République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Yahia Farés de Médéa
Faculté de Technologie
Département de génie des procédés et environnement

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de master

Filière : génie des procédés

Option : génie des procédés de l'environnement.

Thème

Etude numérique de l'effet des toits des bâtiments sur la concentration des polluants gazeux dans une rue canyon.

Présenté par :

Salhi Fatiha

Hamidia kaouther

Encadré par :

Dr. Rebhi Redha

Pr. Hadidi Noureddine

2021-2022

ملخص

ترتكز درستنا على انتشار غاز سام على مستوى الغلاف الجوي، من خلال هذه الدراسة قدمنا لمحة عامة عن الانبعاثات المختلفة والظروف والعوامل التي تأثر على انتشارها في الغلاف الجوي.

استخدمنا برنامج ANSYS-CFX لمحاكاة انتشار غاز أول أوكسيد الكربون (Co) الذي تم اختياره كنموذج غاز ملوث في هذا البحث في الغلاف الجوي لعوامل جوية مختلفة.

الكلمات المفتاحية: تلوث، الغلاف الجوي، الغازات الملوثة، Co.

Summary

Our study is based on the spread of poisonous gas at the level of the atmosphere. Through this study we provided an overview of the different emissions conditions and factors that affect their spread in the atmosphere.

We used ANSYS-CFX software to simulate the diffusion of carbon monoxide (CO)gas that was chosen as the gas model pollutant in the atmosphere due to various atmospheric factors.

Key Words: pollution, atmospheric, polluting gases, co.

Résumé:

Notre étude est basée sur la propagation des gaz toxiques au niveau de l’atmosphère. à travers cette étude , nous avons fourni un aperçu des différentes émissions .conditions et facteurs qui affectent leur propagation dans l’atmosphère .

Nous avons utilisé le logiciel ANSYS-CFX pour simuler la diffusion du gaz monoxyde de carbone (Co) qui a été choisi comme modèle de gaz polluant dans l’atmosphère du à divers facteurs atmosphériques.

Mots clés : pollution, atmosphérique, gaz polluants, Co

REMERCIEMENTS

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord. Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Dr Rabehi , on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel , pour ça patient , sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire .

Nos remerciements s'adressent à Pr Hadidi pour son aide pratique et son soutien moral et ses encouragements.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

DEDICAS

Je dédie ce modeste travail

A mes chères parentes pour leur soutien, leur patience, leur encouragement durant mon parcours scolaire.

A mes très chers frères Karim Madjid et Rahim ainsi à toute la famille Hamidia et Ben moussa a tous mes amis

Puisse dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.

KAWTHER

DEDICAS

Je dédie ce modeste travail

A mes chères parentes pour leur soutien, leur patience, leur encouragement durant mon parcours scolaire.

A mes très chers frères Laid Ismail et Souhaib ainsi à toute la famille Salhi ,Yamani Et Khaldoumi et Mon Mari Amine et a tous mes amis

Puisse dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.

FATIHA

Liste des figures

Figure I.1 : cheminement d'azote et de phosphore…….07

Figure I.2 : l'éruption volcanique du Stromboli en Italie vue de la mer ……11

Figure I.3 : Emission mondiales de gaz à effet de serre par secteur en 2004…….12

Figure I.4 : les sources de pollution ……...12

Figure I.5 : structure de l'atmosphère ……14

Figure2-1 : les types de toits des bâtiments…….21

Figure 3.1 : contours de la variation de la pression (toit plan) ……..35

Figure 3.2 : contours de la variation de la pression (toit triangle) ……36

Figure 3.3 : contours de la variation de la pression (toit demi-cercle) …….36

Figure 3.4 : contours de la variation de la vitesse (toit plan) …….……..37

Figure 3.5 : contours de la variation de la vitesse (toit triangle) …….37

Figure 3.6 : contours de la variation de la vitesse (toit demi-cercle) ……..38

Figure 3.7 : contours de la variation de la température (toit plan) ……..38

Figure 3.8 : contours de la variation de la température (toit triangle) ……39

Figure 3.9 : contours de la variation de la température (toit demi-cercle) …….39

Figure 3.10 : contours de la variation de fraction volumique (toit plan) ……40

Figure 3.11 : contours de la variation de fraction volumique (toit triangle) ……40

Figure 3.12 : contours de la variation de fraction volumique (toit demi-cercle) …….41

Figure 3.13 : l'évolution de la pression en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 1)
……41

Figure 3.14 : l'évolution de la pression en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 2) ……..42

Figure 3.15 : l'évolution de la pression en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 3) ……..43

Figure 3.16 : l'évolution de la pression en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 4) ……..43

Figure 3.17 : l'évolution de la pression en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 5) ……..44

Figure 3.18 l'évolution de la vitesse en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 1) ……..44

Figure 3.19 : l'évolution de la vitesse en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 2) ……..45

Figure 3.20 : l'évolution de la vitesse en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 3) ……..45

Figure 3.21 : l'évolution de la vitesse en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 4) ……..46

Figure 3.22 : l'évolution de la vitesse en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 5) ……..46

Figure 3.23 : l'évolution de la température en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 1) ……..47

Figure 3.24 : l'évolution de la température en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 2) ……..47

Figure 3.25 : l'évolution de la température en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 3) ……..48

Figure 3.26 : l'évolution de la température en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 4) …….48

Figure 3.27 : l'évolution de la température en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 5) …….49

Figure 3.28 : l'évolution de la fraction volumique en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 1) ……..49

Figure 3.29 : l'évolution de la fraction volumique en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 2) ……..50

Figure 3.30 : l'évolution de la fraction volumique en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 3) …….50

Figure 3.31 : l'évolution de la fraction volumique en fonction de langueur y pour les différents cas (line 4)
……51

Figure 3.32 : l'évolution de la fraction volumique en fonction de la langueur y pour les différents cas (line 5) ……51

Liste des tables

Tableau I.1 : classification des pollution ……05

Tableau I.2 : composition moléculaire et des principaux polluants de l'air ……..08-09

Tableau I.3 : effet et conséquences des polluants sur la santé ……..17-18

Tableau II.1 :valeur des constants du modèle k …….33

Tableau II.2 : constantes du modèle RNG-K …….33

Nomenclatures

$\vec{U}$:	*Le vecteur vitesse du fluide*
S_M :	*Le terme source de masse*
$\vec{\tau}$:	*Le tenseur de stress visqueux*
$\vec{f}$:	*La forces massiques s'exerçant dans le fluide (unité SI: $N{\cdot}kg^{-1}$)*
δ:	*La matrice identité*
Ux :	*La composante de la vitesse dans la direction $\hat{x}$, et ainsi de suite pour Uy et Uz.*
t :	*Le temps (unité SI :s)*
ρ :	*La masse volumique de fluide(unité SI : $kg{\cdot}m^{-3}$)*
$\vec{v} =$ (v_1,v_2,v_3) :	*La vitesse eulérienne d'une particule fluide (unité SI : $m{\cdot}s^{-1}$)*
P :	*La pression (unité SI : Pa)*
$\overline{\tau}$:	*Le tenseur des contraintes visqueuses (unité SI : Pa)*
$\bar{\bar{l}}$:	*La viscosité de volume du fluide ($kg.m^{-1}.s^{-1}$)*
e :	*L'énergie totale par unité de masse (unité SI : $J{\cdot}kg^{-1}$)*
$\vec{q}$:	*Le flux de chaleur perdu par conduction thermique (unité SI : $J{\cdot}m^{-2}{\cdot}s^{-1}$)*
r :	*La perte de chaleur volumique due au rayonnement (unité SI : $J{\cdot}m^{-3}{\cdot}s^{-1}$)*
M :	*la viscosité dynamique (unité Pa. s)*
η :	*La viscosité de volume du fluide (unité SI : Po)*
λ:	*la conductivité thermique du fluide (unité SI : $W.K^{-1}.m^{-1}$)*
T :	*La température (unité SI : K)*
ν :	*La viscosité cinématique du fluide (unité SI : $m^2.s^{-1}$)*
$(\vec{v}.\vec{\nabla})\vec{v}$:	*le terme de convection*
μ_t :	*La Viscosité turbulente (unité $kg.m^{-1}s^{-1}$)*
s_{ij} :	*Le tenseur de Reynolds*
K :	*L'énergie cinétique turbulente (unité $m^2.s^{-2}$).*
ε :	*Le taux de dissipation de l'énergie cinétique k (unité $m^2.s^{-3}$)*
$C_\mu, C_{\varepsilon 1}, C_{\varepsilon 2}$:	*Coefficient de modèle k-ε*

Table des matières

Résumé

Remerciement

Liste des figures

Liste des tables

Nomenclatures

Introduction générale……..01

Chapitre I : Généralité sur la pollution atmosphérique

I.1. Introduction …… …04

I.2.Définition ……04

I.2.1. La pollution ……..04

I.2.2. Polluant ……04

I.2.3. Site polluant ……04

I.2.4. Pollution accidentelle ……..04

I.3.Les différents types de pollution ……04

I.4. Classification des polluants ……05

I.5. La pollution atmosphérique ……06

I.5.1. Définition de la pollution atmosphérique ……06

I.5.2. Différents échelle de la pollution ……06

I.5.2.1. La pollution locale ……06

I.5.2.2. La pollution régionale ……..06

I.5.2.3. La pollution globale ……06

I.5.3. Classification des polluants atmosphérique ……07

I.5.3.1. Polluants inorganiques ……07

I.5.3.2. Polluants organiques ……07

I.5.3.3. Aérosols ……..07

I.6.Paramètre influençant la dispersion des polluants ……08

I.6.1. Les facteurs météorologiques ……08

I.6.1.1. Le vent ……08

I.6.1.2. La température ……09
I.6.1.3. Les précipitation et l'humidité ……09
I.6.2. Les facteurs topographiques ……..10
I.7. Sources des polluants atmosphériques ……10
I.7.1. Sources naturelle ……..10
I.7.2. Les sources anthropiques ……11
I.8. Les couches de l'atmosphère ……..12
I.9. Les polluants gazeux ……..14
I.10. Les effets de la pollution de l'air ……14
I.10.1. Effet sur la santé ……17
I.10.2. Effet sur la cadre bâti ……18
I.10.3. Effet sur l'environnement ……..18
I.10.4. Effet sur les écosystèmes d'eau douce ……...19
I.10.5. Les effets de l'appauvrissement de la couche d'ozone ……..19..

Chapitre II : Modèle physique et formulation mathématique

II.1. Introduction ……21
II.2. Modèle physique ……21
II.3. Formulation mathématique……..22
II.3.1. Les équation de Navier –Stokes incompressibles ……23
.. II.3.2Fluide Newtonien, hypothèse de stokes ……..24
II.3.3. Expression pour les écoulements de fluides compressibles ……25
II.3.4. Expression pour les écoulements de fluides incompressible……26
II.3.4.1. Expression en coordonnées cartésiennes. …….....29
II.3.4.2. Expression en coordonnées cylindriques ……...31
II.4. La turbulence ……31
II.4.1. Les effets de la turbulence ……31
II.4.2. Les modèle turbulence ……..32
II.4.2.1. Le modèle k-e ……32
II.4.2.2. Modèle RNG-K ……32

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Introduction ……....35
III.2. Présentation de code ANSYS –CFX ……...35
III.3. Interprétation de résultats
……35
III.3.1. Evolution de la pression ……35
III.3.2. Evolution de la vitesse……36
III.3.3. Evolution de la température ……38
III.3.4. Evolution de la fraction volumique ……39
Conclusion ……..52
Bibliographique ……..54

Introduction générale

Introduction générale :

La pollution atmosphérique découle des modifications de la composition chimique de l'air, sous l'effet des activités humaines. Elle peut se manifester depuis l'échelle urbaine et locale jusqu'à l'échelle planétaire et les risques liés à ces changements ne sont pas de même nature selon l'échelle spatio-temporelle concernée. Les changements de la composition chimique de l'air à l'échelle planétaire se manifestent notamment par un accroissement des teneurs pour en gaz à l'effet de serre tels que le gaz carbonique ou le méthane, est génèrent principalement un risque de modification majeure du climat de la planète. En revanche, les pollutions locales en milieu industriel ou urbain par exemple, présentent surtout des risques pour la santé humaine du fait des teneurs en polluants tels que les oxydes de soufre, les oxydes d'azote, les particules, qu'on peut alors rencontrer. D'autres formes de pollution se manifestent également aux échelle intermédiaires, notamment sous forme de pollutions acide-oxydantes, et peuvent affecter les écosystèmes.

Le danger relatif, présenté par les différents polluants gazeux et particulaires pour la santé, varie avec la concentration de ces polluants dans le temps et dans l'espace, et ainsi les effets sur la santé de ces polluants peuvent varier d'un pays à l'autre. En conséquence, la surveillance continue, soignée et attentive des concentrations est nécessaire avant qu'une estimation inacceptable des effets soit faite. La situation est encore plus compliquée car certaines combinaisons de polluants ont des effets cumulatifs et parfois synergétiques.

La modélisation numérique repose sur une résolution approchée des équations du problème par des méthodes numériques. Cette approche est aujourd'hui répandue dans toutes les disciplines scientifiques et son développement est associé à l'évolution technologique de l'informatique numérique.

La simulation numérique de la mécanique des fluides, en particulier la modélisation de la turbulence.

Ainsi, la modélisation statique est une approche qui ne permet pas de représenter finement les caractéristiques de la turbulence. Cependant, elle s'avère souvent être un bon outil pour l'étude des champs moyens.

De nombreux auteurs ont appliqué ce type de modélisation pour étudier l'écoulement de l'air et la dispersion des polluants autours des bâtiments de différents formes, planqué dans la coche limites atmosphérique (Mura kami et mochica 1988 ; Flower et Kumar 1995).

C’est pourquoi nous avons retenu cette approche pour étudier la dispersion des polluants dans l’atmosphère. Par ailleurs, le code de calcul ANSYS CFX sera utilisé dans cette étude.

Le mémoire présenté comporte, après une introduction, quatre chapitre répartis comme suit :

- ✓ Le premier chapitre : Généralité sur la pollution atmosphérique
- ✓ Le deuxième chapitre : Modèle physique et formulation mathématique.
- ✓ Le troisième chapitre : Les résultats obtenus, ainsi que leur interprétation sont présentés dans ce chapitre.

CHAPITRE I

Généralité Sur La Pollution Atmosphérique

Ⅰ.1 Introduction:

Ce chapitre présent de manière succincte la problématique de la pollution atmosphérique afin de dessiner le cadre dans lequel s'instaurera plus tard ce travail de recherche. Après avoir mis l'accent sur quelques généralités concer ant cette pollution atmosphérique, on présentera les différentes sources d'émissions ainsi sa dispersion et comment lutter contre la pollution.

I.2. Définitions :

1.2.1. La pollution :

Il y a des nombreuses définitions qui ont été données par les experts. Parmi celle-ci nous retiendrons la suivante Publiée dans un rapport rédigé en 1965 ; par le Comité Scientifique Officiel de la maison Blanche intitulé "pour restaurer la qualité de notre environnement ":

« La pollution, dit ce rapport, est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, à travers des effets directs ou indirects alternant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation de la constitution physicochimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes.

Ces modifications peuvent affecter l'homme directement à travers des ressources agricoles, en eau et autres produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède, les possibilités récréatives du milieu, ou encoure en enlaidissant la nature ». [1]

1.2.2- Polluant :

C'est une substance émise soit par l'activité humaine soit par un processus naturel Qui affecte l'homme et l'environnement. [2]

1.2.3- Site Pollué :

Espace aérien, souterrain ou hydrique contaminé par des substances ou polluants De nature minérales, organiques, où bactériologies dû aux activités de production Ou de transformation et de transport qui par négligence conduit à l'apparition de Dommages et risque dans l'espace a contaminé.

I.2.4- Pollution accidental:

C'est la conséquence d'une contamination d'une source naturelle (air, eau, sol) suite à un rejet accidentel dû à une erreur de manipulation, ou à une défaillance du système d'exploitation où autre.

I.3- Les différents types de pollution

Les classifications des types les pollutions selon le milieu considéré : Le sol, l'eau des lacs, rivières et Mers (l'hydrosphère) ou l'atmosphère [3].

- Les pollutions du sol ; les sources responsables de ces pollutions sont Résultent : épandage d'engrais, ou de pesticides, décharge publique ;
- Les pollutions de l'hydrosphère ; les effluents d'une usine, les égouts d'une ville ou un pétrolier accidenté ;
- Les pollutions de l'atmosphère ; est un ensemble encore plus vaste problèmes (Smog, pluie acide, effet de serre).

I. 4- Classification des polluants

D'abord grouper les agents polluants selon leur nature : physique, chimique, et biologique ...etc. (Tableau I).

En réalité, aucune de ces méthodes n'est vraiment satisfaisante car une même substance Tout peut présenter diverses modalités d'action. [1]

Tableau I.1: Classification des pollution [1]

Nature des polluants	**Atmosphére**	**Ecosystéme**		
		continentaux	**liniques**	**Marin**
1.Polluants physiques				
Radiation ionisantes	+	+	+	+
Pollution thermique			+	+
2.Polluants chimiques				
Hydrocarbure et leurs produits de combustion	+	+	+	+
Matiéres plastiques	+	+	+	+
Pesticides		+	+	+
Détersifs				
Composés organique de synthése divers	+	+	+	+
Dérivés au soufre	+	+	+	
Nitrates		+	+	+
Phosphates		+	+	+
Métaux lourds	+	+	+	+
Fluorures	+	+		

Particules minérales (aérosols)	+	+		
3.Polluants biologiques Matiéres organique mortes Micro-organismes pathogénes	 +	 +	 + +	 + +

(+) : existance

1.5. La pollution atmosphérique

1.5.1- Définition de la pollution atmosphérique

L'atmosphère constitue pour l'ensemble des êtres vivants, un élément de la biosphère ; non seulement parce que certaines d'entre aux y puissent l'oxygène qui leur est nécessaire, mais aussi parce que l'ensemble des propriétés qui la caractérise est en fait utile au développement des devers formes de vie que nous connaissons [4].

Le Terme pollution atmosphère désigne l'ensemble de rejet de composés toxique libérés par l'homme dans l'atmosphère. Mais aussi les substances malodorantes qui son peuvent être vraiment dangereuses dans l'immédiat pour les organismes vivants, exercent tout de même une action perturbatrice sur l'environnement [5].

Le conseil de l'Europe, dans son rapport du 14 septembre 1967 a retenu la définition suivante, « il y a pollution de l'atmosphère lorsque la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans les propositions de ses constituants est susceptible de provoque un effet nuisible, compte tenu des connaissances scientifique du moment, ou de créer une gêne ».

1.5.2 -Différentes échelles de la pollution

Centre Interprofessionnelles Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique (CITEPA) ; les phénomènes relatifs à la pollution atmosphérique se déclinent :

1.5.2.1 -La pollution locale

Où pollution de proximité, s'intéresse à la pollution de l'air dans les grandes villes Et les zones fortement peuplées où se situent la plupart des sources de la pollution Aux activités humaines.

I.5.2.2- La pollution régionale

Pollution à longue distance les polluants émis par les activités humaines retombent en partie à proximité des sources les principaux problèmes de pollution a langue distance sont l'acidification, l'eutrophisation et la pollution photochimique .

1.5.2.3 -La pollution globale (planétaire)

Ce type de pollution a été mis en évidence au cours des années 80. Avec les observations des chercheurs sur l'effet de serre et la destruction de l'ozone stratosphérique.

I.5.3 Classification des polluants atmosphériques

Les polluants peuvent être classés en fonction de leur nature et de leur degré de Dispersion en :

I.5.3.1-Polluants inorganiques

- Dérivés oxygénés du soufre (dioxydes- SO2)
- Dérivés oxygénés de l'azote (monoxydes et dioxydes d'azote)
- Hydrogéne sulfurè
- Ammoniac
- M

  onoxyde et dioxyde de carbone -Dérivés du plomb Clore et chlorures -Fluore et fluorures

I.5.3.2-Polluants organiques

Dérivés du carbone ; les hydrocarbures, aldéhydes et cétones, composés organiques du soufre (sulfure).

Cheminement de l'azote (N) *et du phosphore (P) en tonnes métriques (t), par année

Volatilisation

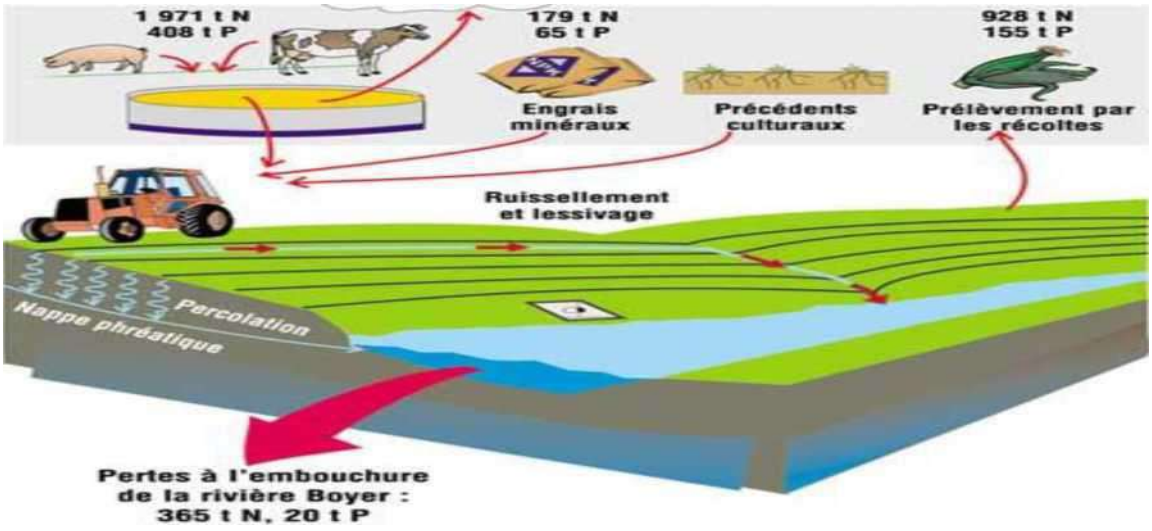


Figure I -1 : cheminement d'azote et de phosphore

I.5.3.3 Aérosols

-Particules solides (poussières, fumées).

- Particules liquides (brouillards, gouttelettes).

Les polluants énumérés peuvent se rencontrer simultanément, ce qui permet tout de suite de comprendre combien est complexe la pollution atmosphérique.

Les principaux polluants de l'air sont représentés dans le tableau II.

I.6- Paramètre influençant la dispersion des polluants

La dispersion des polluants dans l'atmosphère peut être influencée par des facteurs météorologiques (vents, températures, précipitations) ainsi que des facteurs topographiques (relief). [6]

1.6.1- Les facteurs météorologiques

La météorologie est un élément essentiel dans l'appréhension des phénomènes de dispersion de la pollution. Des paramètres météorologiques, on tire deux informations :

Les types de temps favorables ou défavorables à la dispersion des polluants d'une part, et les types de temps favorables à ou défavorables à la transformation physicochimique des polluants [6].

I.6.1.1- Le Vent

Le vent agit par sa fréquence, son intensité et la direction, où balayage et sur dispersion des polluants, son absence provoque la stagnation des polluants. Aggravante problème de la pollution par condensation [6].

Tableau I.2 : composition moléculaire et caractéristique des principaux polluants de l'air

Polluant	**composition**	**Caractéristiques**
Anhydrides sulfureux	SO2	Incolore, gaz lourd, soluble dans l'eau avec une odeur irritante.
Particules	Variables	Particules solides ou gouttelettes liquides incluant vapeurs, fumées, poussières et aérosols
Peroxyde d'azote	NO2	Gaz bru rougeâtre légèrement et de soluble dans l'eau.

Hydrocarbures	Variable	Nombreux composés hydrogène et de carbone.
Oxyde de carbone	CO	Incolore, gaz inodore toxique, légèrement soluble dans l'eau
Ozone	O3	Gaz bleu pale, soluble dans l'eau, instable, odeur douceâtre.
Hydrogène sulfureux	H2S	Gaz incolore, avec une odeur repoussante « d'œuf pourris », légèrement solubles dans l'eau.
Fluorures	Viables	Irritants, incolores, gaz solubles dans l'eau.
	NO	Gaz incolore, légèrement soluble dans l'eau
Plomb	Pb	Métallique, peut exister dans les composés chimiques variés avec différentes caractéristiques
Mercure	Hg	Métallique

I.6.1.2- La température

Influe se plusieurs façons. Tout d'abord une faible température entraîne un changement de comportement des gens en favorisant une hausse du chauffage urbain et de l'utilisation des véhicules, ce qui augmente les émissions. Mais la température agit aussi dans la formation de polluant secondaire tel que l'Ozone [6]

I.6.1.3- Les précipitations et l'humidité

Les précipitations contribuent à baisser le niveau de pollution grâce aux gouttes d'eau qui captent les impuretés atmosphériques L'humidité, non seulement de l'atmosphère mais aussi

du sol influence les concentrations des polluants. Elle joue un rôle clé dans la formation des certains polluants comme l'acide sulfurique (brouillarde acide) et leur élimination (dépôts humides).

I.6.2- Les facteurs topographiques

La diffusion des polluants dépend du relief et des concentrations urbaines.

- Cas des vallées, versants, cultures et prairies

1. Les vallées défavorables à la dispersion par stagnation de l'aire froide, phénomène d'inversion thermique et brouillards.
2. Les versants, milieux récepteurs de polluants, obstacles naturels plus ils sont redressés plus les dépôts des polluant sont importants sur la partie ou le vent est faible.
3. Cultures et praires constituent des obstacles qui retiennent les impuretés

Par absorption et réaction avec les feuilles.

Cas de concentration urbaine

Par temps calme, et même en absence d'inversion de température, il se forme au -dessus des villes une « coupole de polluant ». La quelle résulte de l'apparition des courants qui entraînent à grande altitude les divers polluants émis au niveau du sol [8].

I.7. Sources des polluants atmosphériques

Les polluants atmosphériques peuvent être d'origine naturelle ou anthropique :

I.7.1Sources naturelles

A côté des éléments de base, l'atmosphère renferme, une quantité variable de substances naturelles qui, dépassant un seuil, crée une source de pollution à savoir :

- Les feux de forêts, de cultures ou des prairies contribuent à des émissions importantes de noyaux de condensation, d'imbrûlés et de gaz.
- Émettent des gaz comme le dioxyde de soufre, de l'hydrogène sulfureux et des particules de cendres en grande quantité.

Les embruns marins sont constitués par des aérosols (des cristaux de sels) Les végétaux sont à leur tour à l'origine d'une pollution par les pollens, les spores et les champignons.

- L'ozone formé naturellement à haute altitude à partir de réaction photochimique impliquant l'oxygène de l'air [4]



Figure I.2 :l'éruption volcanique du Stromboli en Italie vue de la mer

I.7.2 Les sources anthropiques

On appelle émissions atmosphériques anthropiques les émissions d'origine humaine. Ainsi, la majorité des activités humaines sont à l'origine, directe ou indirecte, d'émissions de grandes quantités de polluants.

- L'industrie est un des secteurs majeurs des émissions atmosphériques en dioxyde de soufre (SO2), poussières, métaux lourds, composés organiques volatils (COV), les oxydes d'azote (NOx), ...
- Le transport, qu'il soit aérien, maritime ou terrestre, il émet des quantités considérables de NOx, des particules (PM) dans les gaz d'échappement, du monoxyde de carbone (les imbrulés), des COV,
- Les combustions et les incinérations sont aussi à l'origine de l'émission des métaux, des dioxines, des COV, des COx, des aérosols.
- Le secteur agricole est un responsable majeur des émissions de poussières et d'ammoniac (NH3) à cause du recours aux produits phytosanitaires et aux épandages.
- Les activités domestiques, en utilisant des produits phytosanitaires, des peintures, des produits ménagers, en cuisinant... nous émettons tous des polluants atmosphériques (COV).
- Le chauffage est aussi à l'origine d'une grande partie des émissions du SO2, du CO, des NOx et des PM. Même la climatisation génère indirectement des émissions du fait de sa grande consommation d'électricité mais également si le gaz réfrigérant n'est pas récupéré. [5]

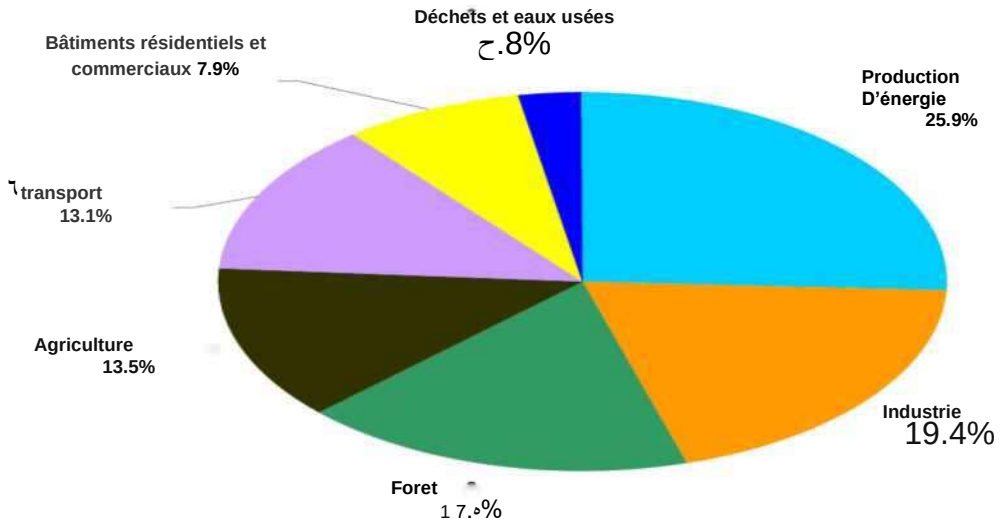


Figure I **-3** : Émissions mondiales de gaz à effet de serre par secteur en 2004

I



Figure1.4 : les sources de pollution

I .8-Les couches de l'atmosphère

A) Troposphère

La troposphère est la couche atmosphérique la plus proche du sol terrestre. Son Épaisseur est variable: 7 kilomètres de hauteur au-dessus des pôles, 18 kilomètres au-dessus De l'équateur et environ 13 kilomètres, selon les saisons, dans la zone tempérée. C'est dans Cette couche qu'on retrouve la plus grande partie des phénomènes météorologiques. Au fur Et à mesure qu'on s'élève dans la troposphère la température décroît de façon régulière

D’environ 6 degrés Celsius tous les 1000 mètres pour atteindre -56 oC à la tropopause (zone séparant la troposphère de la stratosphère). L'air près du sol est plus chaud qu'en altitude car La surface réchauffe cette couche d'air.

B) Stratosphère

La stratosphère est au-dessus de la troposphère. C'est dans la stratosphère qu'on trouve la couche d'ozone. Cette dernière est essentielle à la vie sur Terre, car elle absorbe la Majorité des rayons solaires ultraviolets qui sont extrêmement nocifs pour tout être vivant.

Cette absorption provoque un dégagement d'énergie sous forme de chaleur. C'est pourquoi la température augmente lorsqu'on s'élève dans la stratosphère.

Les mouvements de l'air y sont beaucoup moindres Il s'agit d'un environnement beaucoup plus calme.

C) Mésosphère

La mésosphère est au-dessus de la stratosphère. Dans cette couche, la température Recommence à décroître avec l'altitude pour atteindre -80 oc à une altitude d'environ 80 km.

Les poussières et particules qui proviennent de l'espace (les météores) s'enflamment Lorsqu’elles entrent dans la mésosphère à cause de la friction de l'air. Ce phénomène nous Apparaît sous la forme « d'étoiles filantes ».

D) Thermosphère

La couche la plus haute est la thermosphère. Dans cette couche se trouve la région où près des pôles se forment les aurores boréales et australes. La température augmente avec l’altitude et peut atteindre environ 100 degrés Celsius. La thermosphère atteint des milliers de kilomètres d'altitude et disparaît graduellement dans l'espace. La thermosphère devient presque nulle et les molécules d'air sont très rares.

La partie inférieure de la thermosphère est appelée l'ionosphère. L'ionosphère réfléchit les ondes courtes (ondes radio). Ces ondes, émises par un émetteur, rebondissent sur l'ionosphère et sont renvoyées vers la Terre. Si elles sont retournées avec un certain angle, elles peuvent faire presque le tour du globe. L'ionosphère permet donc de communiquer avec des régions très éloignées.

La séparation entre la mésosphère de la thermosphère s'appelle la mésopause.

La séparation entre la troposphère et la stratosphère porte le nom de Tropopause en particulier, le CO2) **(Schutz, 1995).**

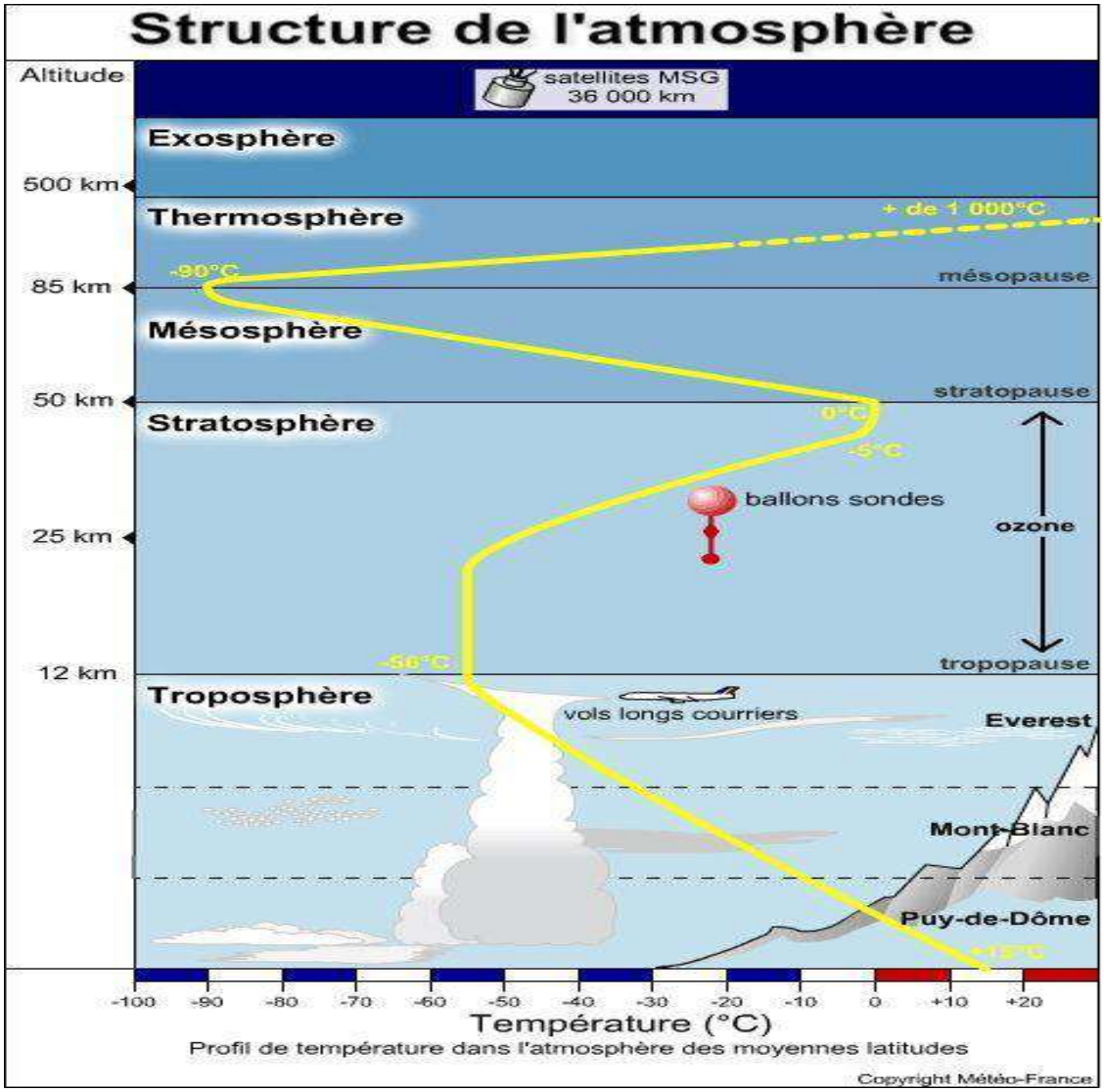


Figure I .5: structure de l'atmosphère

I.9-Les polluant gazeux

Les polluants atmosphériques se produisent dehors ou dans les logements, et peuvent être naturels ou synthétiques.

Quatre gaz sont les principaux responsables de la pollution :

- L'ozone (O3) : le bon et le mauvais. La couche d'ozone, située à haute altitude dans la stratosphère à 30 km au-dessus du sol, est vitale car elle filtre les rayons ultraviolets. C'est le bon ozone.

Le mauvais ozone se trouve dans la basse atmosphère : la troposphère située entre le sol et 15 km d'altitude. C'est alors un polluant issu de transformations chimiques dans l'air entre les oxydes d'azote et les composés organiques volatils (solvants...). Ces réactions sont

fortement stimulées par le rayonnement solaire. L'ozone a des effets sur la santé, les végétaux, les matériaux et le climat (c'est un gaz à effet de serre).

-Le dioxyde d'azote (NO2) :

Oxyde d'azote : Famille des oxydes d'azote couramment regroupé sous la formule NOx et comprenant les composés suivants : le monoxyde d'azote (NO), le dioxyde d'azote (NO2), le protoxyde d'azote (N2O), le tétra oxyde d'azote (N2O4), le trioxyde d'azote (N2O3). Oxydes d'azote (NOx) est un terme générique pour monoxyde d'azote (NO) et dioxyde d'azote (NO2). Les NOx sont formés avant tout lors des processus de combustion à haute température (véhicules, installations industrielles, chauffages). Ils sont émis en grande partie sous forme de NO, qui sera oxydé en NO2.

Le NO2 est alors transformé en acide nitrique et en nitrate. Ces composés se déposeront alors sous forme de pluies acides ou de dépôts secs. A la lumière solaire, le NO2 peut également se scinder en NO et en oxygène atomique (O), qui réagira alors avec l'oxygène de l'air (O2) pour donner de l'ozone (O3). Comme l'ozone ré oxyde le NO, il s'ensuit un équilibre entre les diverses réactions

Le dioxyde d'azote : est un composé chimique de formule NO2. Il s'agit d'un gaz brun- rouge toxique suffocant à l'odeur âcre et piquante caractéristique.

C'est un précurseur de la production industrielle de l'acide nitrique HNO3 et un polluant majeur de l'atmosphère terrestre produit par les moteurs à combustion interne et les centrales thermiques ; il est responsable à ce titre de la présence d'acide nitrique dans les pluies acides, où ce dernier se forme par hydratation du NO2.

- Le dioxyde de soufre (SO2): Composé d'un atome de soufre et de deux atomes d'oxygène, le SO2 est un gaz incolore, d'odeur piquante très irritante, plus lourd que l'air. Il est hydrosoluble et donne par réaction avec la vapeur d'eau l'acide sulfurique. Le dioxyde de soufre ou anhydride sulfureux est le plus abondant des composés soufrés.

Il provient de la combustion des combustibles fossiles (charbons, fiouls) au cours de laquelle les impuretés soufrées sont oxydées par l'oxygène de l'air en SO2. Ce polluant est émis par des sources mobiles et des procédés industriels (fabrication de l'acide sulfurique et des plastiques, raffinage du pétrole, grillage et frittage de minerais sulfureux tels que blende, galène, pyrites, etc.). Globalement, on peut considérer que la production thermique est le principal responsable des émissions de dioxyde de soufre dans l'atmosphère. Ainsi, la

combustion d'une tonne de fuel lourd de qualité moyenne est à l'origine d'une émission d'environ 50 kg de dioxyde de soufre.

- Le monoxyde de carbone (CO) : C'est un gaz combustible, détonnant à faible concentration, particulièrement sournois, toxique et très dangereux par ses effets irréversibles (Il détruit les cellules nerveuses de façon irrémédiable pouvant être mortel suivant la concentration et l'activité soutenue durant le temps d'inhalation.

I.10-Les effets de la pollution de l'air :

L'air est indispensable à la vie, mais il peut avoir des effets nocifs si sa qualité est mauvaise. Sa pollution constitue un danger immédiat pour la santé, mais a également un effet qui s'amplifie au fil des années. Les personnes les plus sensibles, comme les enfants, les personnes âgées, les grands fumeurs, les malades du cœur ou des poumons, sont les plus concernées par la pollution atmosphérique. Pour celles-ci, la pollution peut favoriser des maladies, en aggraver certaines, et parfois même précipiter les décès.

Les effets de la pollution de l'air sur la santé augmentent en fonction des concentrations des substances polluantes dans l'air et de la durée d'exposition. La réglementation définit, pour certains indicateurs de la pollution, des concentrations de références pour guider l'action des pouvoirs publics. Il s'agit des valeurs limites et des seuils d'alerte.

La plupart des études épidémiologiques portant sur les effets de l'exposition aux contaminants de l'air peuvent être catégorisées selon deux grands types de design de recherche :

1) les études de séries temporelles fournissent des renseignements sur les effets aigus (effets à court terme) et,

2) les études de cohortes donnent des renseignements relatifs aux effets chroniques (effets à long terme).

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'estimation des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique devrait inclure les effets aigus et les effets chroniques (Organisation mondiale de la santé, 2000). Les études épidémiologiques montrant une association entre les concentrations ambiantes de contaminants et une augmentation de la mortalité, n'ont pas déterminé de seuil, c'est-à-dire une concentration minimale en deçà de laquelle il n'y aurait pas d'effet significatif. Il apparaît que la relation entre les concentrations de contaminants et les effets sur la santé est linéaire.

I.10.1-Effets sur la santé :

Les polluants peuvent agir à différents niveaux du corps humain : (voir Tableau II-3**)**

- au niveau de la peau : c'est le cas notamment des vapeurs irritantes et des Phénomènes d'allergies
- au niveau des muqueuses
- Au niveau des alvéoles pulmonaires. Les polluants se dissolvent et passent dans le sang ou dans les liquides superficiels, et au niveau des organes - Certains toxiques véhiculés par le sang peuvent s'accumuler dans des organes.

Tableau I-3 : effets et conséquences des polluants sur la santé

Origine	**Conséquences**	**Effet sur la santé**
Oxyde d'azote NOx le monoxyde d'azote NO et le dioxyde d'azote NO2sont principalement produits par les transports.	Formation d'ozone dans la basse atmosphérique et favorise les pluies acides.	Puissant irritant des voies respiratoires en s'infiltrant jusque dans les alvéoles au niveau des bronches il favorise les infections.
Dioxyde de soufre SO2 : Provient de la combustion du fuel, charbon et diesel.	Contribue au phénomène des pluies acides	Gaz irritant avec effets broncho constricteurs et essoufflements chez les asthmatiques Toux et gêne respiratoire chez l'adulte Altération des fonctions respiratoires chez l'enfant
Monoxyde de carbone CO : produit par les moteurs a essence	Formation d'ozone dans la basse atmosphérique.	Liaison irréversible sur l'hémoglobine Baisse de l'oxygénation

Ozone O3 : Produit dans la basse atmosphérique par interaction entre les ultraviolets et les gaz tel que CO, SO2 ,NOx COV et hydrocarbures .	Forte dégradation de la qualité de l'air, pluies acides et effet de serre.	Atteint facilement les alvéoles pulmonaires, toux altération Pulmonaire surtout chez l'enfant et l'asthmatique effet aggraves par l'exercice physique.

Les Effets polluants peuvent avoir des effets selon diverses échelles :

- Effets immédiats, tels que ceux observés lors des accidents historiques,
- Effets à brève échéance,

Effets à long terme, constatés après une exposition chronique, à des concentrations qui peuvent être très faibles

I.10.2-Effets sur le cadre bâti :

Les matériaux sont essentiellement affectés par la pollution acide qui entraîne une dégradation des édifices, monuments ou façades d'immeubles. La pollution atmosphérique met en danger notre patrimoine culturel et occasionne d'onéreux travaux de ravalement de façades ou de restauration des monuments.

I.10.3-Effets sur l'environnement :

« L'environnement s'inscrit d'abord dans une logique de rationalisation Administrative et non dans une logique de participation et de communication écologique » *L'effet de la pollution atmosphérique sur l'environnemen*t est divers, par exemple les arbres vivent et dépérissent pour des causes naturelles très variées ne serait-ce que l'âge. Le dépérissement soudain constaté surtout depuis 1980 semble relever de causes tout à fait inhabituelles. Les responsables considèrent que la pollution atmosphérique est l'un des nombreux éléments participant aux dépérissements forestiers.

En France, le programme DEFORPA (dépérissement des forêts attribué à la pollution atmosphérique) ainsi que des recherches en laboratoires, ont montré que les causes du dépérissement forestier sont très complexes telles quels sols de mauvaise qualité, sécheresse anormale, présence de polluants dans l'atmosphère principalement la pollution acide et

l'ozone.

I.10.4-Effets sur les écosystèmes d'eau douce :

L'acidification des lacs et des cours d'eau entraîne une destruction parfois irréversible de la vie aquatique. La baisse du pH provoque la mise en solution de métaux contenus naturellement dans le sol, comme l'aluminium toxique à l'état dissous pour presque la totalité des organismes vivants.

I.10. 5-Les effets de l'appauvrissement de la couche d'ozone :

La diminution de la couche d'ozone représente un redoutable problème environnemental.

L'amincissement de cette couche protectrice accroît, à la surface de la Terre, le rayonnement des ultraviolets causant les coups de soleil. Il a été prouvé que l'exposition à ces rayons ultraviolets a des effets importants sur notre environnement.

Elle peut causer la détérioration de l'écosystème aquatique, réduire le rendement des cultures agricoles et être néfaste pour les forêts. L'exposition aux rayons UV est nuisible pour la santé humaine car elle endommage les yeux, elle diminue l'efficacité de notre système de défense immunitaire et peut provoquer l'apparition du cancer de la peau. C'est pourquoi, en France, la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie est à l'origine de trois plans régionaux :

- Le plan régional pour la qualité de l'air présenté en 1999 (PRQA).
- Le plan de protection de l'atmosphère (PPA).
- le plan de déplacement urbain (PDU) présenté en 1999, actuellement en révision Chacun de ces plans tente d'exposer et de mieux comprendre les composantes de la pollution atmosphérique afin d'y remédier suivant des objectifs propres par des propositions et des décisions. Ainsi, "pour être durable, la ville se doit de conjuguer densité urbaine et circulation douce, qualité urbanistique et transport en commun."

Chacun de ces plans tente d'exposer et de mieux comprendre les composantes de la pollution atmosphérique afin d'y remédier suivant des objectifs propres par des propositions et des décisions. Ainsi, "pour être durable, la ville se doit de conjuguer densité urbaine et circulation douce, qualité urbanistique et transport en commun."

Chapitre II:
Modèle physique et formulation mathématique

II.1Introduction :

Nous présentons dans cette partie un modèle physique et les équations fondamentales de la mécanique de fluide que nous utilisons doivent être complétées, en raison de caractère turbulent des phénomènes, par un modèle de turbulence.

Dans son ensemble, la mécanique des fluides est gouvernée par trois équations fondamentales. Celles -ci sont l'équation de continuité, l'équation de la quantité de mouvement et l'équation d'énergie.

Ensuite, nous faire une formulation mathématique des équations de Navier-stokes qui régissent le mouvement turbulence.

II.2 Modèle physique :

Différents batiments à plafonds bas ont été sélectioner afin d'etudier l'effet des polluants gazeux sur les plafonds , la figure suivante montre les types de toits pour les batiments .

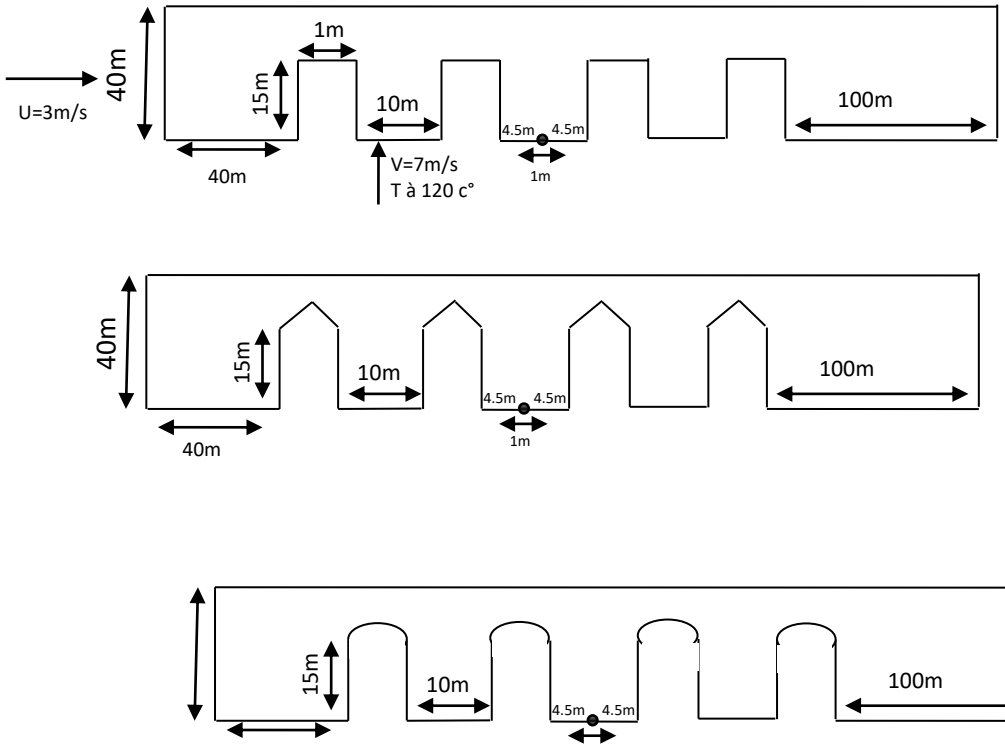


Figure2-1 : les types de toits des bâtiments

II.3. Formulation mathématique.

II.3.1 les équations de Navier-Stokes incompressibles.

Pour un gaz parfait et dans le cas où l'on néglige l'action de la pesanteur, on doit résoudre le système d'équations suivant :

- Équation de continuité (ou équation de bilan de la masse) .
- Équation de bilan de la quantité de mouvement (ou équations de Navier-Stokes).
- Équation de bilan de l'énergie.

❖ La formulation différentielle générale de ces équations est :

➢ **Équation de continuité (ou équation de bilan de la masse)** :

De façon générale, le solveur de CFX résout l'équation de Navier-Stokes ainsi que les équations de conservation de la masse et de l'énergie. Ces équations sont résolues en coordonnées cartésiennes à trois dimensions (quatre dimensions si on compte le temps).

L'équation de conservation de la masse s'exprime sous la forme :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla}.\left(\rho \vec{U}\right) = S_{\mathrm{m}} \qquad \textbf{(II.1)}$$

Où O est le vecteur vitesse du fluide et SM est le terme source de masse. Dans le cas où la masse de fluide est constante, SM prend une valeur nulle.

L'équation de Navier-Stokes peut être exprimée sous une forme générale (celle utilisée par CFX) par :

$$\frac{\partial(\rho\vec{U})}{\partial t} + \vec{\nabla}.(\rho\vec{U} \otimes \vec{U}) = -\vec{\nabla}p + \vec{\nabla}.\vec{\tau} + \vec{S}M \qquad (II.2)$$

Ou :

$$\vec{\nabla}.(\rho\vec{U} \otimes \vec{U}) = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x}(\rho UxUx) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho UyUx) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho UzUx) \\ \frac{\partial}{\partial x}(\rho UxUy) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho UyUy) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho UzUy) \\ \frac{\partial}{\partial x}(\rho UxUz) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho UyUz) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho UzUz) \end{pmatrix} \qquad (II.3)$$

$\vec{\tau}$ est le tenseur de stress visqueux,

$$\vec{\tau} = \mu(\vec{\nabla}\vec{U} + (\vec{\nabla}\vec{U})^T - \frac{2}{3}\delta\vec{\nabla}.\vec{U}) \qquad (II.4)$$

Où μ est la viscosité dynamique (en Pa. s) et δ est la matrice identité

$$\delta = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Et SM le terme source de l'impulsion (moment Um) Ux est la composante dz la vitesse dans direction x et ainsi de suite pour Uy et Uz .

Cette équation vectorielle nous donne trois équation scalaires .une pour chaque direction spatiale.

Le solveur de CFX résout donc les trois équations aux dérivées partielles ci-dessous :

- Selon OX :

$$\frac{\partial(\rho U_x)}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(\rho U_x U_x)+\frac{\partial}{\partial y}(\rho U_y U_x)+\frac{\partial}{\partial z}(\rho U_z U_x)=-\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial x}\mu\left(\frac{4}{3}\frac{\partial U_x}{\partial x}-\frac{2}{3}\frac{\partial U_y}{\partial y}-\frac{2}{3}\frac{\partial U_z}{\partial z}\right)$$
$$+\frac{\partial}{\partial y}\mu\left(\frac{\partial U_x}{\partial y}+\frac{\partial U_y}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\mu\left(\frac{\partial U_x}{\partial z}+\frac{\partial U_z}{\partial x}\right)+S_{Mx} \qquad (II.5)$$

➢ **Selon OY :**

$$\frac{\partial(\rho U_y)}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(\rho U_x U_y)+\frac{\partial}{\partial y}(\rho U_y U_y)+\frac{\partial}{\partial z}(\rho U_z U_y)=-\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial x}\mu\left(\frac{\partial U_x}{\partial y}+\frac{\partial U_y}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\mu\left(\frac{2}{3}\frac{\partial U_x}{\partial x}+\right.$$
$$\left.\frac{4}{3}\frac{\partial U_y}{\partial y}-\frac{2}{3}\frac{\partial U_z}{\partial z}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\mu\left(\frac{\partial U_y}{\partial z}-\frac{\partial U_z}{\partial y}\right)+S_{My} \qquad (II.6)$$

➢ **Selon OZ :**

$$\frac{\partial(\rho U_z)}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(\rho U_x U_z)+\frac{\partial}{\partial y}(\rho U_y U_z)+\frac{\partial}{\partial z}(\rho U_z U_z)=-\frac{\partial p}{\partial z}+\frac{\partial}{\partial x}\mu\left(\frac{\partial U_x}{\partial z}+\frac{\partial U_z}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\mu\left(\frac{\partial U_y}{\partial z}+\right.$$
$$\left.\frac{\partial U_z}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\mu\left(-\frac{2}{3}\frac{\partial U_x}{\partial x}-\frac{2}{3}\frac{\partial U_y}{\partial y}+\frac{4}{3}\frac{\partial U_z}{\partial z}\right)+S_{Mz} \qquad (II.7)$$

Le solveur de CFX est basé sur la pression .les éqautions sont donc discrétisées de facon à résoudre les équations en fonction de la pression , et la densité est plutot calculée dans le post –traiement.

Lorsque les effets de la viscosité sont négligeables, alors l'équation de Navier- Stokes tend vers l'équation d'Euler.

Les équations présentées plus haut sont discrétisées de façon implicite, c'est-à-dire que le passage d'un pas de temps à un autre se fait de façon itérative sur des équations non-linéaires. En mode transitoire, deux schémas transitoires sont disponibles, soit Euler en amont au premier et au second ordre ("First Order Backward Euler" et "Second Order Backward Euler"). Il est possible d'imposer des pas de temps constants tout au long du calcul , ou de les rende adaptatifs selon certains critéres choisis .

Pour le schéma d'advection ,trois options sont possibles .le plus robuste ,mais aussi le moins précis, est le schéma au premier ordre en amont "Up Wind". Ce schéma cause de la diffusion numérique, ce qui a pour effet d'étaler les variations des propriétés thermodynamiques aux endroits où il y a une présence de forts gradients, comme des chocs. Par contre, il peut être utile pour obtenir une première estimation d'un cas en régime permanent qui serait capricieux envers les schémas plus précis mais moins robustes. Le schéma "Specified Blend Factor" permet de choisir l'amplitude du facteur de correction au deuxième ordre servant à corriger les effets de la diffusion numérique.

Par exemple, un facteur de 0 sera équivalent au schéma "Upwind", et un facteur de 1 donnera un schéma pleinement au deuxième ordre. Le schéma "High Resolution" calcule pourchaque nœud la diffusion numérique. Le calcul de ce facteur est basé sur les gradients autour du noeud. Le terme de correction de la diffusion numérique permet une meilleure définition des chocs présents dans un écoulement. Par contre, il induit des oscillations numériques non- physiques dans les solutions autour des chocs.

Ainsi, l'incompressibilité d'un fluide (dp/0 t = 0)

- **Équation de bilan de la quantité de mouvement**.

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \rho(\overrightarrow{grad}).\vec{u} = -\overrightarrow{grad}\,p + div\left(2\mu\overline{\overline{D}}\right) - \frac{2}{3}\overrightarrow{grad}(\mu\, div\,\vec{u}) \qquad \text{(II.8)}$$

➢ *Selon OX :*

$$\rho\left(\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z}\right) + (\rho - \rho_0)g_x \qquad \text{(II.9)}$$

➢ *Selon OY :*

$$\rho\left(\frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} + w\frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z}\right) + (\rho - \rho_0)g_y \qquad \text{(II.10)}$$

➢ *Selon OZ :*

$$\rho\left(\frac{\partial w}{\partial t}+u\frac{\partial w}{\partial x}+v\frac{\partial w}{\partial y}+w\frac{\partial w}{\partial z}\right)=-\frac{\partial p}{\partial z}+\left(\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x}+\frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y}+\frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z}\right)+(\rho-\rho_0)g_z \qquad \text{(II.11)}$$

Où les composants du tenseur des contraintes visqueuses sont donnés par :

$$\mu=\tau_{xy}=\mu\left[\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right]\right.$$

$$\tau_{yz}=\tau_{zy}=\mu\left[\left(\frac{\partial v}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial y}\right]\right.$$

$$\tau_{xz}=\tau_{zx}=\mu\left[\left(\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial x}\right]\right.$$

$$\tau_{xx}=\mu\left[2\frac{\partial u}{\partial x}\right];\ \tau_{yy}=\mu\left[2\frac{\partial v}{\partial y}\right];\ \tau_{zz}=\mu\left[2\frac{\partial w}{\partial z}\right].$$

➢ **Équation de bilan de l'énergie.**

$$\frac{\partial(\rho e)}{\partial t}+\vec{\nabla}.[\,(\rho e.P)\vec{v}]=\vec{\nabla}.(\bar{\tau}.\vec{v})+\rho\vec{f}.-\vec{\nabla}.(\vec{q})+r \qquad \text{(II.12)}$$

Dans ces équations :

- t représente le temps (unité SI :s) ;
- p désigne la masse volumique du fluide (unité SI : kg-m^{-3}) ;
- *u* = (vl, v2, v3) désigne la vitesse eulérienne d'une particule fluide (unité SI : m-s'^{1}) ;
- P désigne la pression (unité SI : Pa) ;
- *r* désigne la résultante des forces massiques s'exerçant dans le fluide (unité SI : N-kg^{-1})
- *r* = (ri, j) i, j est le tenseur des contraintes visqueuses (unité SI : Pa) ;
-
- e est l'énergie totale par unité de masse (unité SI : J-kg^{-1}) ;
- q・ est le flux de chaleur perdu par conduction thermique (unité SI : J・m-2・s-
- r représente la perte de chaleur volumique due au rayonnement (unité SI : J-m^{-3}-s^{-1}).

Remarque :

L'énergie totale peut se décomposer en énergie interne *U* et en énergie cinétique selon:

$$e = u + \frac{1}{2}\vec{v}.\vec{v} = u + \frac{1}{2}v^2 \qquad \text{(II.12)}$$

- L'opérateur nabla, qui s'exprime sous la forme xi x2 x3 :

$$\vec{\nabla} = \left(\frac{\partial}{\partial x1}, \frac{\partial}{\partial x2}, \frac{\partial}{\partial x3}\right) \qquad \text{(II.14)}$$

En coordonnées cartésiennes, est un opérateur de dérivation spatiale du 1er ordre. Les opérateurs gradient, divergence et laplacien peuvent s'écrire à l'aide de cet opérateur :

- $div\vec{a} = \vec{\nabla}.\vec{a}$
- $\overrightarrow{grad}\, A = \vec{\nabla}\,\vec{a}$
- $\Delta A = \vec{\nabla}.(\vec{\nabla} A) = \nabla^2 A$

En coordonnées cartésiennes (x1, x2, x3), les équations de conservation s'écrivent :

- **Équation de continuité**

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \sum_{j=1}^{3} \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho U_j) = 0 \qquad \text{(II.15)}$$

- **Équation de bilan de la quantité de mouvement (i=1,2,3)**

$$\frac{\partial \rho U_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho U_i U_j) = -\frac{\partial P\prime}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\mu_{eff}\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right)\right] + S_M \qquad \text{(II.16)}$$

- **Équation de bilan d.**

$$\frac{\partial(\rho e)}{\partial t} + \sum_{i=1}^{3} \frac{\partial}{\partial x_i}[(\rho e + p)v_i] = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} \frac{\partial}{\partial x_i}(\tau_{i,j} v_j) + \sum_{i=1}^{3} \rho f_{iv_i} - \sum_{i=1}^{3} \frac{\partial \dot{q}_i}{\partial x_i} + r \qquad \text{(II.17)}$$

II.3.2. Fluide newtonien, hypothèse de Stokes :

En première approximation, pour de nombreux fluides usuels comme l'eau et l'air, le tenseur des contraintes visqueuses est proportionnel à la partie symétrique du tenseur des taux de déformation (hypothèse du fluide newtonien) et le flux de chaleur est proportionnel au gradient de la température (loi de Fourier), c'est-à-dire :

$$\bar{\bar{\tau}} = \mu\,[(\vec{\nabla} \otimes \vec{v}) + (\vec{\nabla} \otimes \vec{v})^t] + \eta(\vec{\nabla}.\vec{v})\,\bar{\bar{I}} \qquad \text{(II.18)}$$

$$\vec{q} = -\lambda\,\vec{\nabla}T \qquad \text{(II.19)}$$

Où :

- *fi* désigne la viscosité dynamique du fluide (unité SI : Po (Poiseuille),1 Po = 0,1 Pa-s) ;
- *V* désigne la viscosité de volume du fluide (unité SI : Po) ;
- n désigne le tenseur unité ;
- I désigne la conductivité thermique du fluide (unité SI : $W.K^{-1}.m^{-1}$) ;
- désigne la conductivité thermique du fluide (unité SI : $W.K^{-1}.m^{-1}$
- T désigne la température (unité SI : K).

Les viscosités dynamiques et de volume sont supposées constantes. L'ensemble des fluides pour lesquels cette hypothèse est vérifiée sont appelés fluides newtoniens.

On lui adjoint généralement l'hypothèse de Stokes :

$$3\eta + 2\mu = 0 \qquad \text{(II.20)}$$

Cette hypothèse n'est vraie que pour des fluides simples comme l'eau, l'air et des gazcomme le méthane.

On peut alors réécrire l'équation de quantité de mouvement sous la forme :

$$\rho\left[\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v}.\vec{\nabla})\vec{v}\right] = -\vec{\nabla}p + \mu\left[\nabla^2\vec{v} + \frac{1}{3}\vec{\nabla}(\vec{\nabla}.\vec{v})\right] + \rho\vec{f} \qquad \text{(II.21)}$$

Remarque : De nombreux fluides complexes, tels que les polymères, les hydrocarbures lourds, le miel,ou encore la pâte de dentifrice, ne vérifient pas ces hypothèses : on recourt alors à d'autres lois de comportement visqueux, dites non newtoniennes (par exemple ;

la loi du fluide de Bing Ham). La science chargée d'étudier les relations entre contrainte et déformation pour de tels fluides s'appelle la rhéologie.

II .3.3 Expression pour les écoulements de fluides compressibles :

L'écoulement d'un fluide est dit incompressible lorsque l'on peut négliger ses variations demasse volumique au cours du temps. Cette hypothèse est vérifiée pour l'eau liquide et les métaux en fusion. Elle est aussi vérifiée pour les gaz lorsque le nombre de Mach Ma.est faible. En général, on considère l'écoulement incompressible lorsque Ma<0,3. Dans le cas contraire, c'est-à-dire pour un écoulement compressible, on adjoint pour fermer le système une équation d'état du fluide, de la forme :

$$f(p,\rho,T)=0 \qquad \text{(II.22)}$$

Pour un gaz parfait, cette équation d'état s'écrit:

$$p=\rho\frac{R}{M}T \qquad \text{(II.23)}$$

où R désigne la constante des gaz parfaits et M la masse molaire du fluide.

Ainsi, en négligeant les pertes de chaleur par rayonnement, pour un écoulement compressible de fluide visqueux newtonien vérifiant l'hypothèse de Stokes et la loi des gaz parfaits, on obtient un système de 6 équations à 6 inconnues *P*, *V*, *P* et *T*

$$\frac{\partial\rho}{\partial t}+\vec{\nabla}.(\rho\vec{v})=0 \qquad \text{(II.24)}$$

$$\rho\left[\frac{\partial\vec{v}}{\partial t}+(\vec{v}.\vec{\nabla})\,\vec{v}\right]=-\vec{\nabla}p+\mu\left[\nabla^2\vec{v}+\frac{1}{3}\vec{\nabla}(\vec{\nabla}.\vec{v})\right]+\rho\vec{f} \qquad \text{(II.25)}$$

$$\frac{\partial(\rho e)}{\partial t}+\vec{\nabla}.[(\rho e+p)\vec{v}]=\vec{\nabla}.(\bar{\bar{\tau}}.\vec{v})+\rho\vec{f}.\vec{v}+\vec{\nabla}.(\lambda\vec{\nabla}T) \qquad \text{(II.26)}$$

$$p=\rho\frac{R}{M}T \qquad \text{(II.27)}$$

L'énergie totale par unité de masse e est reliée à la pression, la masse volumique et à lavitesse par l'équation :

$$p = (\gamma - 1)\rho(e - \frac{1}{2}v^2) \qquad \text{(II.28)}$$

Où *Y* désigne l'exposant isentropique du gaz parfait.

II.3.4.Expression pour les écoulements de fluides incompressibles

Pour un fluide visqueux newtonien et lorsque l'écoulement est incompressible, l'équationde l'énergie est découplée des équations de continuité et de quantité de mouvement, c'est -à- dire qu'on peut déterminer la vitesse et la pression indépendamment de l'équation de l'énergie. L'expression des équations de continuité et de quantité de mouvement sont considérablement simplifiées. On obtient alors :

- **Équation de continuité appelée alors équation d'incompressibilité**

$$\vec{\nabla}.\vec{v} = 0 \qquad \text{(II.29)}$$

Équation de bilan de la quantité de mouvement :

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \left(\vec{v}.\vec{\nabla}\right)\vec{v} = -\frac{1}{2}\vec{\nabla}p + \nu\nabla^2\vec{v} + \vec{f} \qquad \text{(II.30)}$$

Ou V= U/P désigne la viscosité cinématique du fluide (unité SI :m².S-1) et (U. V)fl est le terme *de convection.*

II .3.4.1Expression en coordonnées cartésiennes (x, y, z)

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0 \qquad \text{(II.31)}$$

Et

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \nu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right) + f_x \qquad \text{(II.32)}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} + w\frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} + \nu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right) + f_y \qquad \text{(II.33)}$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u\frac{\partial w}{\partial x} + v\frac{\partial w}{\partial y} + w\frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} + \nu\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right) + f_z \qquad \text{(II.34)}$$

II.3.4.2Expression en coordonnées cylindriques (r, 0, z)

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(ru_r)+\frac{1}{r}\frac{\partial u_\phi}{\partial \phi}+\frac{\partial u_z}{\partial z}=0 \qquad (II.35)$$

Et

$$\frac{\partial u_r}{\partial t}+u_r\frac{\partial u_r}{\partial r}+\frac{u_\phi}{r}\frac{\partial u_r}{\partial \phi}+u_z\frac{\partial u_r}{\partial z}-\frac{u_\phi^2}{r} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial r}+\nu[\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial u_r}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 u_r}{\partial \phi^2}+\frac{\partial^2 u_r}{\partial z^2}-\frac{u_r}{r^2}-\frac{2}{r^2}\frac{\partial u_\phi}{\partial \phi}]+f_r \qquad (II.36)$$

$$\frac{\partial u_\phi}{\partial t}+u_r\frac{\partial u_\phi}{\partial r}+\frac{u_\phi}{r}\frac{\partial u_\phi}{\partial \phi}+u_z\frac{\partial u_\phi}{\partial z}+\frac{u_r u_\phi}{r} = -\frac{1}{\rho r}\frac{\partial p}{\partial \phi}+\nu\left[\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial u_\phi}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 u_\phi}{\partial \phi^2}+\frac{\partial^2 u_\phi}{\partial z^2}+\frac{2}{r^2}\frac{\partial u_r}{\partial \phi}-\frac{u_\phi}{r^2}\right]+f_\phi \qquad (II.37)$$

$$\frac{\partial u_z}{\partial t}+u_r\frac{\partial u_z}{\partial r}+\frac{u_\phi}{r}\frac{\partial u_z}{\partial \phi}+u_z\frac{\partial u_z}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}+\nu\left[\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial u_z}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 u_z}{\partial \phi^2}+\frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2}\right]+f_z \qquad (II.38)$$

II.4. La Turbulence :

La turbulence est un phénomène présent de manière très facilement visible dans la nature:

❖ Dans l'air : les rafales de vent, les mini-tornades dans le désert, le panache de fumée des grandes cheminées, turbulence atmosphérique (tourbillons de taille > 1000 km) ...

❖ Dans l'eau : le lait dans le café, les remous dans les rivières....

❖ Dans la mer : le Gulf Stream

❖ Dans la terre : le mouvement des plaques continentales

❖ Dans l'espace : l'atmosphère externe de Jupiter

❖ Il est également très présent dans les écoulements industriels :

II.4.1 Les effets de la turbulence :

- **Effets positifs** : l'augmentation du mélange permet d'améliorer la combustion par exemple, d'améliorer la portance des avions, de réduire la température
- /**Effets négatifs** : diffusion de la pollution D'autre part, certaines grandeurs macroscopiques sont bien reproductibles. Par exemple:

- traînée et portance d'une voiture dans une soufflerie donnée

- débit d'une conduite à haut Reynolds
- puissance d'un moteur à combustion
- température maximale des disques de frein;
- durée de persistance du sillage d'un avion de ligne;
- portance et traînée d'un avion.

II.4.2 Les modèles Turbulence.

II.4.2.1 Le modèle k-e

Le modèle k-£ standard qui se base sur le concept bousinesq (1977) les termes des contraintes de Reynolds sont [13] :

$$-\overline{\rho u_i u_j} = 2\mu_t s_{ij} - \frac{2}{3}\rho k \delta_{ij}$$

$$s_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right)$$ Est le tenseur de Reynolds

$$\mu_t = \rho \nu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$ La Viscosité turbulente

Avec $C\mu = 0{,}09$

l'énergie cinétique turbulent est défini par :

$$K = \frac{1}{2}\overline{u_i u_i} = \frac{1}{2}\left(\overline{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2}\right)$$

Le taux de dissipation £ de l'énergie cinétique k est donné par :

$$\varepsilon = \nu \overline{\frac{\partial u_i \partial u_i}{\partial x_j \partial x_j}}$$

- **Coefficient du modèle k-£**

L'adaptation des constants standards du modèle. Rend le système d'équation opérationnel. Elles sont réunies dans le tableau

C_μ	$C_{\varepsilon 1}$	$C_{\varepsilon 2}$	σ_k	σ_ε
0.09	1.44	1.29	1	1.3

Tableau II-3 : valeurs des constants du modèle k-ε [14

Il est indispensable de savoir que le modèle k- ε est applicable aux écoulements à nombre de Reynolds élevé.

II.4.2.2 Modèle RNG k- ε :

Le modèle RNG, développé par le groupe de normalisation [15] consiste en une estimation au cours du calcul de la constante **Cs**l , remplacée dans l'équation de dissipation par CI . Cette expression ajoute un terme fonction du taux de déformation n à l'équation du taux de dissipation le rendant ainsi moins diffusif.

$$C'_{\varepsilon 1} = C_{\varepsilon 1} - \frac{\eta\left(1-\frac{\eta}{\eta_0}\right)}{1+\beta\eta^3}$$

Avec :

$$\eta = \frac{k}{\varepsilon}\sqrt{\frac{P}{\eta_t}}$$

Les constants du modéle RNG ont pour valeur :

C_μ	$C_{\varepsilon 1}$	$C_{\varepsilon 2}$	σ_ε	η_0	β
0.085	1.42	1.68	0.7179	4.38	0.015

Tableau II-4 : constantes du modèle RNG k-ε

CHAPITRE III :

Résultats et Discussions.

III.1 Introduction :

Dans ce chapitre on a étudié l'évolution de la distribution de chacun des : fraction volumique la température la vitesse et les lignes de courant d'après les différents cas.

III.2 Présentation de code ANSYS-CFX :

CFX est un nom générique qui regroupe un ensemble de codes de CFD d'usage universel capable de traiter des écoulement tris

Dimensionnels complex.il comprend aussi des logiciels de génération de maillage, de création de géométrie d'importation depuis la CAO

Le code de calcul ANSYS-CFX utilise une méthode couplée ou les équations dynamique (u.v. ; w et p) sont résolues comme une équation unique. Cette méthode utilise une approche entièrement pour chaque pas de temps dans le cas d'un écoulement stationnaire, le pas de temps se comporte comme un paramètre d'accélération pour rendre la solution stationnaire convergente et plus au moins réelle.

III-3 Interprétations de résultats :

III.3 .1 Evolution de la pression :

La figure III.1 montre l'évolution de la pression. D'après la figure on remarque que la pression atteint son maximum devant le début de la source p=9 Pa

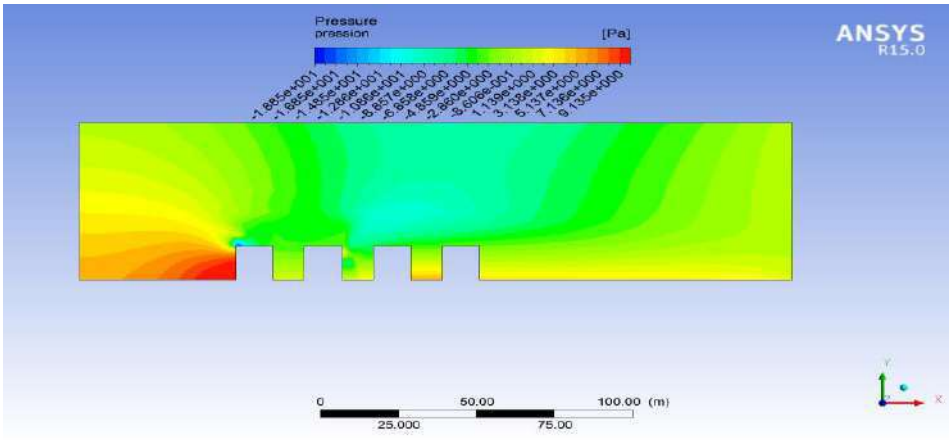


Figure 3 .1 contours de la variation de la pression

La figure III .2 représente la variation de la pression, d'après la figure on remarque que la pression il a pris une valeur maximale avant la source puis a commencé à diminuer progressivement.

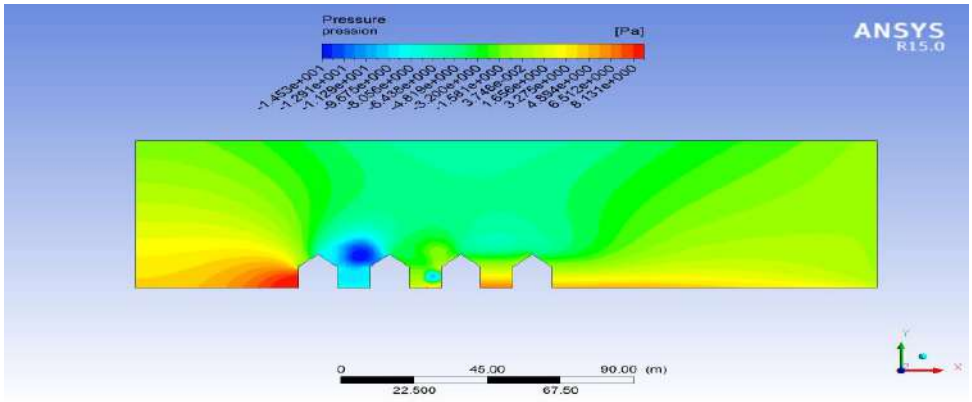


Figure : 3-2 : contours de la variation de la pression

La figure III -3 représente la variation de la pression d'après la figure on remarque que la pression il a pris une valeur maximale avant la source (CO) puis commencé à diminuer.

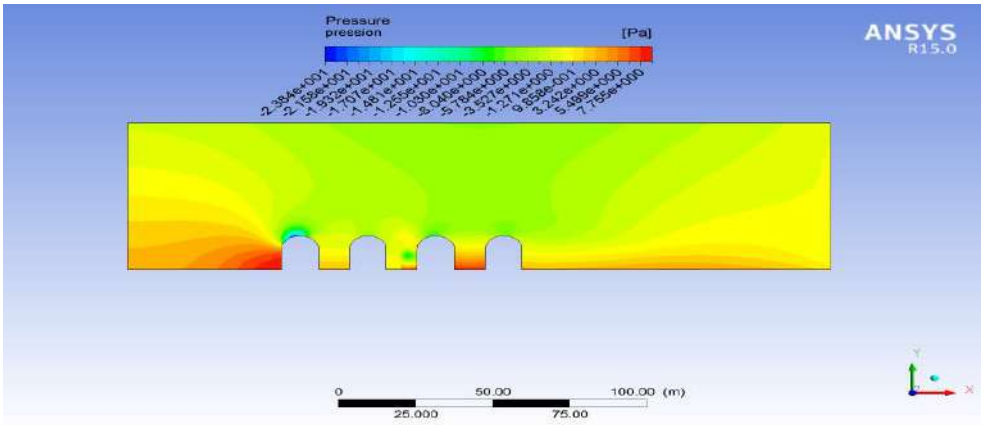


Figure 3-3 : contours de la variation de la pression

III .3.2 Evolution de la vitesse :

La figure 3-4 représente la variation de la vitesse, d'après la figure on remarque que la vitesse atteint son maximum dans la source de CO Ensuite une diminution de la vitesse

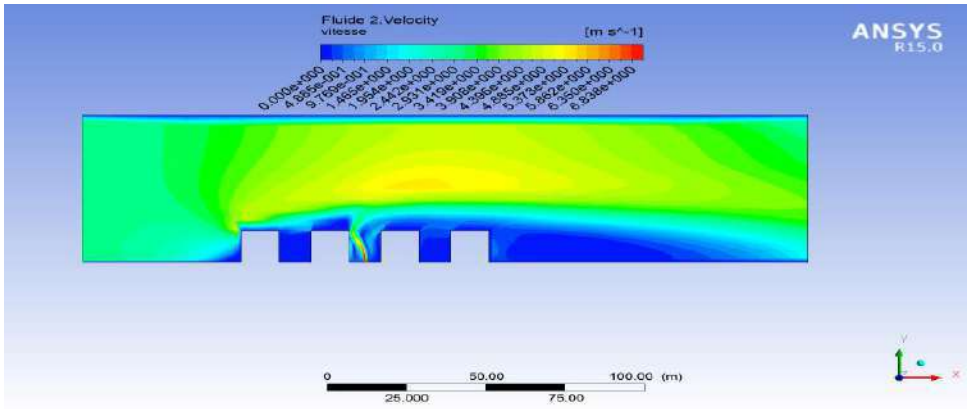


Figure 3.4 : contours de la variation de la vitesse

La figure 3-5 représente la variation de la vitesse, d'après la figure on remarque la vitesse atteint son maximum dans la source v=6m/s.

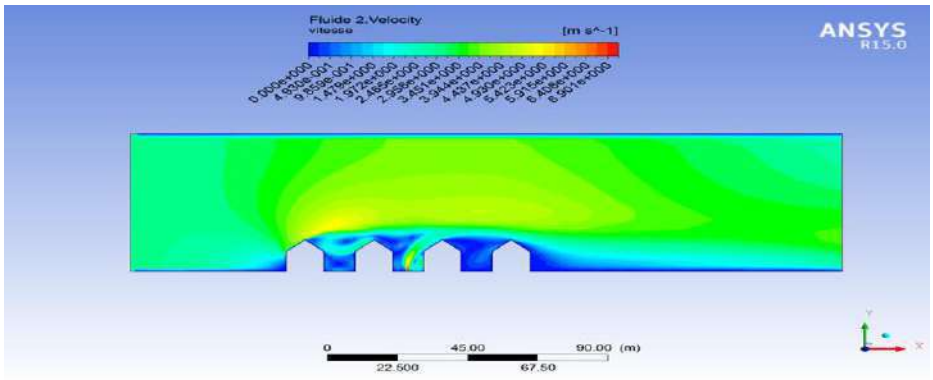


Figure 3-5 contours de la variation de la vitesse

La figure 3-6 représente la variation de la vitesse, d'après la figure on remarque que la vitesse attient son maximale dans la source v= 6 m/s, ensuite une diminuer progressivement.

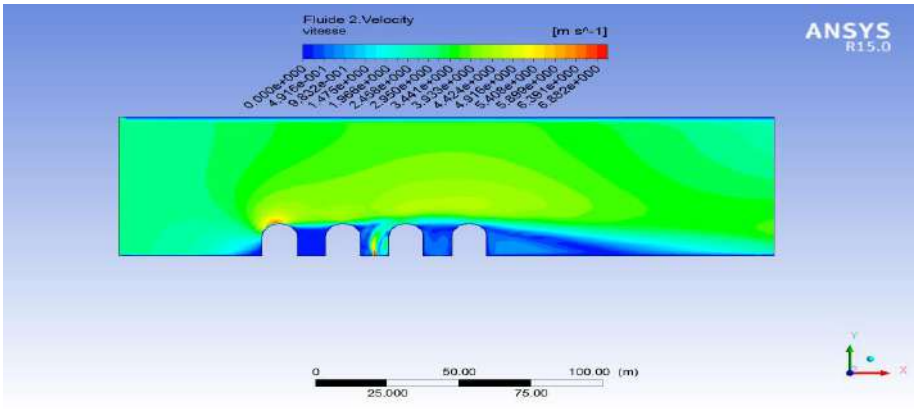


Figure 3-6 : contours de la variation de la vitesse

III.3 .3 Evolution de la température :

La figure 3. 7 représente la variation de la température on remarque que la température est élevée T=389 K juste près de la source de CO, Ensuite une diminution équitable de la température jusqu'à T= 293 K.

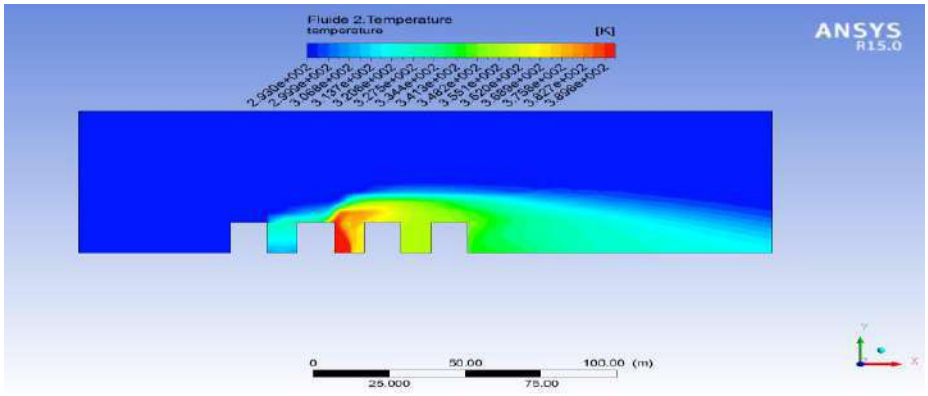


Figure 3-7: contours de la variation de la température

La figure 3-8représente la variation **d**e la température, d'après la figure 3-8, on remarque que la température est devenue T=389 juste près de la source de CO, en suit une diminution de température T=293k.

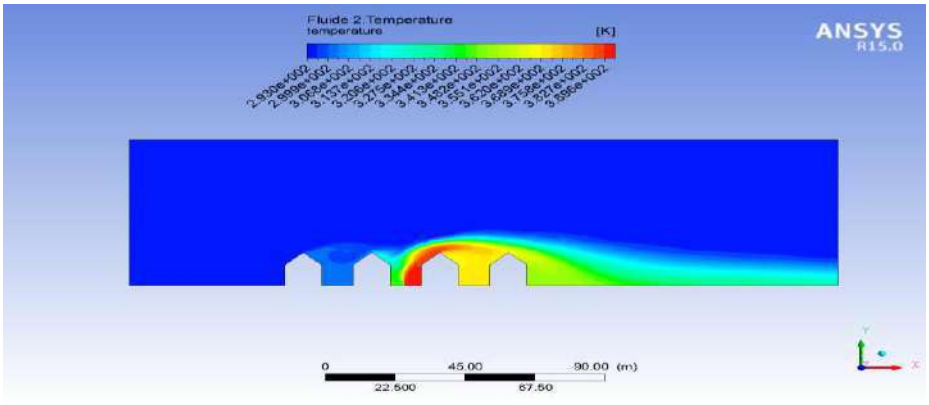


Figure 3-8 : contours de la variation de la température

La figure 3-9 représente la variation de la température on remarque que la température on remarque que la température est élevée T=389 K juste près de la source de CO, ensuite une diminution équitable jusqu'à T =293 K.

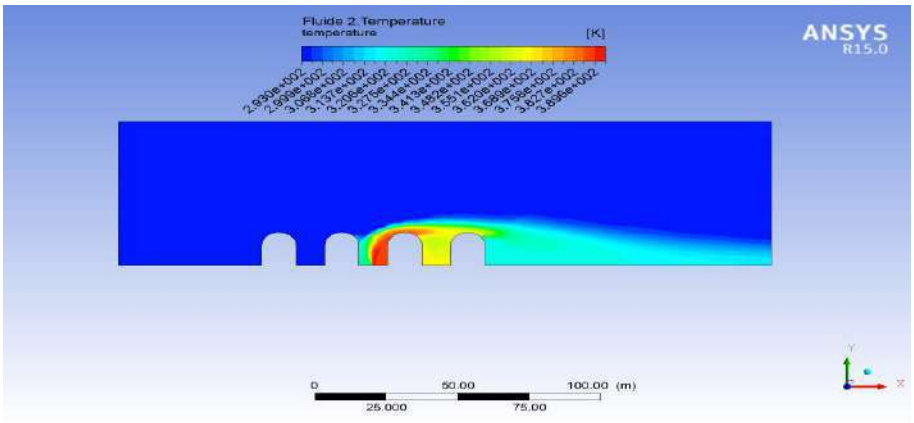


Figure 3-9 : contours de la variation de la température

III.3 .4 Evolution de la fraction volumique (CO) :

La figure 3-10 Montre l'evolution de la fraction volumique (CO) , on observe une grande quantité de fraction prés de la volumique CO source , en suite une diminution de la fraction volumique après la source **.**

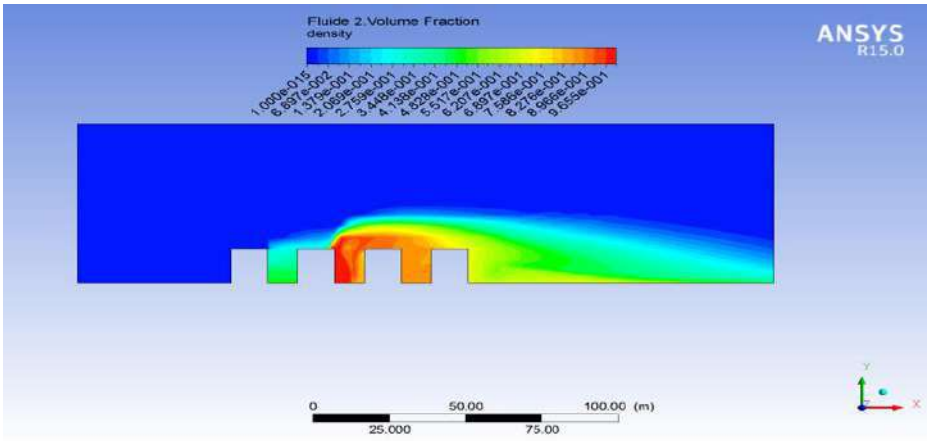


Figure 3 -10 : contours de la variation de la fraction volumique

La Figure 3-11 montre la dispersion d'un gaz de CO, on remarque que la fraction atteint une valeur maximum dans la source après il a une stagnation de ce gaz 1.00

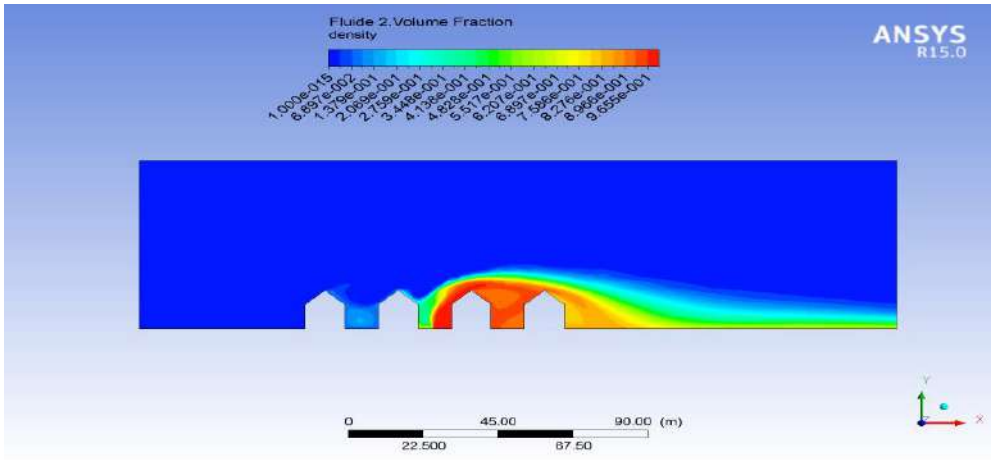


Figure 3-11 : contours de la variation de la fraction volumique

La figure 3-12 montre la dispersion d'un gaz de CO dans une agglomération urbaine .la fraction attient une valeur maximum dans la source, d'après on observe qu'il a une stagnation de ce gaz 1.

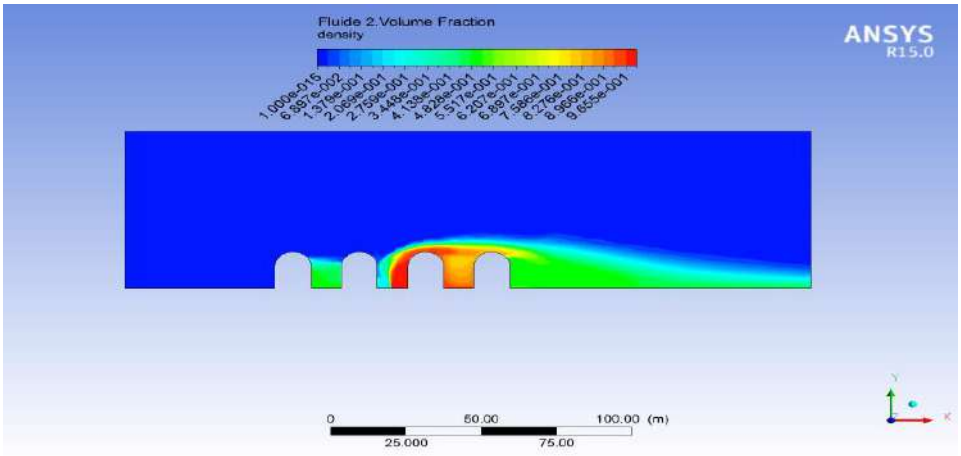


Figure 3-12 : contours de la variation de la fraction volumique

La figure 3.13 représente la variation de la pression en fonction de y pour x=30m d'après cette figure on constate que la pression augment proche au niveau des parois et on observe aussi que dans 1ére cas (toit plan) la pression et très

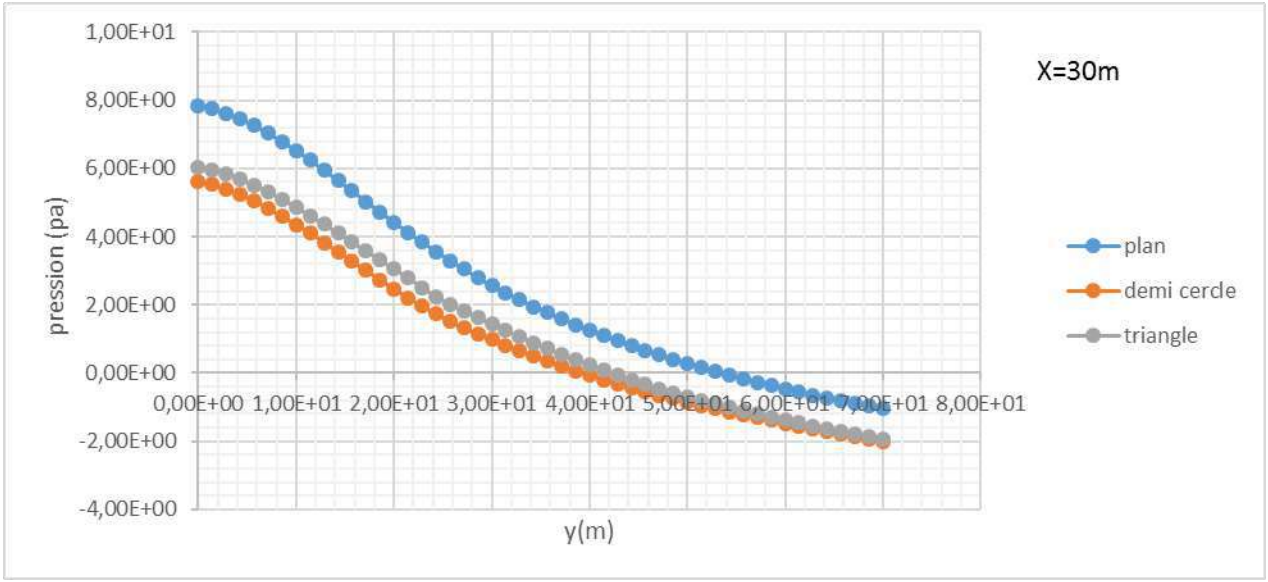


Figure 3-13 : L'évolutions de la pression en fonction de la langueur y pour les différents cas(line01).

La figure 4-13 représente la variation de la pression en fonction de y pour x=67m d'après cette figure en constate que la pression augment prés au niveau des parois et on remarque aussi

que dans la 2 éme cas (toit demi-cercle) la pression est plus élevés par rapport les deux autres cas.

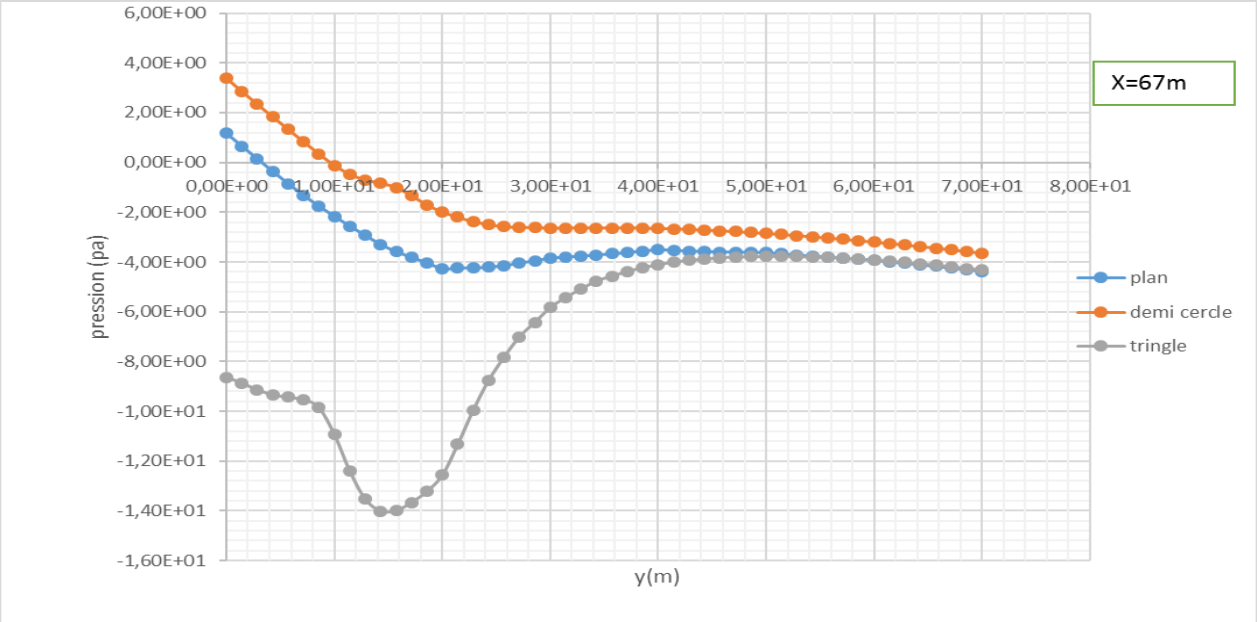


Figure 3.14 : l'évolutions de la pression en fonction de la langueur y pour les différents cas (line2)

La figure 3-15 : représente la variation de la pression en fonction de y pour x=89m d'après cette figure on constate que la pression diminue dans les trois cas pour atteindre une valeur constante puis augmente d'une grande valeur dans le deuxième cas(demi-cercle) par rapport les deux autres cas.

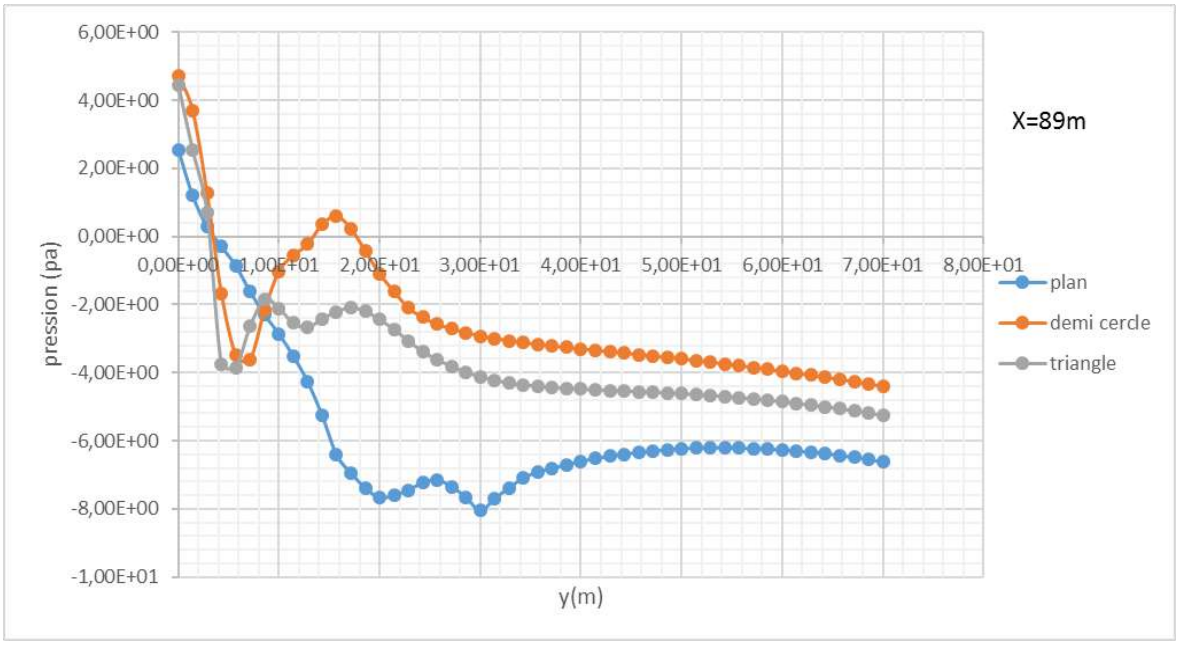


Figure 3-15 : L'évolution de la pression en fonction de la langueur y pour les différents cas (line3).

La figure 3-16 : représente la variation de la pression en fonction de y pour x=111m d'après cette figure on constate que la pression augment prés au niveau des parois et on observe que dans la deuxième cas (toit demi-cercle) la pression est grand par rapport les autres cas.

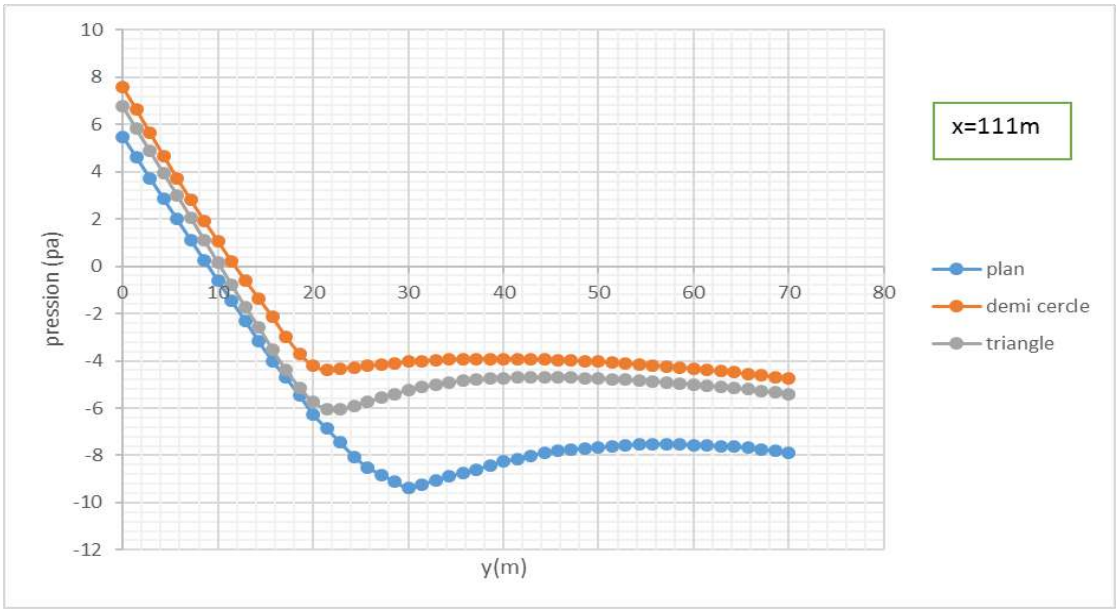


Figure 3-16 : L'évolutions de la pression en fonction de la langueur y pour les différents cas(line4)

La figure 3-17 : représente la variation de la pression en fonction de y pour x=150m d'après cette figure on constate que la pression augment proche au niveau des parois et on remarque aussi que les deux cas(2et3) ont pris une grande valeur puis ont commencé à diminuer.

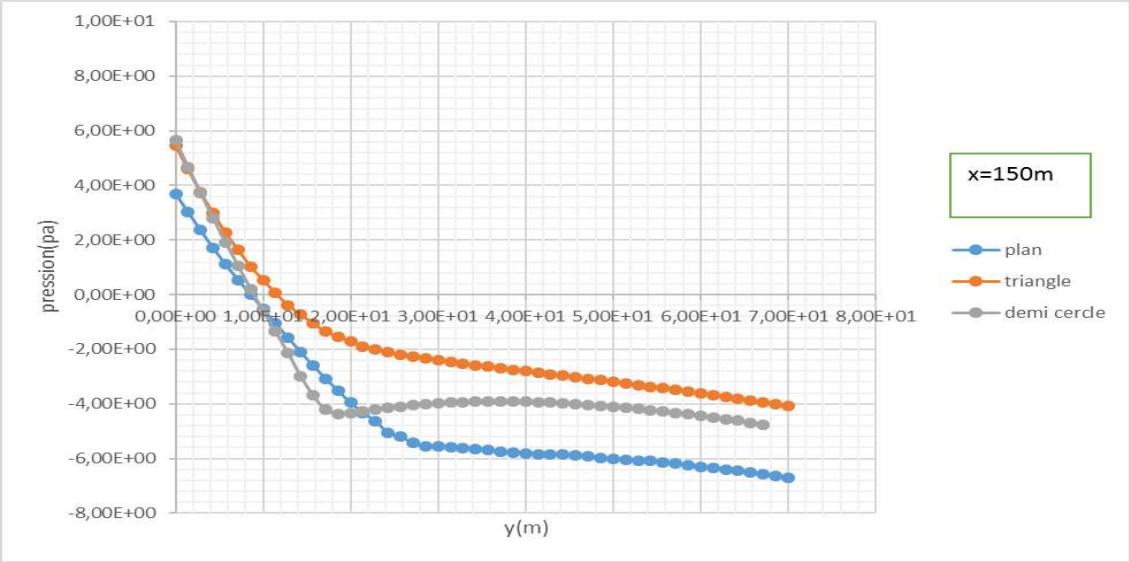


Figure 3 -17 : L'évolutions de la pression en fonction de la langueur y pour les différents cas(line5) **:**

L'évolutions de la vitesse :

La Figure 3-18 : représente l'effet des formes des toits (plan, demi-cercle , triangle) sur les profils des vitesse x=30m,en constate que le cas triangulaire est très grand par rapport les autre cas.

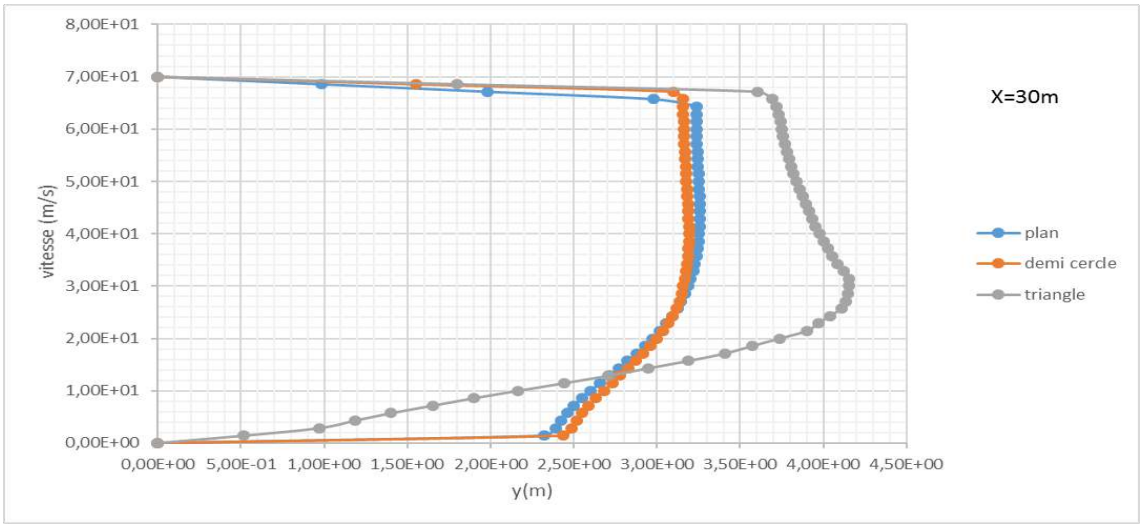


Figure 3-18 : L'évolutions de la vitesse en fonction de la langueur y pour les différents cas(line1)

La figure3-19 : représente la variation de la vitesse en fonction de y pour x=67m d'après cette figure on remarque que la vitesse dans la troisième cas (toit triangle) atteindre une grande valeur par rapport les autres cas.

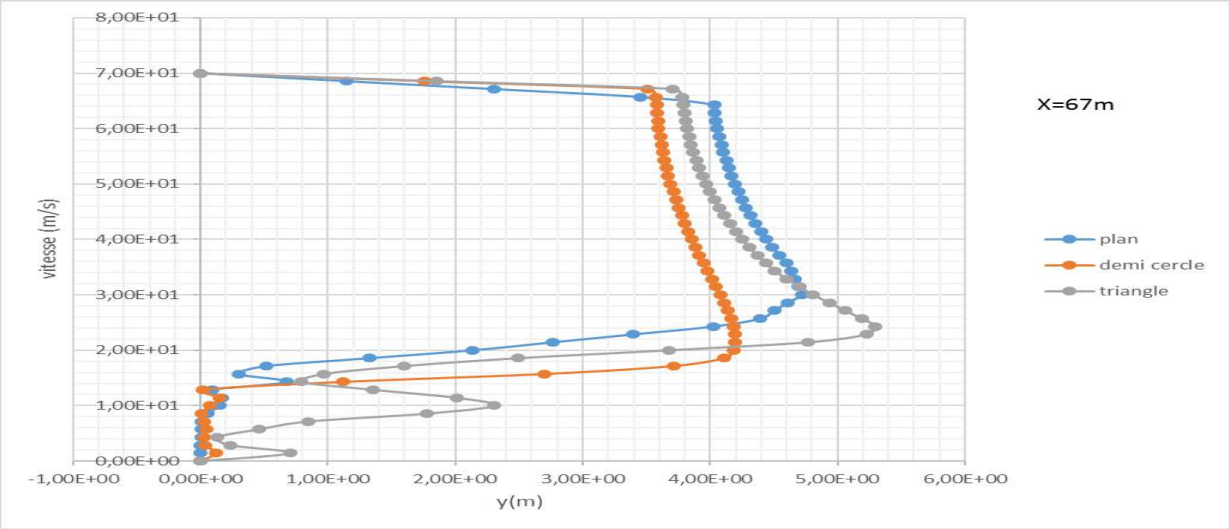


Figure 3-19 : L'évolutions de la vitesse en fonction de la langueur y pour les différents cas(line2)

La figure3-20 : représente la variation de la vitesse en fonction de y pour x=89m d'après cette figure on remarque que la vitesse dans la 1 ère cas (toit plan) atteindre une grande valeur par rapport les autres cas.

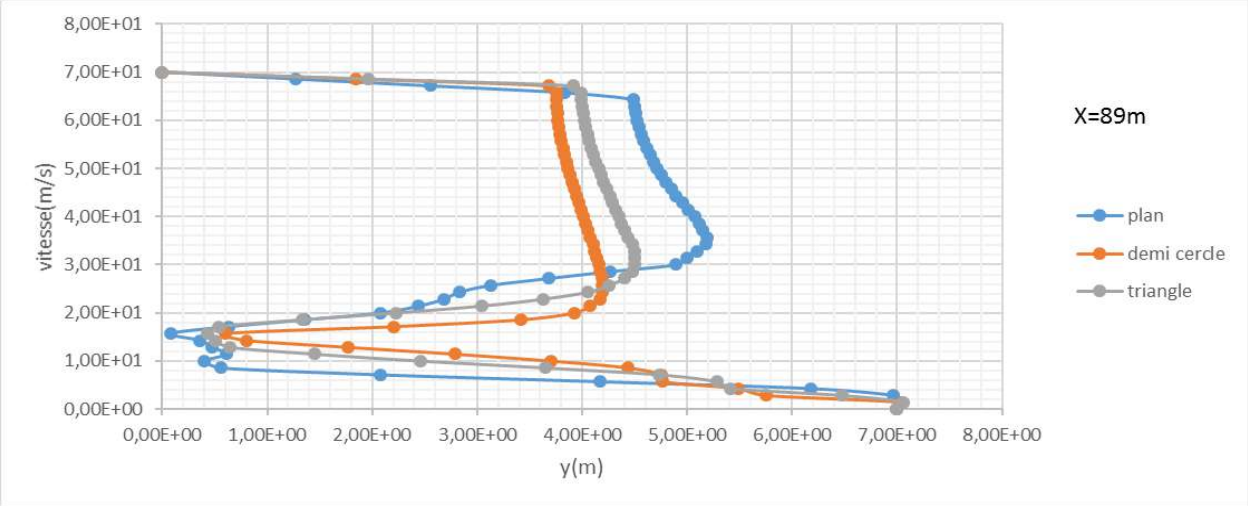


Figure 3-20 : L'évolutions de la vitesse en fonction de la langueur y pour les différents cas(line3)

La figure3-21 : représente la variation de la vitesse en fonction de y pour x=111m d'après cette figure on remarque que la vitesse dans la 1 ère cas (toit plan) atteindre une grande valeur par rapport les autres cas.

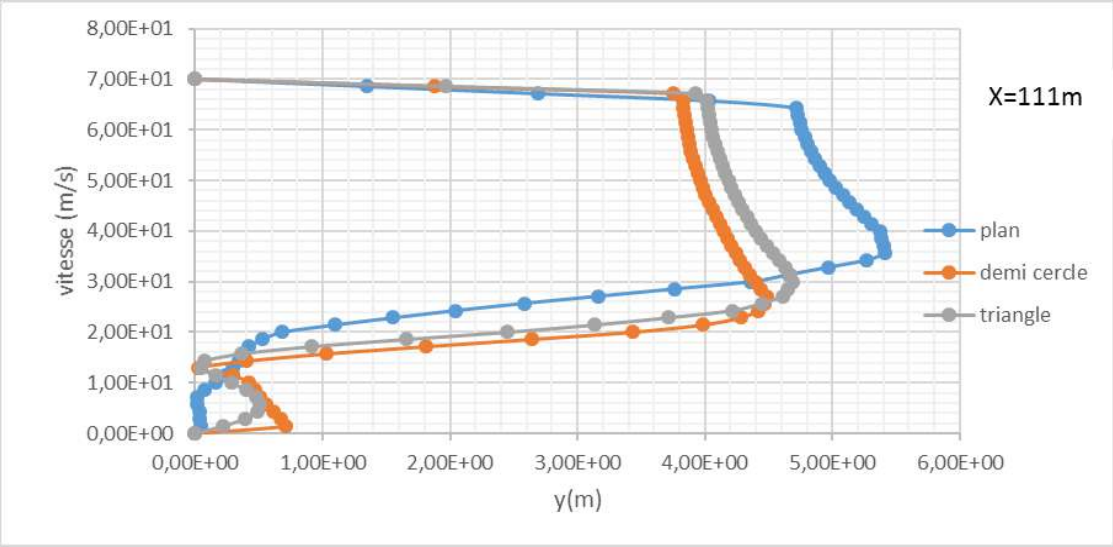


Figure 3-21 : L'évolutions de la vitesse en fonction de la langueur y pour les différents cas(line4)

La figure3-22 : représente la variation de la vitesse en fonction de y pour x=150m d'après cette figure on remarque que la vitesse dans la 1 ère cas (toit plan) atteindre une grande valeur par rapport les autres cas

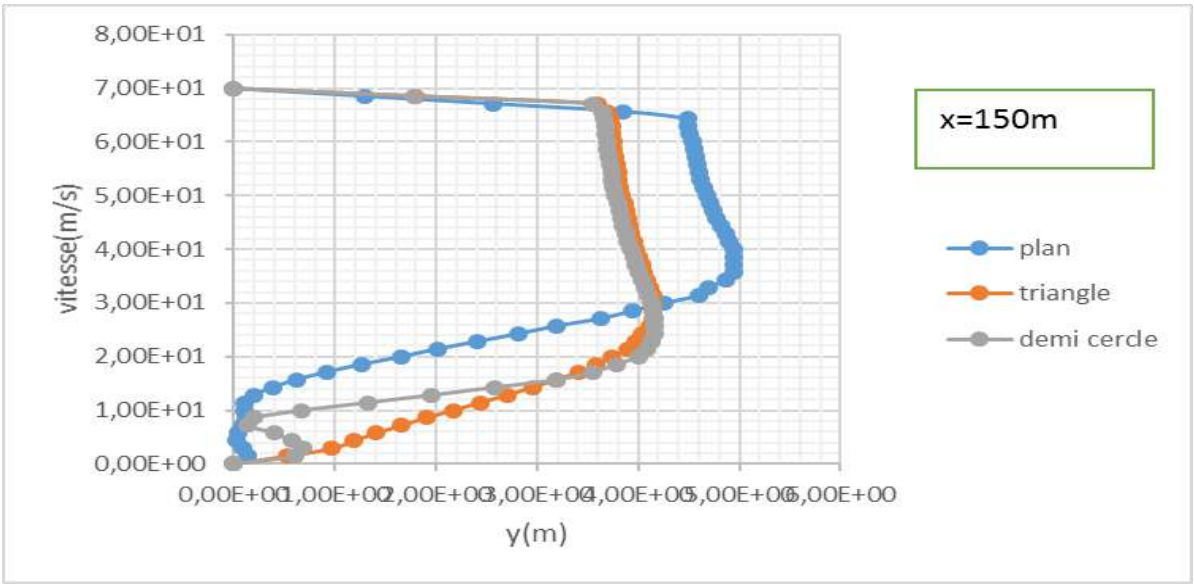


Figure 3-22 : L'évolutions de la vitesse en fonction de la langueur x pour les différents cas(line5).

L'évolutions de la température :

La figure3-23 : représente la variation de la température en fonction de y pour x=30m d'après cette figure on remarque que la température dans les trois cas(plan , demi-cercle, triangle) est un profil constante.

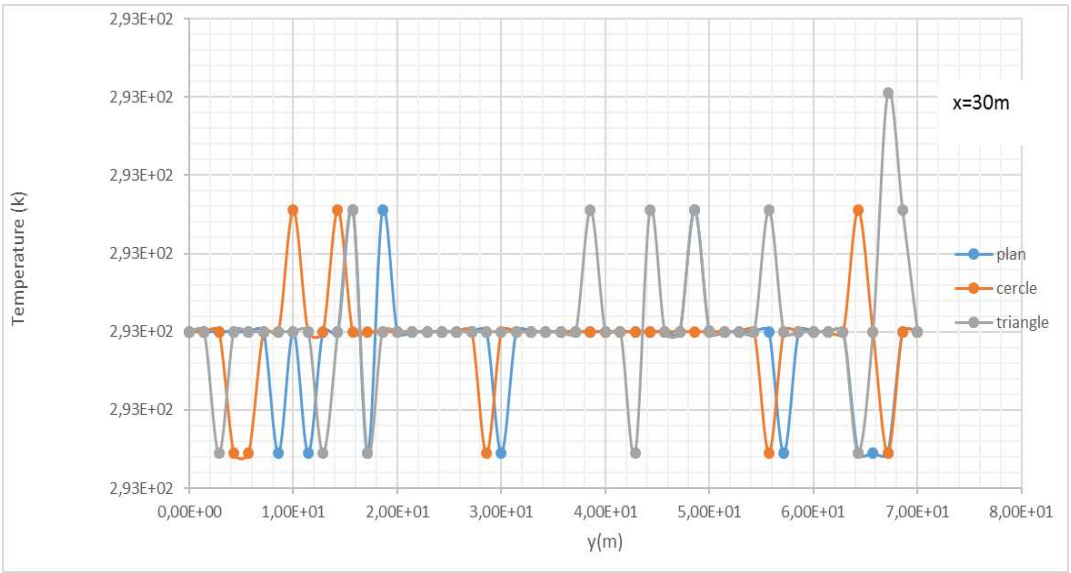


Figure 3-23 : L'évolutions de la température en fonction de la langueur y pour les différents cas(line1).

La figure3-24 : représente la variation de la température en fonction de y pour x=67m d'après cette figure on remarque que la température dans la 1 ère cas (toit plan) atteindre une grande valeur par rapport les autres cas

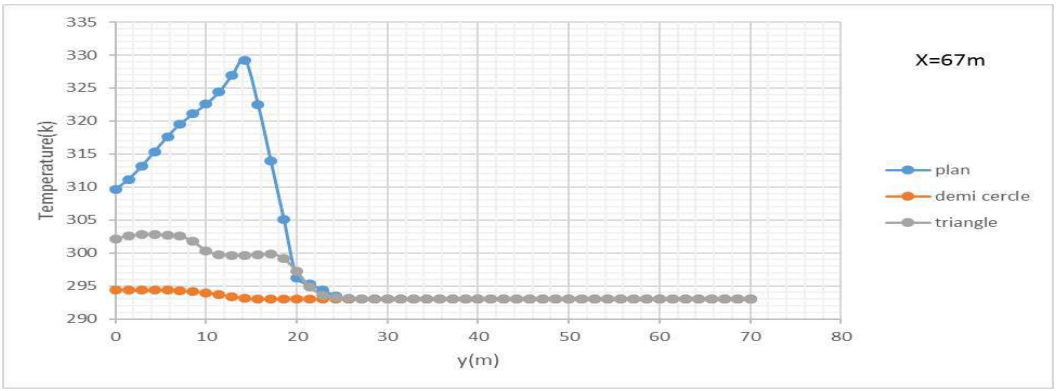


Figure 3-24 : L'évolutions de la température en fonction de la langueur y pour les différents cas(line2).

La figure3-25 : représente la variation de la température en fonction de y pour x=89m d'après cette figure on remarque que la température dans la 1 ère cas (toit plan) atteindre une grande valeur par rapport les autres cas.

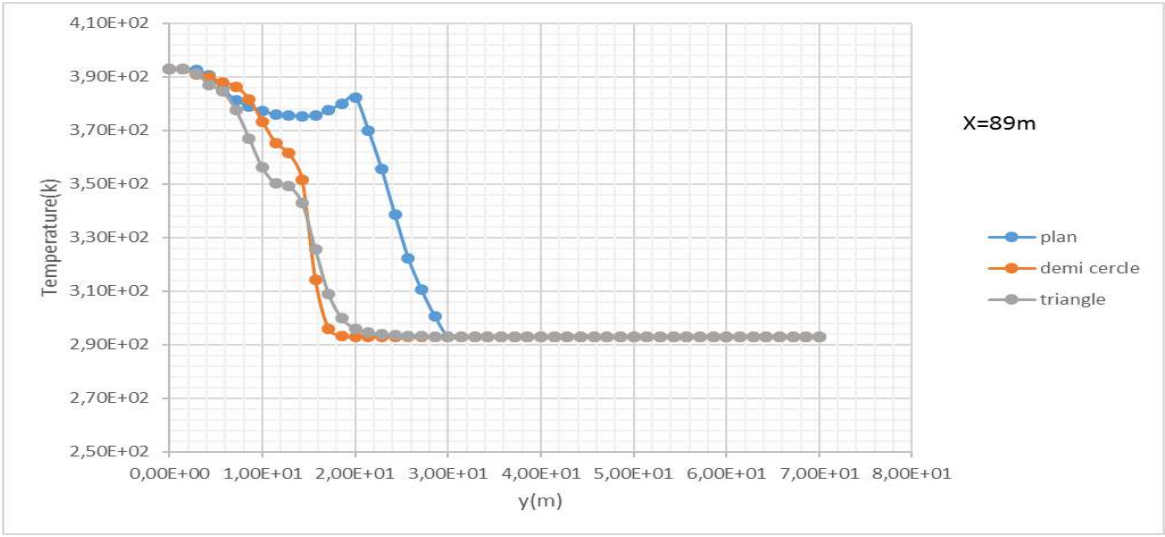


Figure 3-25 : L'évolutions de la température en fonction de la langueur y pour les différents cas(line3).

La figure3-26 : représente la variation de la température en fonction de y pour x=111m d'après cette figure on remarque que la température dans la troisième cas (toit triangle) atteindre une grande valeur par rapport les autres cas.

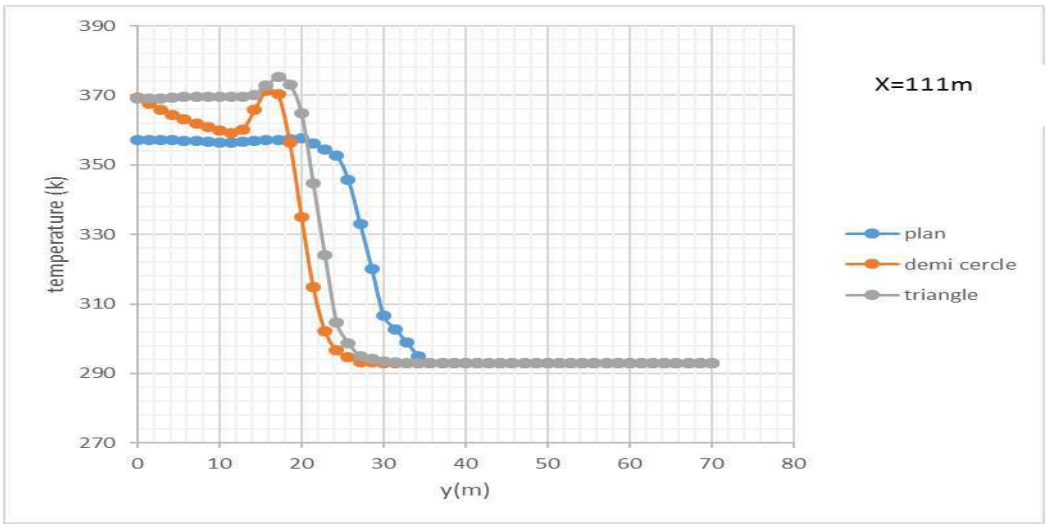


Figure 3-26 : L'évolutions de la température en fonction de la langueur y pour les différents cas(line4)

La figure3-27 : représente la variation de la température en fonction de y pour x=150m d'après cette figure on remarque que la température dans la 2ème cas toit (demi-cercle) atteindre une grande valeur par rapport les autres cas.

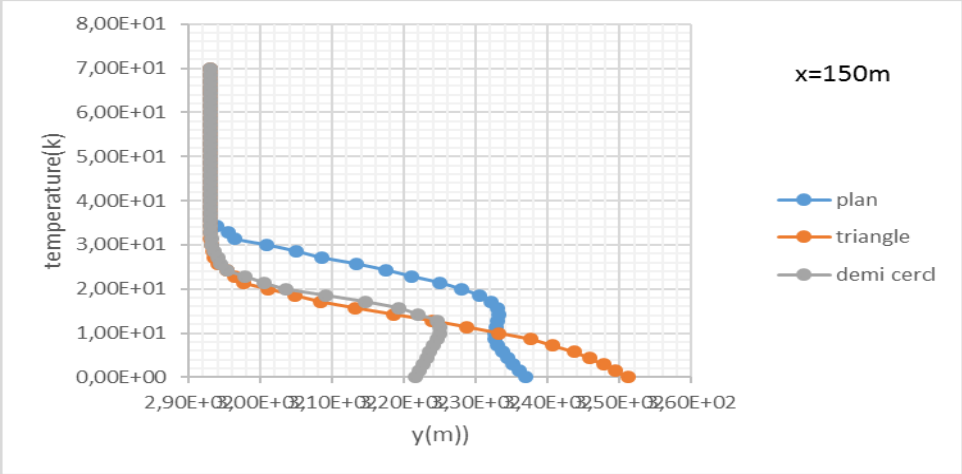


Figure 3-27 : L'évolutions de la température en fonction de la langueur y pour les différents cas(line5)

L'évolution de fraction volumique :

La figure3-28 : représente la variation de la fraction volumique en fonction de y pour x=30m d'après cette figure on remarque que la dispersion de CO il est grand dans le cas triangle par rapport les autre cas (plan, demi-cercle).

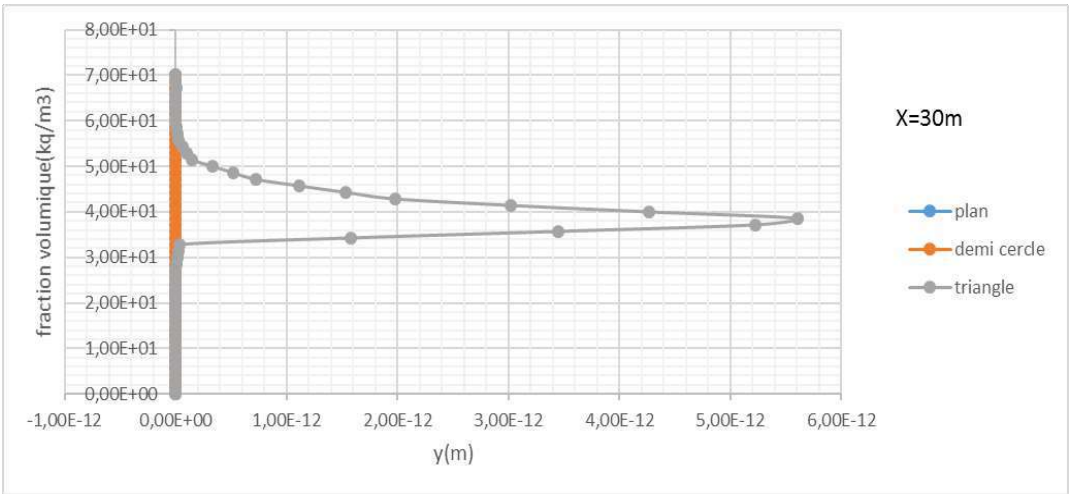


Figure 3-28 : L'évolutions de la fraction volumique en fonction de la langueur y pour les différents cas(line1)

La figure3-29 : représente la variation de la fraction volumique en fonction de y pour x=67m d'après cette figure on remarque que la dispersion de CO il est grand dans le cas de toit demi-cercle par rapport les autre cas (plan, triangle).

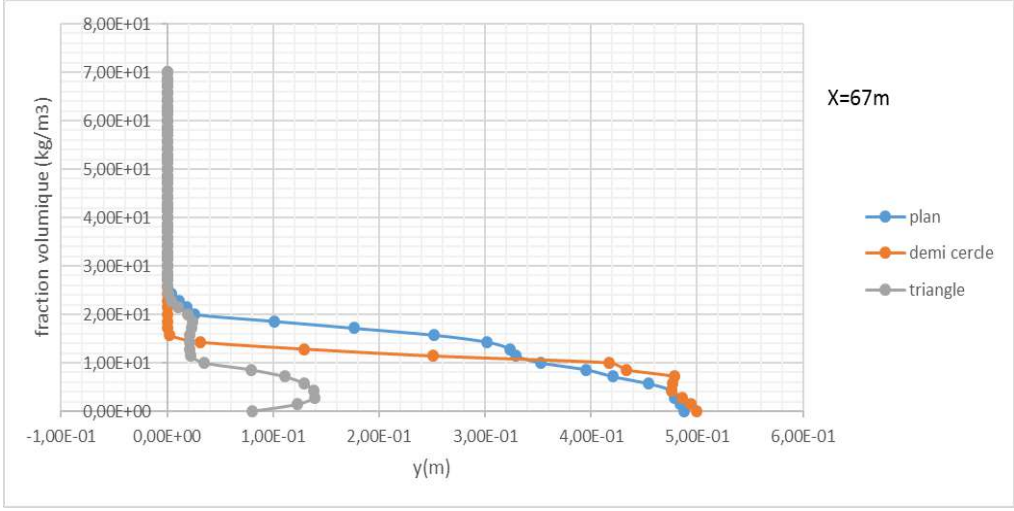


Figure 3-29 : L'évolutions de la fraction volumique en fonction de la langueur y pour les différents cas(line2)

La figure3-30 : représente la variation de la fraction volumique en fonction de y pour x=89m d'après cette figure on constate que la dispersion de CO il est très grand dans le cas plan par rapport les autre cas (demi-cercle, triangle).

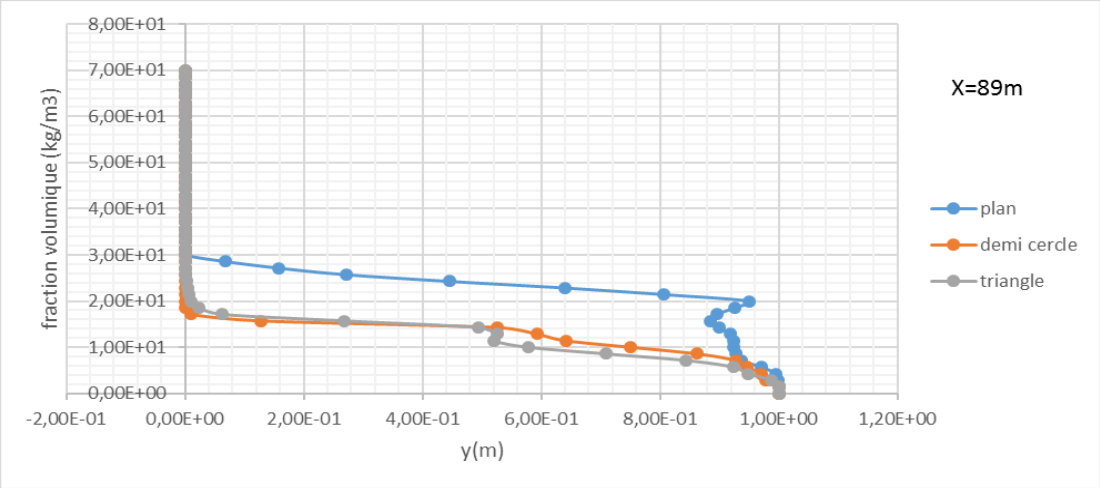


Figure 3-30 : L'évolutions de la fraction volumique en fonction de la langueur y pour les différents cas(line3)

La figure3-31 : représente la variation de la fraction volumique en fonction de y pour x=111m d'après cette figure on observe que la dispersion de CO dans la troisième cas (toit triangle) atteindre une grande valeur par rapport les autres cas.

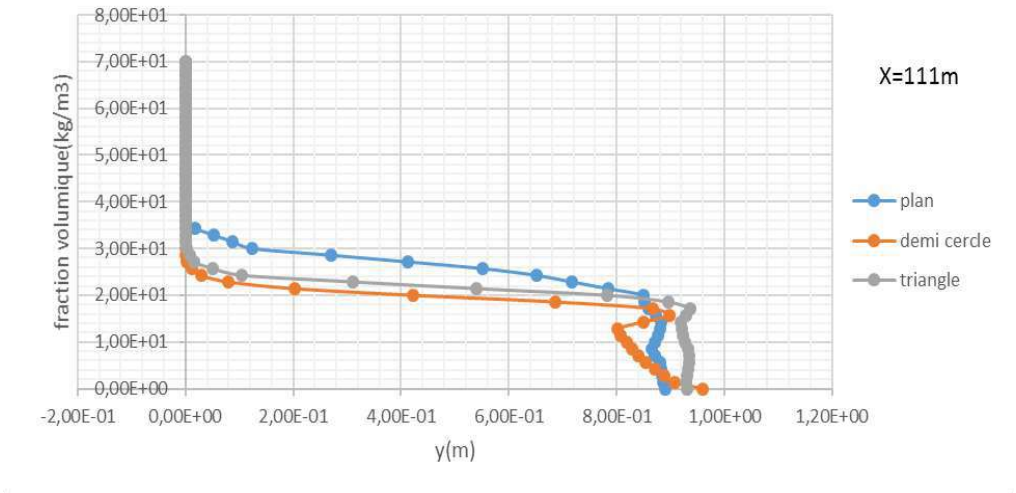


Figure 3-31 : L'évolutions de la fraction volumique en fonction de la langueur y pour les différents cas(line4)

La figure3-32 : représente la variation de la fraction volumique en fonction de y pour x=150m d'après cette figure on remarque que la dispersion de CO dans la 2 ème cas (toit demi-cercle) atteindre une grande valeur par rapport les autres cas.

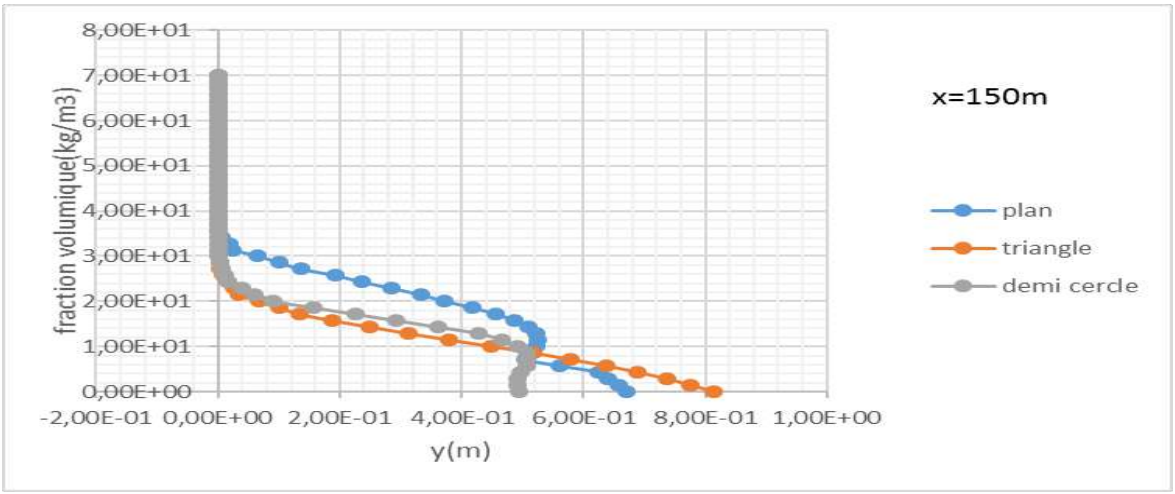


Figure 3-32 : L'évolutions de la fraction volumique en fonction de la langueur y pour les différents cas(line5).

Conclusion générale

Conclusion générale :

La pollution atmosphérique qui se traduit par l'altération et la dégradation de notre écosystème n'a pas cessé d'évoluer surtout dans les villes industrielle suite à l'augmentation des diverses pollutions dans l'atmosphère et leur large répartition avec toutes les conséquences environnementales.

Au cours de ce travail, nous avons discuté de plusieurs aspects concernant la dispersion des polluant dans l'atmosphère celui-ci est dû aux différents types de polluants émis des sources naturelles et anthropiques ayant des effets néfastes sur l'être humain et son environnement.

Pour contrer ces problème plusieurs organisations ont imposé des contrôles et des normes standards.

Dans notre pratique on a utilisé logicielle ANSYS pour étudier la dispersion du polluant gazeux CO dans l'atmosphère, selon des différents cas (plan, demi-cercle, triangle).

D'après l'analyse on déduire que :

1-Variation de la quantité de la fraction volumique entre les différents cas (plan, demi-cercle, triangle).

2-Variation de la vitesse de CO dépend de :

- ✓ La distance entre la source de CO et les lignes, dès que la distance est courte les deux

3-Pas de variation de la quantité de la température de CO entre la source et les lignes.

4-La vitesse de vent induit une diminution de la concentration de CO.

Enfin, nous pouvons offrir quelques suggestions ou solutions possibles pour les systèmes de la protection environnementales :

- ✓ Réduire l'impact des polluants sur les toits des bâtiments par des mesures d'ingénierie contre les polluants.
- ✓ Fixer des objectifs quantifiés de réduction de la pollution atmosphériques et des expositions.
- ✓ Réglementer de manière plus contraignante les sources polluantes.
- ✓ Anticiper, accélérer et étendre le plan d'action gouvernemental.
- ✓ Utilisation de ventilateurs pour absorber la diffusion de gaz polluants CO.

Bibliographie :

[1] : RAMAD F, 1995 –Elément d'écologie ; écologie appliqué 5eme Edition, Paris P 72.

[2] : AYADI F . 2002 –Bio indication spatiaux –temporelle de la pollution par les hydrocarbures de la zone pétrochimique de SKIKDA à l'aide d'une espèce lichen qu'épiphyte X anthuria parient na

[3] : HAMELIN R , LAPORTE J . Et PTC A, 2000 –Environnement et nuisances. Ed clartés 157 p.

[4] : PIERRE V , 1975 –la pollution de l'air .effet , moyen de lutte prévention , mesure et détection , Encyclopédie de l'environnement . Collection dirigée par jean A TERINISIEN.

[5] : EMILION k , 2004 –Traitement des pollution industrielles Eau –Air –Déchet –Sols boues : Ed .Du mode .P177 .

[6] : GUELLE D .et EMMAUEL .1998 –Etat de l'air pour l'étude des impacts des transports routiers à proximité des autoroutes. Ed. ADEME 144 p.

[7] : MACKENZIE A , BALL A , et VINDEE S , 2000 – L'essentiel en écologie .Ed BERTI . Paris pp 327 -329.

[8] : ARQUES P, 2001 – La pollution de l'air. Ed di sud, p26.