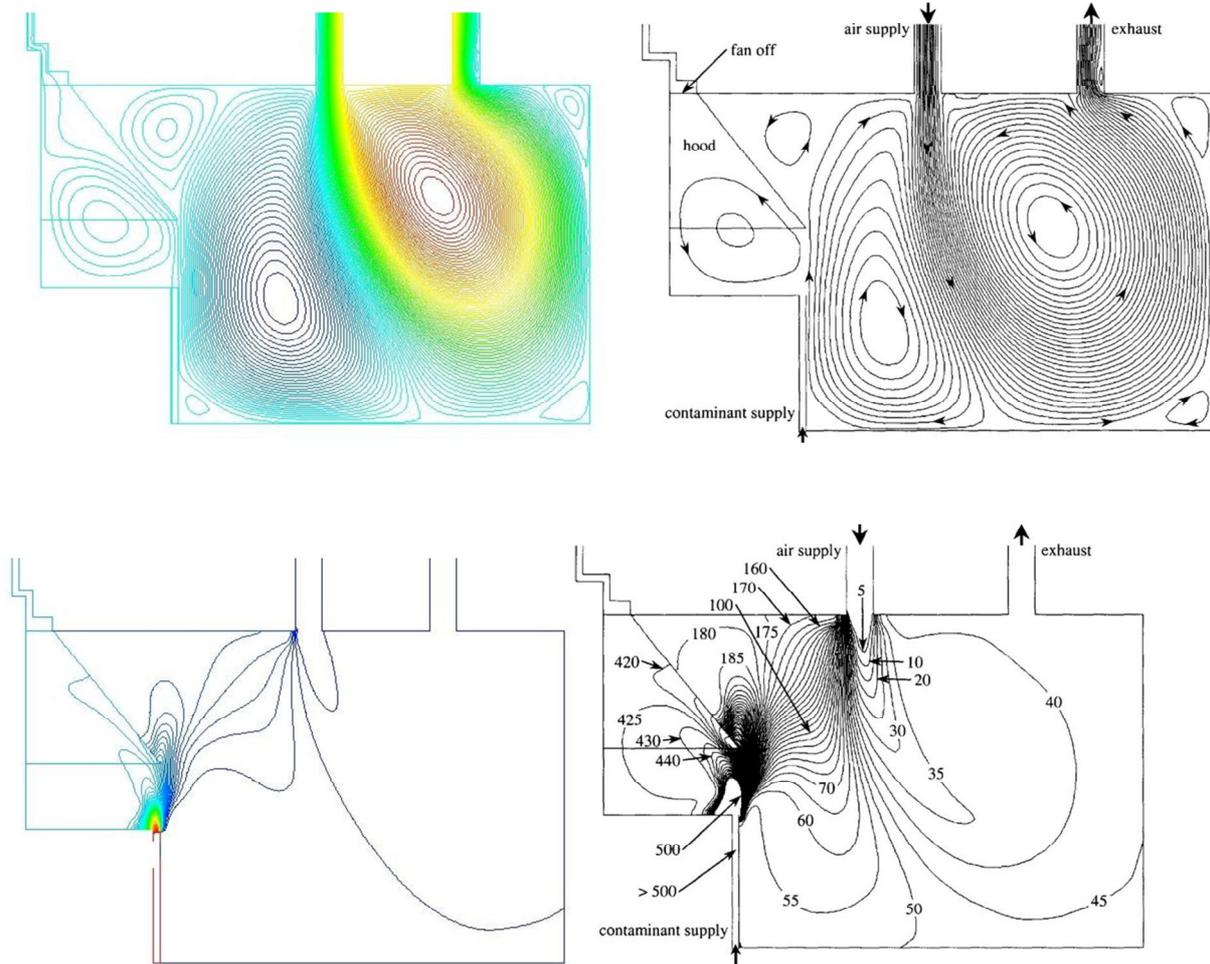
### IV.3. Validation

On a pris l'étude de [11] qui a étudié le transfert de masse en régime laminaire dans un laboratoire remplie par un mélange de l'air et le gaz de monoxyde de carbone, comme référence.

Après avoir présenté dans le chapitre précédent les principes de l'utilisation du logiciel "Fluent", dans ce chapitre nous allons tester le codage "Fluent" sur des travaux en écoulements de transfert de masse dans un laboratoire. Ce test nous permet de coder notre modèle mathématique.

Donc, dans un premier temps, nous allons confronter notre code de calcul en modélisant le transfert massique par la diffusion moléculaire à un travail de référence. Nous avons choisi pour cela l'écoulement de convection massique au sein d'un laboratoire avec des concentrations imposées au niveau du sol, et des conduites de soufflement et d'échappement installé. La comparaison de ces résultats obtenus nous confirmera l'exactitude des résultats obtenus par le logiciel "Fluent".

Le problème consiste à résoudre un écoulement de convection massique d'un fluide en coordonnées cartésiennes bidimensionnelles. Le meilleur "workbench" nous donne un maillage irrégulier représenté sur la figure IV.1.



**Figure. IV.1.** Comparaison les lignes de courants et les iso-concentration avec les résultats numériques de [11] et Présent travail.

#### IV.4. Résultats obtenus

Nous présentons dans un premier temps, des résultats pour des valeurs des vitesses compris entre 0.014 m et 0.028 m pour une pression et des différents cas traités. En suite pour étudier l'effet des positions des conduites installés nous fixerons une vitesse d'entre du contaminant.

##### IV.4.1. Cas de ventilation sans extraction

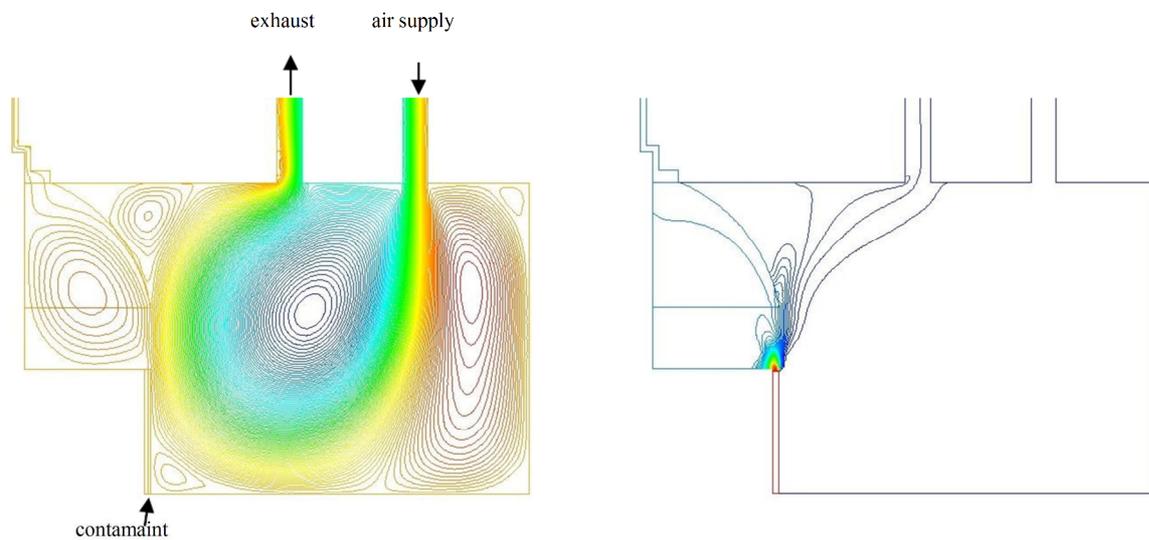
Nous présentons les résultats des écoulements de transfert de masse avec une ventilation sans extraction, Dans ce cas la vitesse de l'air  $V_{\text{air}}=0.06$  m/s, avec une intensité de turbulence et une échelle de longueur de 10% et 0.2 m respectivement aussi une vitesse de monoxyde de carbone

(CO)  $V_{CO}=0.006$  m/s, avec une intensité de turbulence 20% et une échelle de longueur de 0.05 m et la fraction molaire de CO de 0.002, La pression de mélange de premier ouverture  $P= - 0.0023$  Pa.

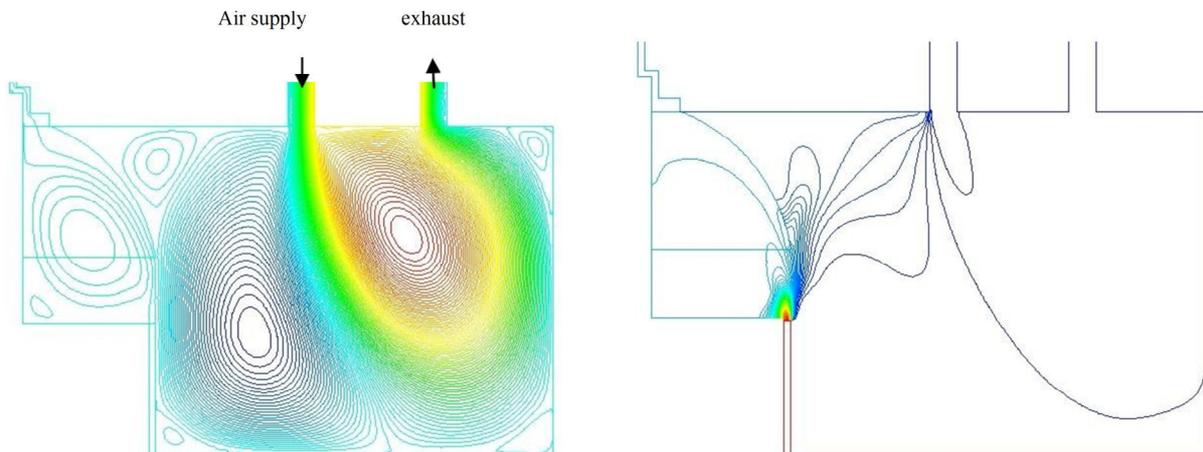
Les deux cas de ventilation sont simulés à l'aide du code de calcul Ansys-FLUENT, en supposant un écoulement turbulent en régime permanent avec le modèle de turbulence  $k - \epsilon$ .

Le ventilateur d'extraction de la hotte est éteint dans les deux cas. Les lignes de courant et les iso-concentration sont illustrées dans la figure

IV.2 (a, b) pour le cas où l'air frais est fourni par la conduite de droite et l'air ambiant est évacué par la conduite qui est installé au milieu du plafond. Les iso-concentration CO sont constant ne sont pas représentés sur la figure. Un grand tourbillon dans le sens des aiguilles d'une montre se forme au milieu de la pièce et aspire le monoxyde de carbone CO de l'établi vers l'échappement. Des concentrations plus élevées de monoxyde CO sont observées dans le petit tourbillon dans le sens inverse des aiguilles d'une montre au-dessus de la hotte, Un tourbillon dans le sens inverse des aiguilles d'une montre est également visible à l'intérieur du capot lui-même, où le niveau de monoxyde CO est beaucoup plus élevé. Enfin, le grand tourbillon dans le sens inverse des aiguilles d'une montre près du mur droit de la pièce contient de l'air très pur avec des niveaux de monoxyde CO.



**Figure. IV.2.a.** Les lignes de courants et les iso-concentration sans extracteur.



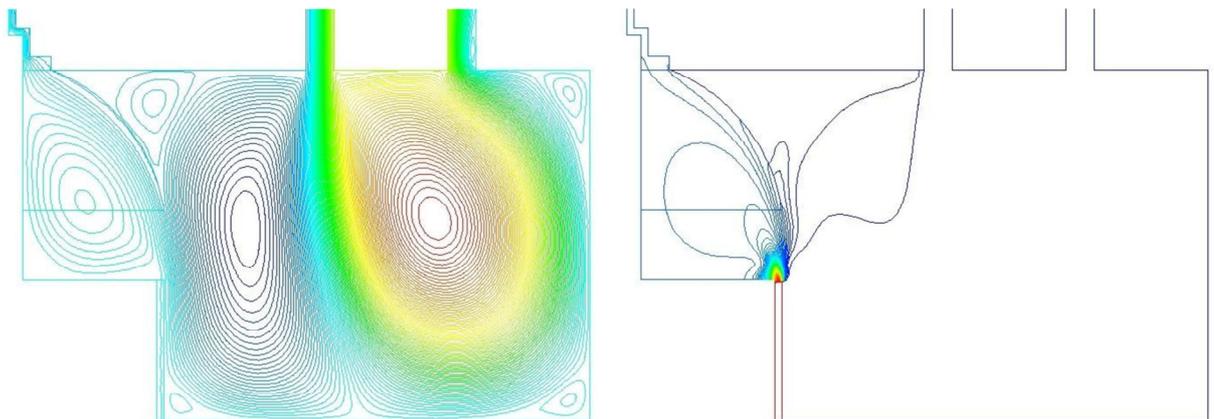
**Figure. IV.2.b.** Les lignes de courants et les iso-concentration le cas sans extracteur inverse.

#### IV.4.2. Cas de ventilation avec extraction

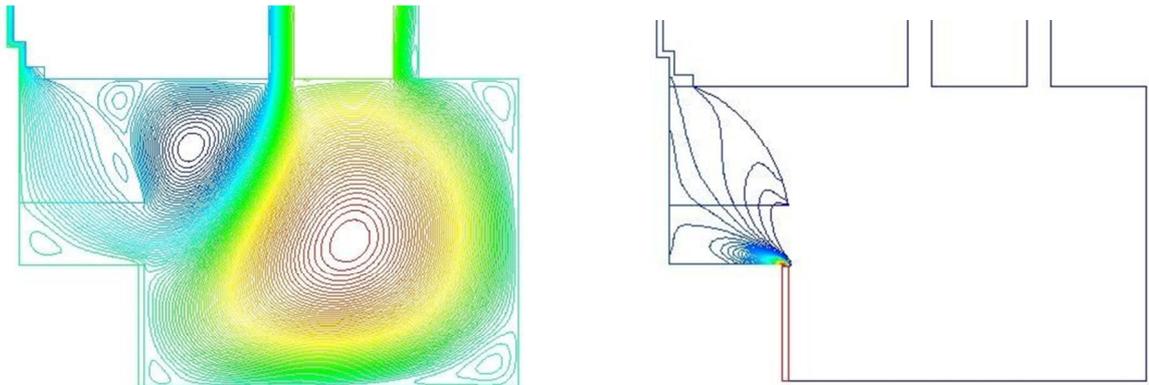
Les résultats numériques obtenus sont présents dans la figure IV.3 pour le cas de ventilation opposée, dans laquelle l'alimentation en air se fait par la conduite du milieu et l'évacuation du mélange contaminant de la pièce se fait par la conduite de droite. Un grand un tourbillon dans le sens inverse des aiguilles d'une montre est visible sur le côté droit de la pièce, et un plus petit tourbillon dans le sens des aiguilles d'une montre se forme à gauche, extraire le monoxyde de carbone de l'établi et le mélange à l'air ambiant. Les iso-concentrations globales du monoxyde CO à la fois à l'intérieur de la pièce et dans la hotte sont en effet bien supérieures à celles de premier cas, bien que le monoxyde de carbone CO quittant la pièce par la conduite d'échappement de la pièce, à peu près le même que celui du premier cas. A noter que dans les deux cas une petite quantité de monoxyde CO s'échappe par la conduite d'évacuation de la hotte même si le ventilateur de la hotte est éteint.

Les lignes de courant et les iso concentrations sont illustrées à la figure IV.3 pour le cas où la pression est égale à 50,0 mpa. Un grand tourbillon dans le sens inverse des aiguilles d'une montre se forme sur le côté droit de la pièce et un plus petit tourbillon dans le sens des aiguilles d'une montre apparaît à gauche juste ou l'entre du jet d'air. Les caractéristiques générales des lignes de courant ne sont pas très différentes de celles représentées sur la figure IV.3, sauf à proximité de l'établi et de la hotte. Alors que les lignes de courant s'écoulent presque verticalement au-delà de l'établi lorsque le ventilateur est éteint, il y a une nette séparation dans

les lignes de courant au bord du cheminé ou le ventilateur allumé. Une partie de l'air ambiant pénètre dans la hotte, entraînant des contaminants dans cette section de la hotte. L'air est assez propre sur toute la moitié droite du laboratoire. Des iso-concentrations plus élevées de monoxyde de carbone CO sont observées dans les petits tourbillons dans le sens inverse des aiguilles d'une montre au-dessus de la hotte. Un tourbillon dans le sens inverse des aiguilles d'une montre est également visible à l'intérieur de la hotte elle-même, mais environ la moitié des valeurs indiquées sur la figure IV.3. Enfin, plusieurs lignes de courant traversent clairement le ventilateur d'évacuation de la hotte et remontent la conduite d'évacuation de la hotte; le niveau de monoxyde de carbone CO dans l'air remontant juste au niveau de la conduite d'évacuation de la hotte. Notez que comme une grande partie du monoxyde de carbone est aspirée à travers la hotte.



**Figure. IV.3.** Les lignes de courants et les iso-concentration Cas de ventilation avec extraction à  $p = 50$  mpa.



**Figure. IV.4.** Les lignes de courants et les iso-concentration Cas de ventilation avec extraction à  $p = 200$  mpa

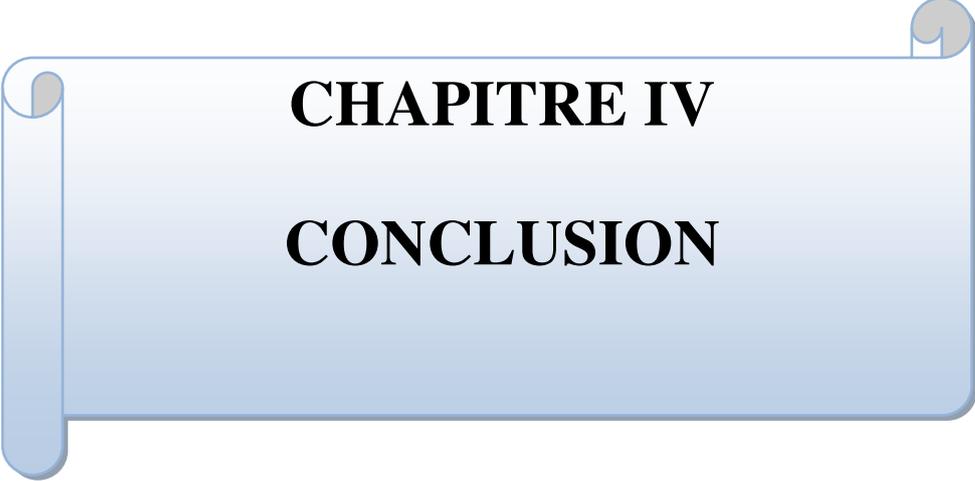
#### IV.4.3. Conclusion

L'étude présentée dans cette partie porte sur le transfert de masse dans un laboratoire. Le fluide pénètre avec une vitesse uniforme et une source de concentration au niveau du sol de laboratoire, tandis que les deux conduits de soufflement et d'échappement sont installés au niveau de la partie supérieur.

Premièrement on a validé le code de calcul CFD Fluent pour un laboratoire 2D avec le travail [11].

Afin de mieux comprendre et caractériser le transfert de masse par diffusion moléculaire, nous avons pu déterminer les lignes de courant, les iso-concentration qui montrent la relation entre différentes propriétés thermodynamiques comme la concentration. La vitesse de l'air et de concentration de monoxyde de carbone, ainsi l'effet des positions des conduites de soufflement et d'échappement. Et tout cela a aidé à mieux comprendre qui est les paramètres qui influent la le transfert de masse par la présence du gaz de monoxyde de carbone dans le régime laminaire.





**CHAPITRE IV**

**CONCLUSION**

Le présent travail dans ce mémoire a permis d'étudier numériquement le transfert de masse dans un laboratoire remplie par un mélange Air et monoxyde de carbone. Ce laboratoire a eu la particularité d'avoir des conduites de soufflage d'air avec une source de monoxyde de carbone, ainsi une conduite d'échappement d'un contaminant. L'effet des paramètres physique et géométrique sur la distribution de concentration et sur le champ de vitesses est décrit numériquement et discuté. Tous les résultats numériques présentés sont obtenus dans une variation relative position des conduites installés au niveau des parties supérieur et inférieur de laboratoire dans le régime d'écoulement laminaire. Les principaux résultats de la présente étude sont résumés dans ce chapitre.

La simulation numérique à été effectuée à l'aide d'un codé calcul CFD. "*Asys-Fluent*" qui est basé sur la méthode classique des Volumes Finis pour résoudre les différentes équations gouvernant les écoulements de fluides.

Notre objectif est de contribuer à l'étude des écoulements de transfert de masse par diffusion moléculaire dans un laboratoire, en apportant des résultats originaux dans ce cas traité. Ainsi cette étude a consisté à étudier l'influence de différentes positions des conduites de soufflage et d'échappement, en plus une source d'un gaz de monoxyde de carbone installé au niveau du sol sur les distributions d'iso-concentration et des lignes de courant.

Tous les résultats numériques présentés dans cette étude sont obtenus à des valeurs de vitesse et les pressions relativement modéré.

Les résultats quantitatifs ont été testés et validés avec succès par rapport à ceux obtenus numériquement par [11] ce qui nous a permis de procéder à l'application de la simulation numérique.

On étudie l'influence des différentes positions des conduites de soufflements d'air et d'échappement, avec la variation des vitesses d'entre et la concentration du gaz monoxyde de carbone et l'analyse des résultats montrent que l'effet des positions des conduites de ventilation des jets d'air frais donne une bonne aération pour éviter des accidents liés à la contamination de l'environnement du laboratoire remplie par le monoxyde de carbone.

### Référence Bibliographie

- [1] Weschler CJ. 2009. Changes in indoor pollutants since the 1950s. *Atmos. Environ.* 43(1):153–69.
- [2] Carrer P, Wargoeki P, Fanetti A, Bischof W, De Oliveira Fernandes E, et al. 2015. What does the scientific literature tell us about the ventilation-health relationship in public and residential buildings? *Build. Environ.* 94(P1):273–86.
- [3] Persily A, Gorfain J. 2005. Ventilation Design and Performance in U.S. Office Buildings
- [4] Jokl M V. 2000. Evaluation of indoor air quality using the decibel concept based on carbon dioxide and TVOC. *Build. Environ.* 35(8):677–97.
- [5] Béghein C, Jiang Y, Chen QY. 2005. Using large eddy simulation to study particle motions in a room. *Indoor Air.* 15(4):281–90.
- [6] Zhang Z, Chen Q. 2006. Experimental measurements and numerical simulations of particle transport and distribution in ventilated rooms. *Atmos. Environ.* 40(18):3396–3408.
- [7] Qabbal L, Younsi Z, Naji H. An indoor air quality and thermal comfort appraisal in a retrofitted university building via low-cost smart sensor. *Indoor Built Environ.* 0(0):1420326X211015717
- [8] Cao SJ, Zhu DH, Yang YB. 2016. Associated relationship between ventilation rates and indoor air quality. *RSC Adv.* 6(112):111427–35
- [9] S.V.PATANKAR, Numerical heat transfer and fluid flow, *Londres: Mac Graw Hill*, 1980. 197p.
- [10] H.BENZENINE, contribution à l'étude de la convection dans les cavités ouvertes munies de chicanes, Thèse de doctorat en énergétique, Université d'Oran USTO, 2013.

